

**Evaluation initiale et prospective de la pollution
atmosphérique dans le cadre d'un projet de
transport en commun à Haut Niveau de Service
sur le territoire de la Métropole Rouen
Normandie**

Année 2014



Avertissement

Air Normand est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Haute-Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Air Normand est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.airnormand.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Air Normand est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Air Normand par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Air Normand de leur exactitude. La responsabilité d'Air Normand ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Air Normand ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Air Normand conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Air Normand ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Air Normand, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1103-006
Le 28 juillet 2015,

Les rédacteurs,
Marta Domink-Sègue
Jérôme Cortinovis

Le responsable du pôle « campagnes de mesure et
exploitation des données »
Sébastien Le Meur

Air Normand – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN
Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@airnormand.fr
www.airnormand.fr

Résumé

En 2014, la Métropole Rouen Normandie et AIR NORMAND ont décidé de réaliser une étude portant sur l'évaluation de la pollution atmosphérique dans le cadre de la mise en place du projet de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), appelé Arc Nord/Sud-T4. Cette étude s'intègre dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA) d'AIR NORMAND ainsi que dans le cadre de la mise en œuvre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de Haute-Normandie. De même, elle pourra alimenter le suivi du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) de Haute-Normandie.

L'objectif principal du projet était d'évaluer la qualité de l'air avant la mise en place du projet (« état initial ») ainsi que de modéliser la qualité de l'air à l'horizon de l'année 2020, après la mise en service du projet afin d'estimer l'impact de ce projet sur la qualité de l'air et l'exposition de population habitant dans le domaine d'étude (surface potentiellement touchée par les modifications de trafic liées au projet Arc Nord/Sud-T4).

Pour caractériser la qualité de l'air avant la mise en place du projet, des campagnes de mesures du dioxyde d'azote et du benzène ont été effectuées en 2014. Pour l'évaluation des concentrations à l'état initial et l'état prospectif à l'horizon 2020 un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier a été utilisé. L'évolution prospective de la qualité de l'air à l'horizon 2020 a été étudiée selon deux scénarios : « scénario fil de l'eau » sans la mise en place de projet et « scénario cible » avec la mise en place de projet.

Les mesures effectuées en proximité du trafic le long du futur tracé du projet ont mis en évidence le dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote sur 75% des sites suivis en 2014.

Les résultats de la modélisation montrent une diminution des concentrations de NO₂ et du nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur limite pour ce polluant entre le scénario « état initial » et le scénario « cible ». Néanmoins, même dans le cas du scénario "cible", des dépassements résiduels de la valeur limite pour le NO₂ le long du tracé de l'Arc Nord Sud demeurent, en particulier au niveau du Boulevard des Belges mais aussi sur les autres axes potentiellement touchés par la modification des flux de trafic liée au projet. Environ 650 personnes seraient concernées par ces dépassements pour le NO₂ à l'horizon 2020.

SOMMAIRE

1. Sigles, symboles et abréviations	4
2. Introduction	6
3. Eléments nécessaires à la compréhension du document	6
3.1. Contexte.....	6
3.2. Approche choisie.....	9
3.3. Matériel et modèles.....	10
3.4. Méthode	14
3.5. Origine des données	18
3.6. Limites.....	18
4. Déroulement.....	19
5. Résultats.....	21
5.1. Résultats bruts	21
5.2. Résultats de la campagne de mesures de la qualité de l'air en 2014, point « zéro » avant la mise en œuvre du projet	21
5.2.1. Résultats de mesures de dioxyde d'azote en 2014	21
5.2.2. Résultats de mesures de benzène en 2014	24
5.3. Résultats de modélisation de la qualité de l'air.....	25
5.3.1. Le réseau de trafic utilisé pour le calcul des émissions et la modélisation de la qualité de l'air	25
5.3.2. Résultats du calcul des émissions du secteur des transports routier	26
5.3.3. Résultats de modélisation de la qualité de l'air et évaluation de la population exposée... ..	27
6. Interprétation des résultats et discussion	33
7. Conclusion et recommandations	34
8. Pages complémentaires.....	35
8.1. Annexes.....	35
8.2. Bibliographie	37

1. Sigles, symboles et abréviations

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air

AIRPARIF : Association Agréée pour la surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en Ile de France

AME : Scénario prospectif Avec Mesures Existantes

ASPA : Association Agréée pour la surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en Alsace

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'énergie

BHNS : Bus à Haut Niveau de Service

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

COPERT : COmputer Programme to Calculate Émissions from Road Transport

CRIHAN : Centre de Ressources Informatiques de Haute-Normandie

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (dans le cadre de ce document, DREAL de Haute-Normandie)

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Économiques

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

LMFA : Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'École Centrale de Lyon
m⁻³ : par mètre cube

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie
µg/m³ : microgramme par mètre cube

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

PCIT : Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PDU : Plan de Déplacement Urbain

PL : Poids Lourd

PLJO : Poids Lourd Journalier Ouvrable

PSQA : Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air

SRCAE : Schéma Régional Climat Air Énergie

THNS : Transport à Haut Niveau de Service

TMJA : Trafic moyen journalier annuel

VP : Véhicule Particulier

VUL : Véhicule Utilitaire Léger

VL : Véhicule Léger

VLJO : Véhicule Léger Journalier Ouvrable

2. Introduction

AIR NORMAND dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA – orientation A2.O1 : "Réaliser des études de scénarios") et la Métropole Rouen Normandie dans le cadre du suivi du Plan de Déplacements Urbains (PDU) et du projet de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) Arc Nord/Sud-T4 souhaitent conjointement obtenir des éléments pour l'évaluation de la pollution atmosphérique dans le cadre de la mise en place de ce projet routier. Cette étude s'intègre aussi dans le cadre de la mise en œuvre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de Haute-Normandie, notamment à travers les actions TRA-02¹ et COL-02². De même, cette étude peut alimenter le suivi du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) de Haute-Normandie, en particulier les orientations TRA 3³ et TRA 9⁴.

L'objectif principal du projet était d'évaluer la qualité de l'air avant la mise en place du projet (« état zéro ») ainsi que de modéliser la qualité de l'air à l'horizon de l'année 2020, après la mise en service du projet. Ce rapport présente les résultats des mesures de la qualité de l'air le long du futur trajet de l'Arc Nord/Sud-T4 et les résultats d'estimations des émissions et des concentrations prospectives à l'horizon 2020 selon le scénario « fil de l'eau », sans le projet de BHNS, et selon le scénario « cible », après la mise en place de ce projet sur le domaine d'étude.

Ce rapport expose l'approche choisie pour l'évaluation de la qualité de l'air dans le cadre de ce projet, la méthodologie, le déroulement des campagnes, le principe des calculs d'émissions et de la modélisation ainsi que les résultats obtenus.

Le présent document est destiné à titre principal à la Métropole Rouen Normandie afin d'alimenter l'étude d'impact (1^{er} semestre 2015) sur le volet Air, nécessaire à l'enquête publique réglementaire sur le projet Arc Nord/Sud et de façon générale à toute personne concernée par la qualité de l'air en Haute-Normandie et désireuse de disposer d'éléments d'information sur ce sujet. Il est rendu disponible sur le site www.airnormand.fr.

3. Eléments nécessaires à la compréhension du document

3.1. Contexte

Le Plan de Déplacements Urbains de la Métropole Rouen Normandie, arrêté par délibération du 24 juin 2013, traduit la volonté de la Métropole en matière de mobilité, déclinée dans son programme d'actions. Dans le cadre de son action 1B « Développer le réseau de transport en commun à haut niveau de service (THNS) », le PDU propose un schéma stratégique de développement du réseau de transports en commun structurant, qui accompagne la réalisation progressive des grands projets urbains. L'Arc Nord/Sud-T4 y figure comme le premier projet à réaliser. Il permettra notamment de desservir les premiers habitants et employeurs de l'éco-quartier Flaubert qui seront installés le long de l'avenue Jean Rondeaux dès 2018. Ce projet consiste en la réalisation d'une ligne de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), nommé T4 entre la « place du Boulingrin » à Rouen et le « Zénith de Rouen » au Grand-Quevilly sur un itinéraire de 8,5 km. Il empruntera, entre autres, les boulevards de la rive droite, le pont Guillaume le Conquérant et les principales avenues et boulevards de la rive

¹ Développement d'actions coordonnées de réduction des émissions liées au trafic routier

² Intégration des enjeux environnementaux dans les processus de planification

³ Favoriser le report modal vers les transports en commun

⁴ Réduire les risques de surexposition à la pollution routière

gauche (Figure 1). Ce projet vise à répondre aux besoins des déplacements entre le Nord et le Sud de la Métropole Rouen Normandie. Il complètera le maillage des lignes structurantes du réseau de transport urbain « Astuce ». La nouvelle ligne de BHNS desservira de nombreux équipements structurants (le parc des expositions et le Zénith, le stade Robert Diochon et le Parc urbain des Bruyères, la gare SNCF Rouen rive droite), et plusieurs quartiers en cours de renouvellement urbain sur la rive sud (Ecoquartier Flaubert, place des Chartreux, etc.).

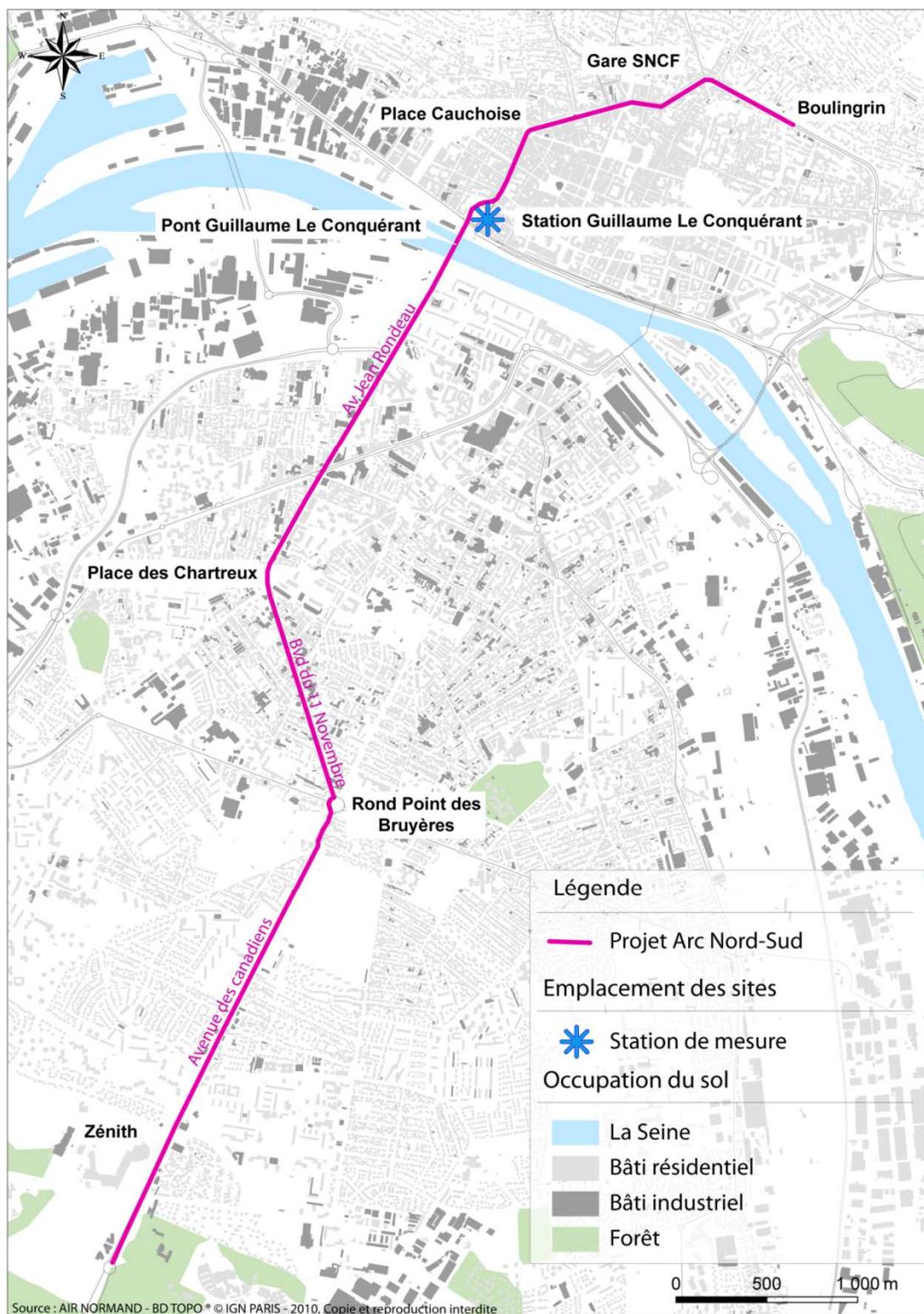
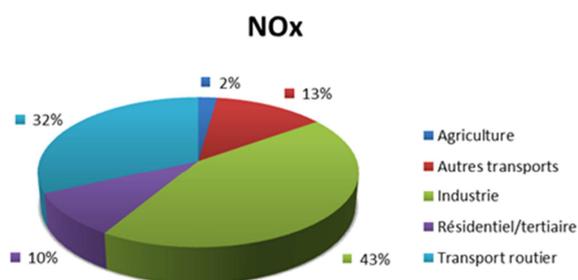


Figure 1 : Tracé du projet de l'Arc Nord/Sud-T4

C'est dans ce contexte qu'a été mise en place une campagne de mesures définissant un état « zéro » des niveaux de pollution avant la mise en place du projet. Les résultats permettront, d'une part, d'alimenter le PSQA d'AIR NORMAND, en particulier le volet scénarisation⁵, et notamment de mieux cerner les risques de dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote et de l'objectif de qualité pour le benzène en proximité du trafic. D'autre part, pour la Métropole Rouen Normandie, elle permettra d'alimenter l'étude d'impact, qui aura lieu dans le 1^{er} semestre 2015, sur le volet Air, nécessaire à l'enquête publique réglementaire sur le projet Arc Nord/Sud-T4, qui sera conduite dans le courant du 2^{ème} semestre 2015.

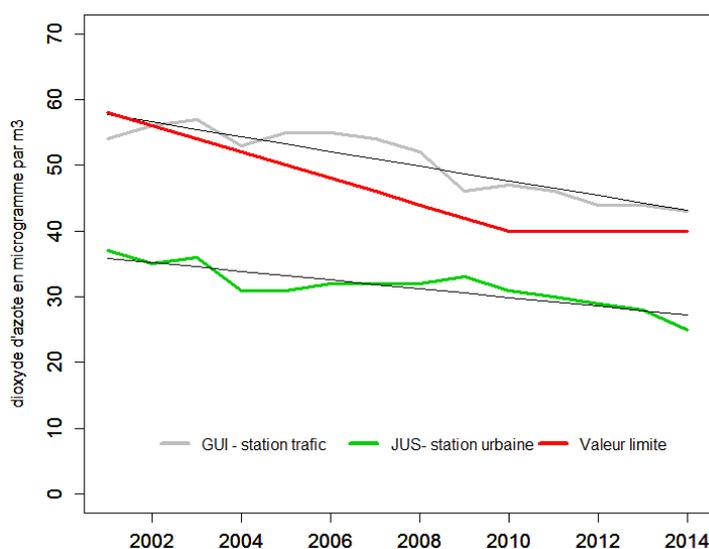
Cet état « zéro » des niveaux de pollution servira également de données de référence pour une estimation du gain ou non sur la qualité de l'air après la mise en service du projet. Afin d'avoir un recul suffisant, l'horizon 2020 a été choisi pour réaliser cette estimation. Elle sera effectuée par le biais d'une modélisation des émissions et des concentrations de polluants sur la base de données d'entrées (trafic routier correspondant à la situation initiale d'une part, à la situation après mise en service du projet et à la situation sans la mise en place du projet d'autre part) fournies par le modèle multimodal géré par le Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA).

L'inventaire 2008 des émissions de gaz à effet de serre (GES) et des polluants atmosphériques sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, réalisé en 2010 par AIR NORMAND, montre que le secteur du transport routier représente 32% des émissions totales de NO_x. Après l'industrie, le transport routier est le 2^{ème} secteur émetteur sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie (Figure 2). Les oxydes d'azote (NO_x) sont composés de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂).



Inventaire 2008 - version 2012, Air Normand

Figure 2 : Répartition sectorielle des émissions de NO_x sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie en 2008.



En termes de concentrations dans l'air, le dioxyde d'azote représente sans conteste un des polluants à surveiller en priorité. En effet, même si les concentrations en dioxyde d'azote sont en baisse (Figure 3), AIR NORMAND observe toujours un dépassement en moyenne annuelle de la valeur limite européenne relative au NO₂ (40 µg/m³ depuis 2010) à proximité d'axes routiers et cela depuis 2003.

Figure 3 : Evolution des concentrations en dioxyde d'azote mesurées aux stations de Guillaume le Conquérant (proximité automobile) et Palais de Justice (fond urbain)

⁵ L'orientation A2.O1 du PSQA d'AIR NORMAND consiste à aider à la planification des réductions des émissions en réalisant des études de scénario.

En 2013, on estime qu'environ 28 000 habitants de la Métropole Rouen Normandie ont été exposés au dépassement de la valeur limite et cela surtout le long des axes routiers. Dans le périmètre de 20 et 40 mètres autour du futur tracé du projet résident respectivement environ 1300 habitants, et 3600 habitants, dont 71% et 64% sur la Rive Droite.

3.2. Approche choisie

Pour le suivi de la pollution par dioxyde d'azote et benzène le long du futur tracé de l'Arc Nord/Sud la mesure par échantillonneurs passifs a été choisie. C'est une technique facile à mettre en place, ne nécessitant pas d'alimentation électrique. Elle permet d'instrumenter simultanément, à moindre coût, un nombre important de sites de mesures et donne des informations sur la répartition spatiale d'un polluant.

Pour l'évaluation des concentrations à l'état initial et prospectif à l'horizon 2020 un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier a été utilisé : le modèle SIRANE 2.0. Le modèle SIRANE 2.0 est utilisé depuis plusieurs années par AIR NORMAND pour l'évaluation des plans et programmes⁶ et le reporting européen annuel⁷. L'évolution prospective de la qualité de l'air à l'horizon 2020 a été étudiée selon deux scénarios : « scénario fil de l'eau » sans la mise en place de projet et « scénario cible » avec la mise en place de projet.

Le calcul des émissions et des concentrations a été effectué dans le domaine d'étude présenté sur la Figure 4.

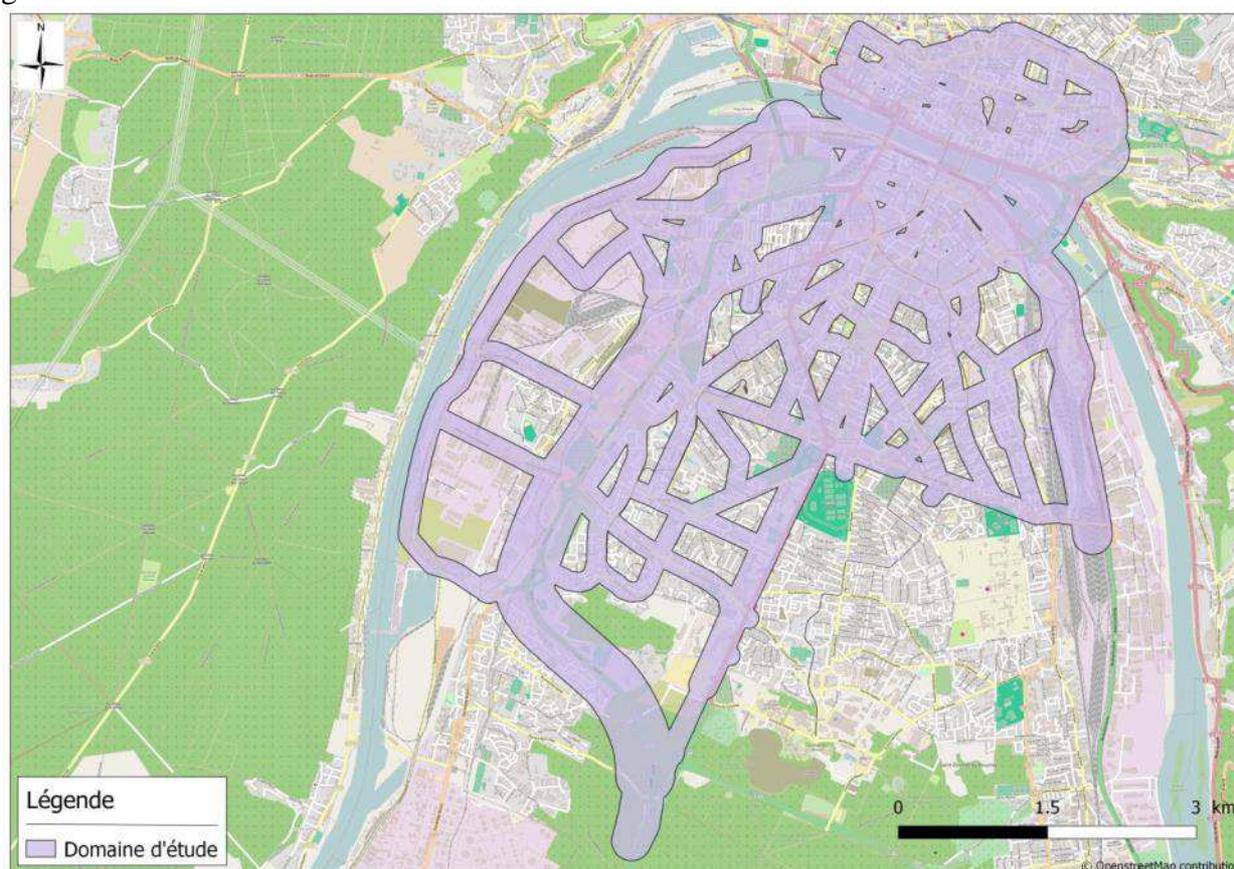


Figure 4 : Domaine d'étude

⁶ Par exemple le PPA, le PDU, le SRCAE, ces différents plans ont pour vocation notamment de dresser un bilan de la qualité de l'air, de définir, de suivre et d'évaluer à l'aide d'indicateurs les orientations/actions visant à baisser les niveaux de pollution.

⁷ Déclaration annuelle auprès de l'Europe concernant l'évaluation de la qualité de l'air au titre des directives européennes de la qualité de l'air (directive 2008/50/CE).

Le domaine d'étude a été défini en prenant l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10% du fait de la réalisation du projet Arc Nord/Sud-T4 et en définissant autour de chaque axe routier subissant cette modification une bande d'étude dont la largeur varie en fonction du TMJA prévu à l'horizon 2020. Cette largeur varie de 100 mètres de part et d'autre de l'axe pour un TMJA inférieur ou égal à 10 000 véhicules/jour à 300 mètres pour un TMJA supérieur à 50 000 véhicules/jour [1].

3.3. Matériel et modèles

Le matériel de prélèvement et de mesure ainsi que la méthode d'analyse utilisée sont présentés dans le Tableau 1.

Paramètre mesuré	Appareillage	Principe d'analyse
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Echantillonneur passif PASSAM AG avec membrane 	Dosage colorimétrique
Benzène	Echantillonneur passif Radiello® Code 145 	Désorption thermique/Chromatographie en phase gazeuse/détecteur FID

Tableau 1 : Descriptif du matériel employé lors de la campagne de mesures

Après exposition, les échantillonneurs passifs ont été envoyés au laboratoire de chimie d'AIRPARIF (Paris) pour analyse par dosage colorimétrique pour le dioxyde d'azote selon la norme NF EN 16339 de septembre 2013 et par désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse/détecteur FID pour l'analyse du benzène selon la norme NF EN 14662-4 de novembre 2005.

Le modèle SIRANE version 2.0 a été utilisé pour étudier l'impact de l'évolution prospective des émissions au niveau de la Métropole Rouen Normandie.

C'est un modèle développé par le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL). Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier (échelle de l'ordre de 1 km à 10 km). Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments. Le modèle SIRANE couvre une échelle spatiale située entre l'échelle de la rue, où l'on s'intéresse plutôt à la répartition des polluants à l'intérieur même de cette rue, et l'échelle de l'agglomération,

où il n'est plus possible de modéliser explicitement l'effet de chaque bâtiment. Il permet donc de fournir une cartographie de la pollution à l'échelle d'un quartier. D'un point de vue temporel, SIRANE est adapté à des échelles caractéristiques de l'ordre de l'heure. Le modèle SIRANE traite différents types d'émissions à l'aide de sources linéiques (représentant par exemple une voie de circulation) et de sources ponctuelles (par exemple une cheminée d'usine).

Le modèle SIRANE permet de prendre en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier :

- Phénomènes de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments),
- Échange des polluants au niveau des carrefours,
- Transport des polluants au-dessus des toits,
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique),
- Modélisation de transformations chimiques simples (cycle de Chapman : NO-NO₂-O₃),
- Modélisation de la dispersion des particules.

Le modèle SIRANE est un outil qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées des différents phénomènes. Il est donc adapté au traitement d'un grand nombre de rues avec un temps de calcul limité.

Les données d'entrée nécessaires au modèle sont les suivantes :

- Un réseau de rues interconnectées, ainsi que les caractéristiques géométriques des rues (largeur et hauteur moyenne des bâtiments),
- L'évolution horaire des variables météorologiques comme le vent, la température, la nébulosité ou encore les précipitations,
- L'évolution horaire du niveau de pollution de fond,
- L'évolution horaire des données d'émissions provenant des voies de circulation. A noter que des sources ponctuelles, comme les cheminées d'usine ou les sources déduites de cadastres d'émissions peuvent être intégrées.

La version 2.0 de SIRANE a été installée sur les serveurs de calcul du CRIHAN (Centre de Ressources Informatiques de Haute-Normandie). En effet, les travaux de modélisation sont assez lourds, et nécessitent, pour conserver une précision satisfaisante (de l'ordre de quelques mètres), une capacité de calcul importante.

Le modèle SIRANE est ensuite alimenté par des émissions du trafic routier calculées à partir des modèles de trafic du CEREMA élaborés pour la Métropole Rouen Normandie.

Le CEREMA a fourni à AIR NORMAND les résultats de deux modèles de trafic correspondant à deux réseaux distincts pour trois situations : état initial, scénario « fils de l'eau » et scénario « cible ». Le premier réseau intègre les véhicules légers, les poids lourds/autocars et les véhicules utilitaires. Le second est basé sur le réseau ASTUCE de la Métropole Rouen Normandie et ne concerne que les bus.

Tableau 2 récapitule les données qui ont été fournies par le CEREMA, nécessaires pour le calcul de concentrations selon les trois situations.

Données fournies par CEREMA	Etat initial	Scénario « fil de l'eau »	Scénario « cible »
TMJA construit avec la formule suivante : (VLJO*0.92)+(PLJO*280/365)+Nombre de bus = TMJA ⁸	Réseau de trafic 2012	Réseau de trafic 2020 sans projet Arc Nord Sud-T4	Réseau de trafic 2020 avec projet Arc Nord Sud-T4
VLJO	Réseau de trafic 2012	Réseau de trafic 2020 sans projet Arc Nord Sud-T4	Réseau de trafic 2020 avec projet Arc Nord Sud-T4
PLJO	Réseau de trafic 2010	Réseau de trafic 2010	Réseau de trafic 2010
Nombre de bus - Modèle de Bus basé sur la BDTOPO	Réseau de trafic 2012	Réseau de trafic 2020 sans projet Arc Nord Sud-T4	Réseau de trafic 2020 avec projet Arc Nord Sud-T4
Vitesse VL et PL	Réseau de trafic 2012	Réseau de trafic 2020 sans projet Arc Nord Sud-T4	Réseau de trafic 2020 avec projet Arc Nord Sud-T4
Vitesse Bus	Vitesse commerciale de bus de 18 km/h		
Capacité	Réseau de trafic 2012	Réseau de trafic 2020 sans projet Arc Nord Sud-T4	Réseau de trafic 2020 avec projet Arc Nord Sud-T4

Tableau 2 : Liste des données disponibles en sortie des modèles de trafic du CEREMA

Les émissions de polluants (NO_x et benzène) du transport routier en 2020 sont estimées avec l'outil de calcul CIRCUL'AIR 3.0 [2] développé par l'ASPA (AASQA de la Région Alsace). CIRCUL'AIR 3.0 se base sur la méthodologie européenne de calcul des émissions du transport routier COPERT IV version 10 et sur les recommandations du PCIT routier [3].

CIRCUL'AIR 3.0 permet le calcul des émissions des véhicules à chaud et à froid, mais également des émissions par évaporation et par usure des pneus, des freins et de la route, ainsi que la remise en suspension. Il intègre également des corrections d'émissions en fonction de l'âge du véhicule, de l'utilisation de la climatisation, de l'évolution des carburants et du CAR labelling⁹ de l'ADEME. CIRCUL'AIR 3.0 permet de calculer les émissions d'une quarantaine de polluants ainsi que la consommation de carburant et l'énergie consommée et ceci pour 264 classes de véhicules.

⁸ La formule de calcul du trafic moyen journalier annuel (TMJA) a été fournie par le CEREMA.

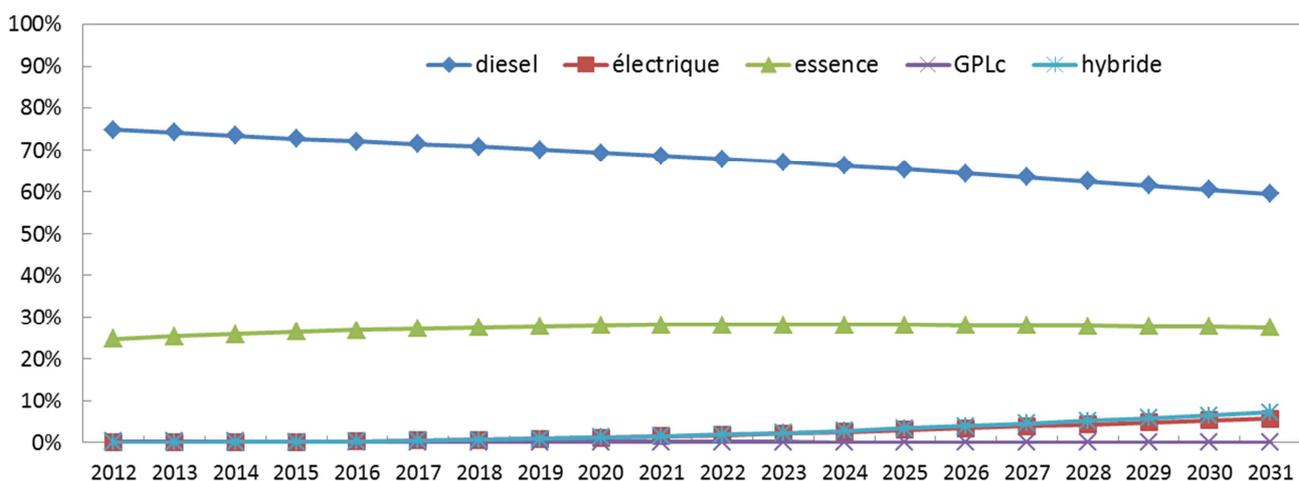
⁹ « Car labelling » est utilisé dans le cadre des actions mises en œuvre en Europe pour le respect de la directive européenne n°1999/94/CE du 13 décembre 1999. Cette dernière, transposée en droit français par le Décret n° 2002-1508 du 23 décembre 2002 est à l'origine de la mission de l'ADEME consistant à éditer les informations relatives à l'étiquetage énergie/CO₂ des véhicules particuliers neufs mis sur le marché chaque année. <http://carlabelling.ademe.fr>

Le principe de calcul se décompose en trois étapes :

- estimation du trafic horaire,
- estimation de la vitesse horaire du trafic,
- calcul des émissions annuelles.

Outre les données de trafic issues du modèle du CEREMA, les données de composition du parc national sont intégrées dans l'outil de calcul des émissions CIRCUL'AIR 3.0. Pour la situation initiale 2014, le parc technologique roulant national 2013 (édition 18/12/2014) fourni par le CITEPA a été utilisé, le parc 2014 n'étant pas disponible au moment de l'étude. Pour les scénarios prospectifs à l'horizon de 2020 le parc prospectif national du CITEPA (édition 18/12/2012) fourni par le MEDDE via le LCSQA a été utilisé [4].

Le fichier transmis contient les projections du parc automobile français (métropole) pour tous les types de véhicules (VP, VUL, PL, Bus et Cars, 2 Roues) par norme et catégorie (format COPERT IV) pour les années 2012 à 2031. Ce parc découle du scénario "Avec Mesure Existante (AME)". Ce scénario inclut toutes les mesures visant la réalisation des objectifs énergétiques français, et la réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques, effectivement adoptées ou exécutées avant le 1^{er} janvier 2012.



Source : Parcs prospectifs statique et roulant : MEDDTL-DGEC/CITEPA version décembre 2012 - scénario AME

Figure 5 : Evolution du parc roulant par type de motorisation (Source : Parcs prospectifs statique et roulant : MEDDTL-DGEC/CITEPA version décembre 2012 - scénario AME)

En 2020, selon le scénario AME la composition du parc roulant serait la suivante : 69% de véhicules diesel, 28% d'essence 1% d'électrique, 0,2 % de GPL et 1% d'hybrides (Figure 6).

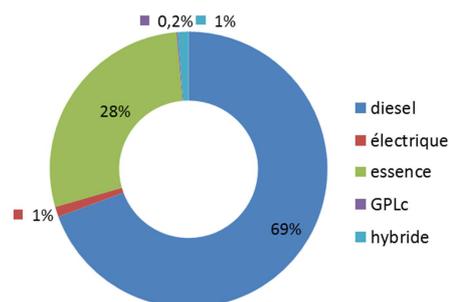


Figure 6 : Composition du parc roulant à l'horizon de 2020 par type de motorisation selon le scénario AME (Source : Parcs prospectifs statique et roulant : MEDDTL-DGEC/CITEPA version décembre 2012 - scénario AME)

3.4. Méthode

Pour les mesures réalisées en 2014

Cinq campagnes de mesures par échantillonnage passif de 14 jours réparties en mai, juin, octobre, novembre et décembre ont été effectuées en 2014. La répartition équilibrée des séries de mesure au cours de l'année, réalisées tous les deux mois, évite de privilégier une période de mesure qui ne serait pas forcément représentative de l'année complète, et permet une évaluation de la concentration moyenne annuelle pour chaque site de mesure. Toutefois, compte tenu du délai restreint pour réaliser l'étude, au lieu de 6 campagnes réparties de manière équilibrée dans l'année, seules 5 campagnes ont pu être réalisées, et cela à partir du mois de mai 2014. De ce fait, afin de pouvoir estimer la moyenne annuelle sur les sites investigués, une correction de la moyenne des 5 campagnes a été effectuée en se basant sur les résultats de NO₂ et de benzène obtenus sur l'ensemble de l'année 2014 au niveau de la station permanente de mesure de Rouen située en proximité du trafic (station GUI en bas du Boulevard des Belges).

Les échantillonneurs ont été installés dans des boîtes de protection sur des lampadaires ou des poteaux à proximité des axes de circulation à environ 2.5m du sol (Figure 7). Pour évaluer la concentration en NO₂ le long du futur tracé du projet, 10 couples de sites installés de chaque côté des voies de circulation ont été investigués. Afin d'évaluer la concentration en benzène, sachant que pour ce polluant la valeur limite est respectée en agglomération rouennaise, seuls 2 couples de sites ont été choisis. Enfin, de façon à s'assurer que les échantillonneurs n'ont pas été contaminés avant leur utilisation, des blancs (cartouches de piégeage non exposées à l'air) ont été régulièrement envoyés au laboratoire pour analyse.



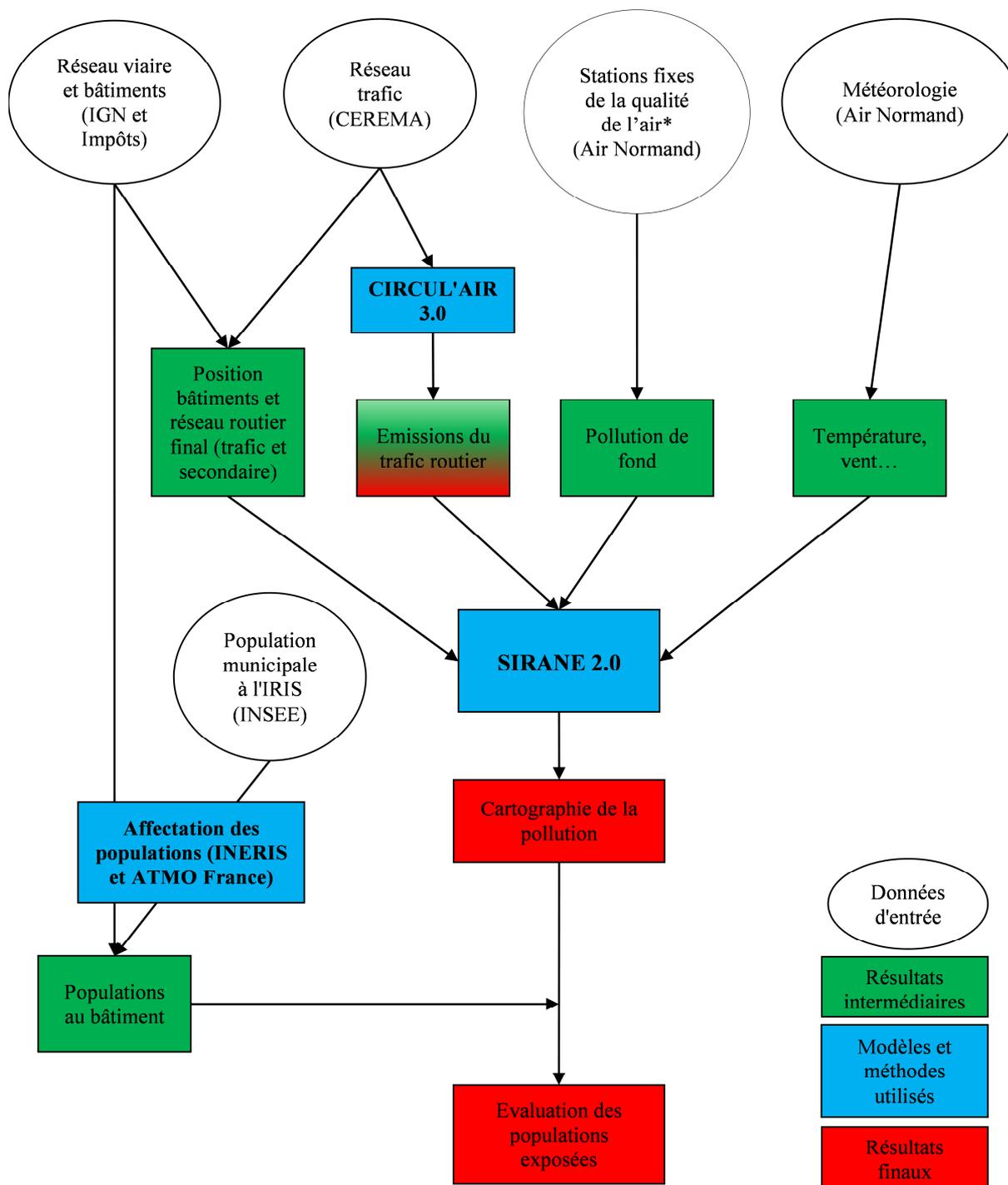
Figure 7 : Installation du matériel sur le terrain.

En situation de fort trafic, la mesure du dioxyde d'azote par des échantillonneurs passifs peut être perturbée du fait des turbulences occasionnées par le passage des véhicules. Le débit de diffusion théorique s'en trouve modifié (raccourcissement de la longueur de diffusion au niveau du tube) ce qui conduit à une surestimation des concentrations. De ce fait, afin de limiter les turbulences occasionnées par le passage des véhicules une membrane composée de verre fritté installée à l'entrée de l'échantillonneur passif PASSAM AG a été utilisée. Elle a été conçue par l'agence de protection de la nature, de l'environnement et des consommateurs de Rhénanie-Nord Westphalie (LANUV) de manière à s'affranchir de ces turbulences. L'intérêt de cette membrane est de disposer directement d'un résultat comparable à celui d'un analyseur automatique, sans application d'une formule de correction et par ailleurs plus répétable c'est-à-dire avec une incertitude plus faible.

Concernant la mesure du benzène au moyen d'échantillonneurs passifs, AIRPARIF a mis en évidence un décalage entre les résultats obtenus avec ces échantillonneurs et les méthodes de référence (prélèvements par pompage) au printemps et en été. Ce décalage semble être, au moins en partie, lié à l'augmentation de la température. Pour prendre en compte ce phénomène, une correction a été établie par AIRPARIF pour l'année 2014. Elle a été appliquée dans le cadre de cette étude aux résultats des 2 premières campagnes qui correspondent au printemps et au début de l'été.

Pour la modélisation

La méthode utilisée pour la modélisation de la qualité de l'air dans le cadre du projet Arc Nord/Sud-T4 fait appel à plusieurs sources de données et comprend plusieurs étapes de calcul résumées dans le logigramme ci-après (Figure 8).



**Pour la situation initiale (2014) les données issues des stations fixes d'Air Normand ont été utilisées. Pour les scénarios « cible » et « fil de l'eau » les sorties CHIMERE modélisées en 2020 au niveau des stations fixes d'Air Normand ont été utilisées (les sorties CHIMERE sont issues de la modélisation du scénario "cible" du SRCAE).*

Figure 8 : Logigramme de calcul de la modélisation urbaine

Pour la modélisation des trois scénarios, les données utilisées sont les suivantes :

- o Situation initiale : données météorologiques (stations d'AIR NORMAND de Grand-Quevilly pour vitesse et direction du vent et température, stations de Météo-France pour la nébulosité) et pollution de fond de 2014 (stations d'AIR NORMAND de Palais de Justice) ;
- o Scénario "fil de l'eau" : données météorologiques de 2014 (stations d'AIR NORMAND de Grand-Quevilly pour vitesse et direction du vent et température, stations de Météo-France pour la nébulosité) et pollution de fond de 2020 issue du scénario cible du SRCAE (pollution modélisée à la station de Palais de Justice) ;
- o Scénario "cible" : données météorologiques de 2014 (stations d'AIR NORMAND de Grand-Quevilly pour vitesse et direction du vent et température, stations de Météo-France pour la nébulosité) et pollution de fond de 2020 issue du scénario cible du SRCAE (pollution modélisée à la station de Palais de Justice).

La différence entre les scénarios "fil de l'eau" et "cible" est liée aux émissions respectivement sans et avec projet. Le processus de calcul des émissions du transport routier par le biais du modèle CIRCUL'AIR 3.0 est détaillé ci-après.

Il comprend plusieurs étapes de calcul résumées dans le logigramme ci-après (Figure 9).

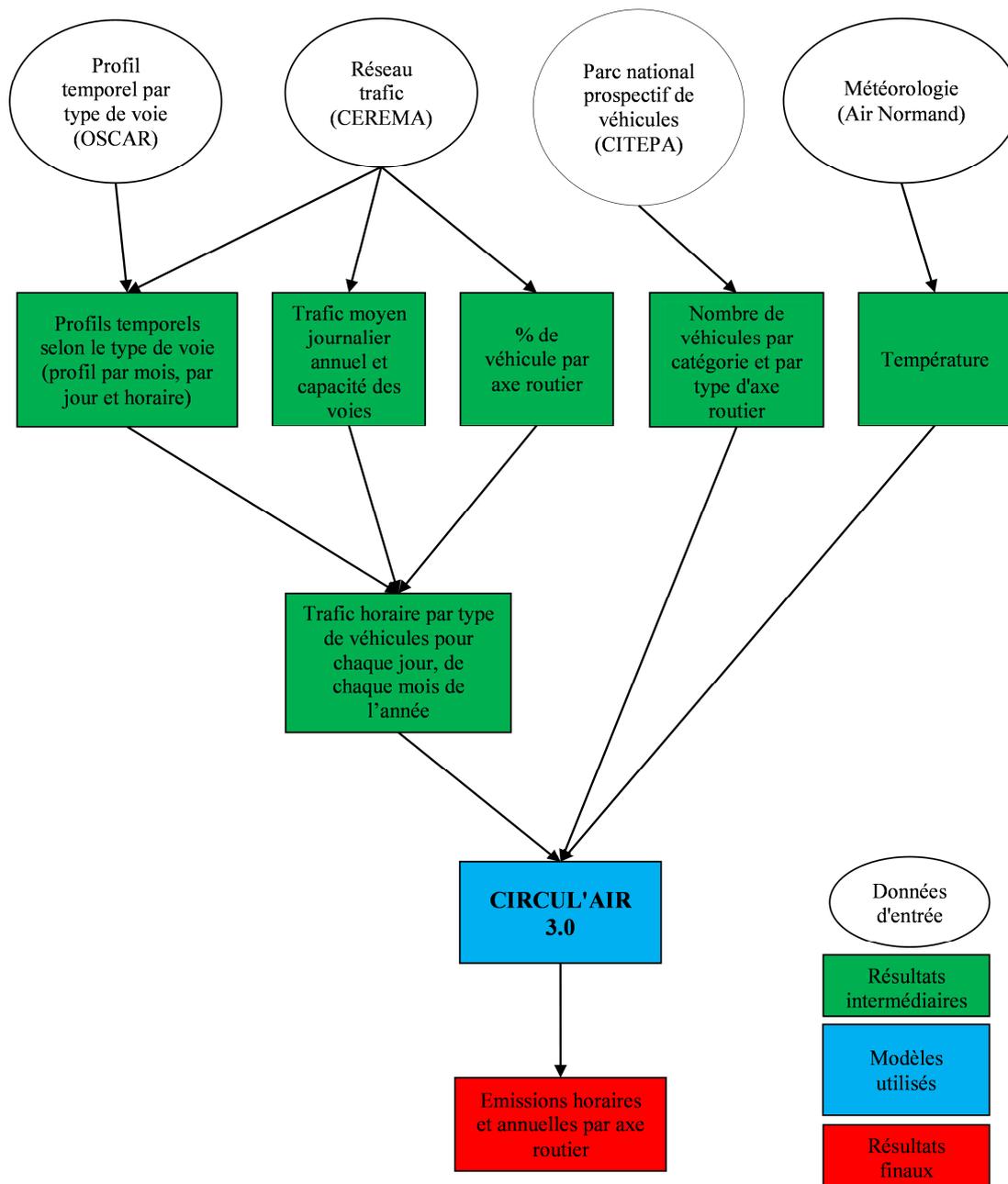


Figure 9 : Logigramme de calcul des émissions des transports routiers

Les résultats attendus de ce processus de calcul sont d'une part l'estimation des émissions de NO_x et de benzène à horizon 2020 liée au trafic routier sur le domaine d'étude du projet Arc Nord/Sud-T4, et d'autre part des simulations des concentrations des polluants à horizon 2020 à l'échelle du projet sous formes cartographiques. Ces cartes sont ensuite croisées avec les données de population pour estimer le nombre d'habitants potentiellement soumis à des dépassements de la valeur limite européenne pour le dioxyde d'azote et de l'objectif de qualité européen pour le benzène (la valeur limite pour le benzène étant déjà respectée en 2014) selon la méthodologie nationale de répartition spatiale de la population [5].

Au moment de l'étude, le choix définitif de type du bus pour la ligne Arc Nord/Sud-T4 n'a pas été décidé. De ce fait, afin de calculer les émissions liées à la circulation des bus Arc Nord/Sud-T4 pour le scénario « cible », l'hypothèse choisie est que ce seront des bus Euro VI qui circuleront sur la ligne T4 en 2020. Pour les autres lignes de bus et pour le scénario « fil de l'eau » le parc moyen des

bus circulant à l'horizon de 2020 a été appliqué. Pour la situation initiale le parc moyen des bus 2013 a été utilisé pour les calculs. La composition du parc roulant des bus par norme EURO utilisé pour les trois scénarios est récapitulée sur la Figure 10.

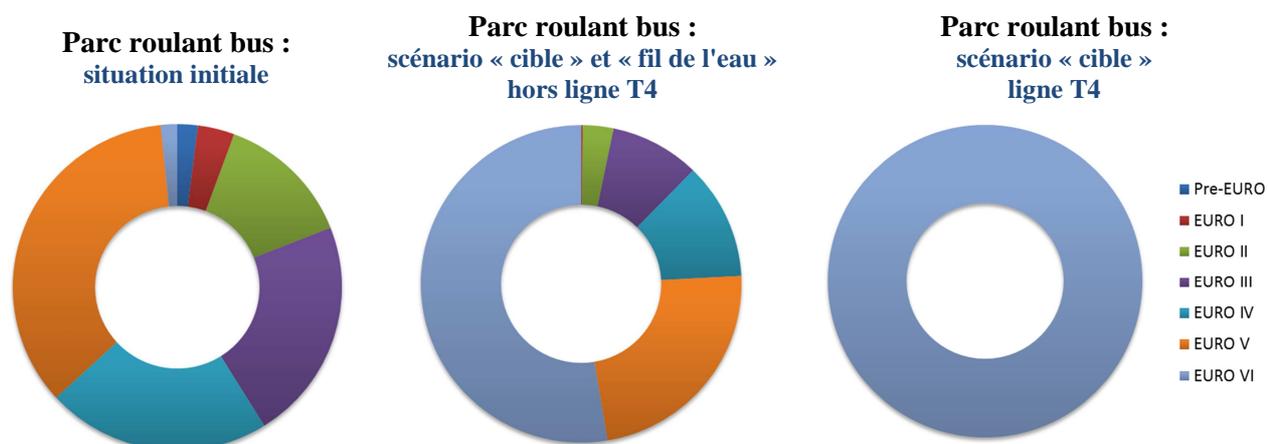


Figure 10 : Composition du parc roulant bus par norme EURO utilisée pour les trois scénarios : situation initiale (parc CITEPA 2013), scénario « cible » et « fil de l'eau » à l'horizon de 2020 (Source : Parcs prospectifs statique et roulant : MEDDTL-DGEC/CITEPA version décembre 2012 - scénario AME)

3.5. Origine des données

Les données utilisées pour cette étude proviennent d'une part du réseau fixe de mesures d'AIR NORMAND (données météorologiques, données de pollution de fond et proximité) ou des analyses réalisées par AIRPARIF sur les prélèvements effectués par AIR NORMAND lors des campagnes de mesures de 2014.

Et d'autre part des organismes suivants :

- Données de trafic : CEREMA,
- Parc technologique national 2013 de véhicules : CITEPA,
- Parc technologique national prospectif de véhicules : MEDDTL-DGEC/CITEPA
- Structure des bâtiments : IGN et Direction générale des impôts,
- Données de population : INSEE.

3.6. Limites

L'évaluation de la moyenne en NO₂ et en benzène obtenue pour l'année 2014 est basée sur la moyenne des concentrations obtenues lors des cinq campagnes de mesures et a dû être corrigée par rapport à la moyenne annuelle mesurée avec l'analyseur automatique de la station « Guillaume le Conquérant pris comme référence. En effet, du fait des délais restreints pour réaliser ces campagnes, elles n'ont pas pu être réparties de façon équilibrée dans l'année.

Par ailleurs, comme pour toute méthode de mesure, les résultats délivrés par les échantillonneurs passifs sont associés à une incertitude. Cette incertitude peut avoir différentes origines : la préparation des tubes (application de la substance absorbante), l'applicabilité de la théorie de la diffusion passive selon les conditions météorologiques, ou l'analyse chimique en laboratoire ou bien l'estimation de la moyenne annuelle sur la base des 5 campagnes de mesures.

Le calcul des émissions du transport routier mis en œuvre par AIR NORMAND comporte plusieurs limites et dépend d'hypothèses dont la qualité peut influencer la qualité des résultats eux-mêmes :

- il repose sur le scénario prospectif du CITEPA qui pose notamment des hypothèses sur le développement des véhicules moins émetteurs et la structure du parc à l'horizon 2020,
- pour le scénario « cible », il repose sur le scénario prospectif du modèle de trafic multimodal fourni par le CEREMA le 13 novembre 2014, intégrant le projet de futur tracé de l'Arc Nord/Sud-T4 comme il était défini à cette date-là,
- pour le scénario « fil de l'eau » il repose sur le scénario prospectif du modèle de trafic multimodal fourni par le CEREMA le 6 février 2015,
- pour la situation initiale 2014, il repose sur le modèle de trafic multimodal 2012 fourni par le CEREMA, le parc technologique national de véhicules pour 2013 et la météorologie et les mesures aux stations d'AIR NORMAND 2014 faute de disposer de l'ensemble des données pour l'année 2014.
- le modèle de trafic multimodal n'intègre pas d'évolution prospective du trafic poids lourds. Faut de données prospectives, les données du trafic poids lourds de l'année 2010 sont conservées pour l'étude jusqu'en 2020,
- les émissions liées à la circulation de bus sur la ligne Arc Nord/Sud-T4 ont été calculées pour le bus EURO VI, ne sachant pas au moment de l'étude quel type de bus serait finalement retenu pour cet axe,
- certaines actions du PDU n'ont pas été intégrées dans la modélisation du trafic par le CEREMA soit par manque d'information (ex : impact de la multiplication des parkings relais en périphérie) soit par choix (travaux de raccordement sud au Pont Flaubert),
- la méthode de calcul COPERT IV ne permet pas de prendre en compte les phénomènes de saturation complète des routes.
- Pour le calcul de population exposée aux dépassements des valeurs réglementaires la même année du recensement (2011) a été utilisée pour les trois scénarios.

Concernant l'étape de modélisation, il faut considérer tout d'abord les limites intrinsèques du modèle SIRANE (simplification des processus chimiques notamment).

La qualité des résultats de modélisation urbaine repose aussi sur la qualité des données fournies en entrée des modèles (dont l'estimation de la pollution de fond en 2020 réalisée dans le cadre de l'évaluation du SRCAE, la qualité de l'estimation des émissions du transport routier, la qualité des données du trafic estimées par le modèle multimodal).

4. Déroulement

Les campagnes de mesures ont été réalisées aux dates suivantes :

Campagne	Période
N°1	13 – 27 mai 2014
N°2	13 – 27 juin 2014
N°3	3 – 17 octobre 2014
N°4	7 – 21 novembre 2014
N°5	27 novembre – 11 décembre 2014

Tableau 3 : Dates des cinq campagnes effectuées en 2014

10 couples de sites pour la mesure du dioxyde d'azote et 2 couples de sites pour la mesure du benzène ont été investigués à proximité du trafic routier le long du futur tracé du projet (Figure 11). La liste et les photos des sites suivis sont récapitulées dans l'Annexe 1. Dans le cadre du partenariat entre AIR NORMAND et la Métropole, la partie terrain a été réalisée par la Métropole (installation et retrait des échantillonneurs passifs).

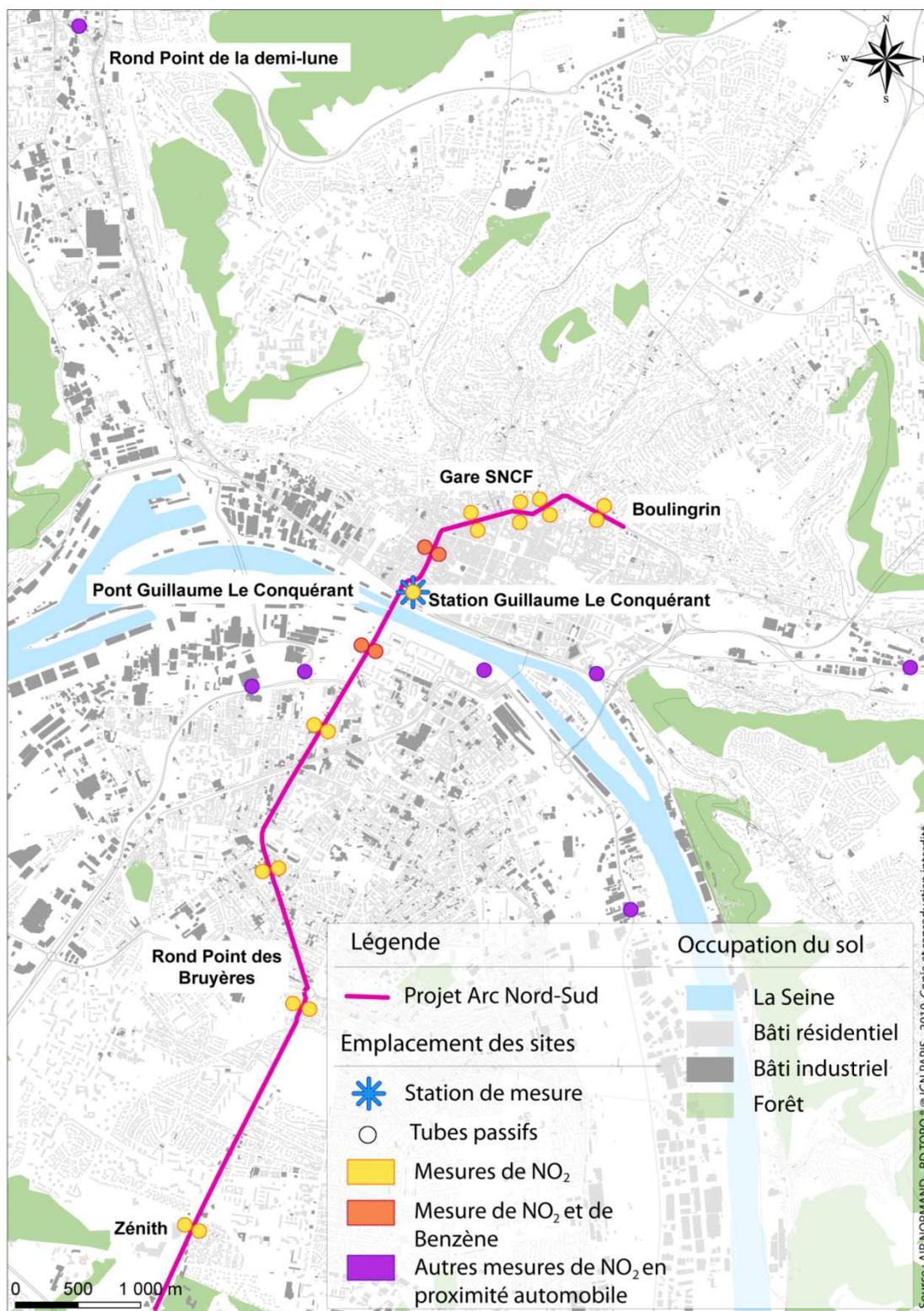


Figure 11 : Localisation des sites de mesures du benzène et du dioxyde d'azote. En violet, autres sites de mesures du dioxyde d'azote en proximité automobile, utilisés dans la présente étude à titre de comparaison.

La modélisation du trafic à horizon 2020 selon le scénario « cible » a été transmise par le CEREMA à AIR NORMAND fin septembre 2014. Deux modèles de trafic ont été fournis pour cette étude : un modèle multimodal (comprenant les véhicules particuliers, les utilitaires et les poids lourds) et un modèle de bus (basé sur le réseau ASTUCE de la Métropole). Ces deux modèles ont dû être fusionnés par AIR NORMAND pour avoir un réseau unique indispensable pour le calcul des émissions avec CIRCUL'AIR 3.0 et la modélisation urbaine avec SIRANE 2.0.

Lors de l'étape de fusion des modèles, certaines anomalies ont été relevées par AIR NORMAND dans le modèle de trafic résultant (taux de poids lourds trop élevé par rapport au taux de véhicules légers sur certains axes en particulier). Suite à cette constatation, AIR NORMAND a organisé une réunion d'échanges avec le CEREMA, la DREAL et la Métropole Rouen Normandie le 4 novembre 2014 pour présenter les anomalies détectées et décider des actions correctives à engager. Lors de cette réunion le CEREMA a proposé une nouvelle répartition des trafics PL et VL sur les axes considérés en correction des biais identifiés comme étant issus de son modèle poids lourds (qui alimente le modèle multimodal).

Par ailleurs, suite à un retour d'information de la Métropole Rouen Normandie, le modèle de bus du CEREMA a aussi été modifié manuellement au niveau du tracé du réseau TEOR en bas du boulevard des Belges. Ainsi après échanges entre la Métropole, la DREAL, le CEREMA et AIR NORMAND, 21 axes routiers du modèle bus ont donc été modifiés en conséquence, la répercussion sur le trafic des véhicules étant considérée comme minime par le CEREMA. La version du modèle du trafic selon le scénario « cible » utilisée dans la présente étude date du 13 novembre 2014.

Une fois l'ensemble des hypothèses fixées pour la suite de l'étude, AIR NORMAND a procédé à la fusion des réseaux du modèle multimodal avec le modèle pour la situation initiale, le scénario « fil de l'eau » et le scénario « cible ». Les axes où seuls les bus circulent ont dû être créés manuellement.

La suite du projet s'est déroulée comme prévu initialement.

5. Résultats

5.1. Résultats bruts

Les résultats bruts des mesures de benzène et du dioxyde d'azote sont disponibles sur demande auprès d'AIR NORMAND (contact@airnormand.fr).

5.2. Résultats de la campagne de mesures de la qualité de l'air en 2014, point « zéro » avant la mise en œuvre du projet

5.2.1. Résultats de mesures de dioxyde d'azote en 2014

Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote varient de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'Avenue des Canadiens (côté magasin Saint Maclou) à 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau du Boulevard des Belges (n° 56, côté montant), (Figure 12). 75% des sites suivis dépassent la valeur limite pour le dioxyde d'azote, qui est de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les 5 sites respectant en 2014 la valeur limite sont situés Rive Sud. La moyenne annuelle enregistrée sur la station de proximité trafic, Guillaume Le Conquerant (GUI) est de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soit deux fois plus faible que la moyenne enregistrée sur le Boulevard de Belges côté montant.

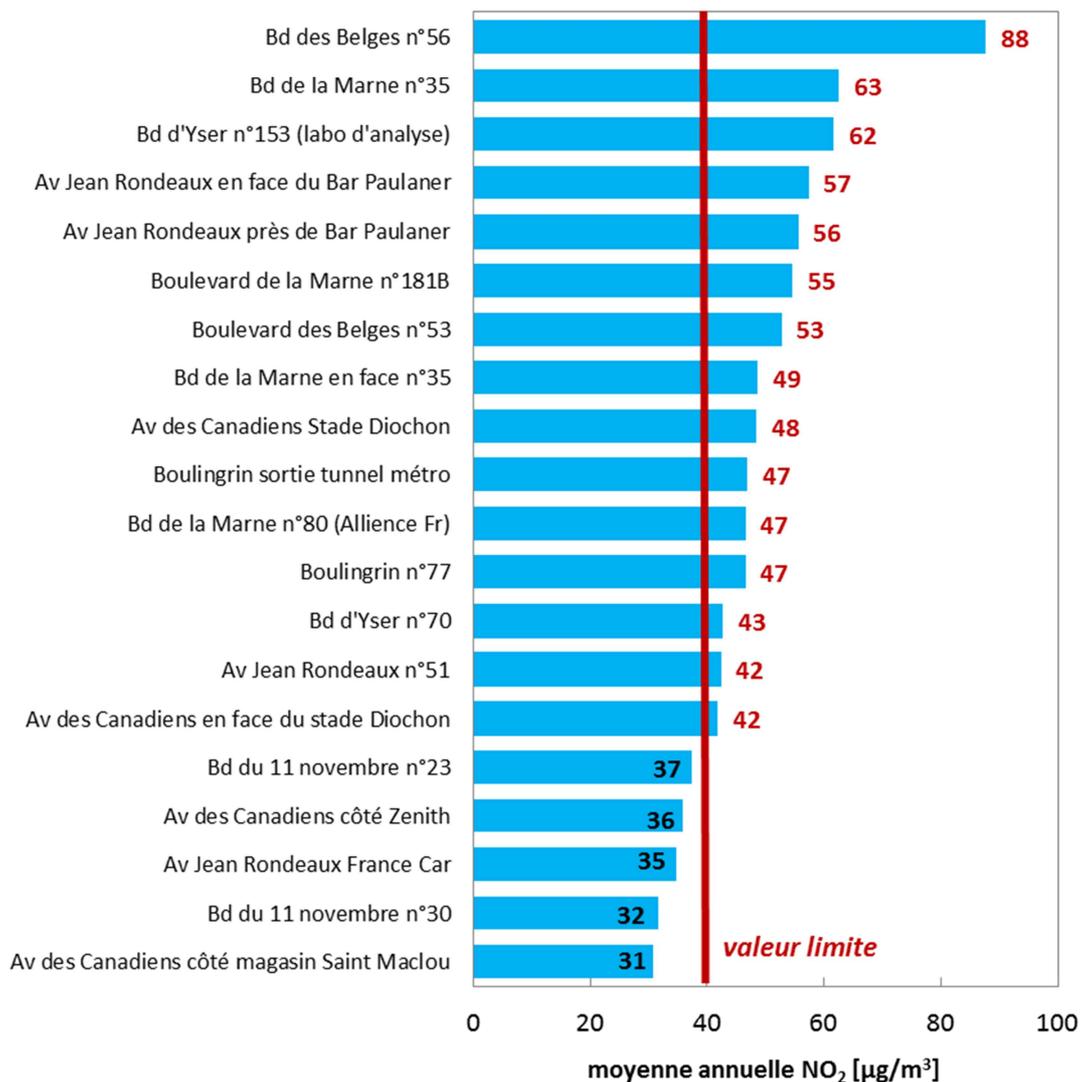


Figure 12 : Moyennes annuelles corrigées en dioxyde d'azote mesurées sur les 10 couples de sites suivis. En rouge : les sites dépassant la valeur limite.

Sur la Figure 13 sont représentées spatialement les concentrations mesurées sur les 10 couples de sites suivis en comparaison avec les moyennes annuelles 2014 enregistrées sur les autres sites en proximité des voies de circulation à grand trafic sur la Métropole Rouen Normandie. Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote mesurées sur ces sites varient de 40 µg/m³ à Maromme (Rue des Martyrs de la Résistance) à 62 µg/m³ à la Place Saint Paul (Rouen) ou sur la voie rapide Sud III.

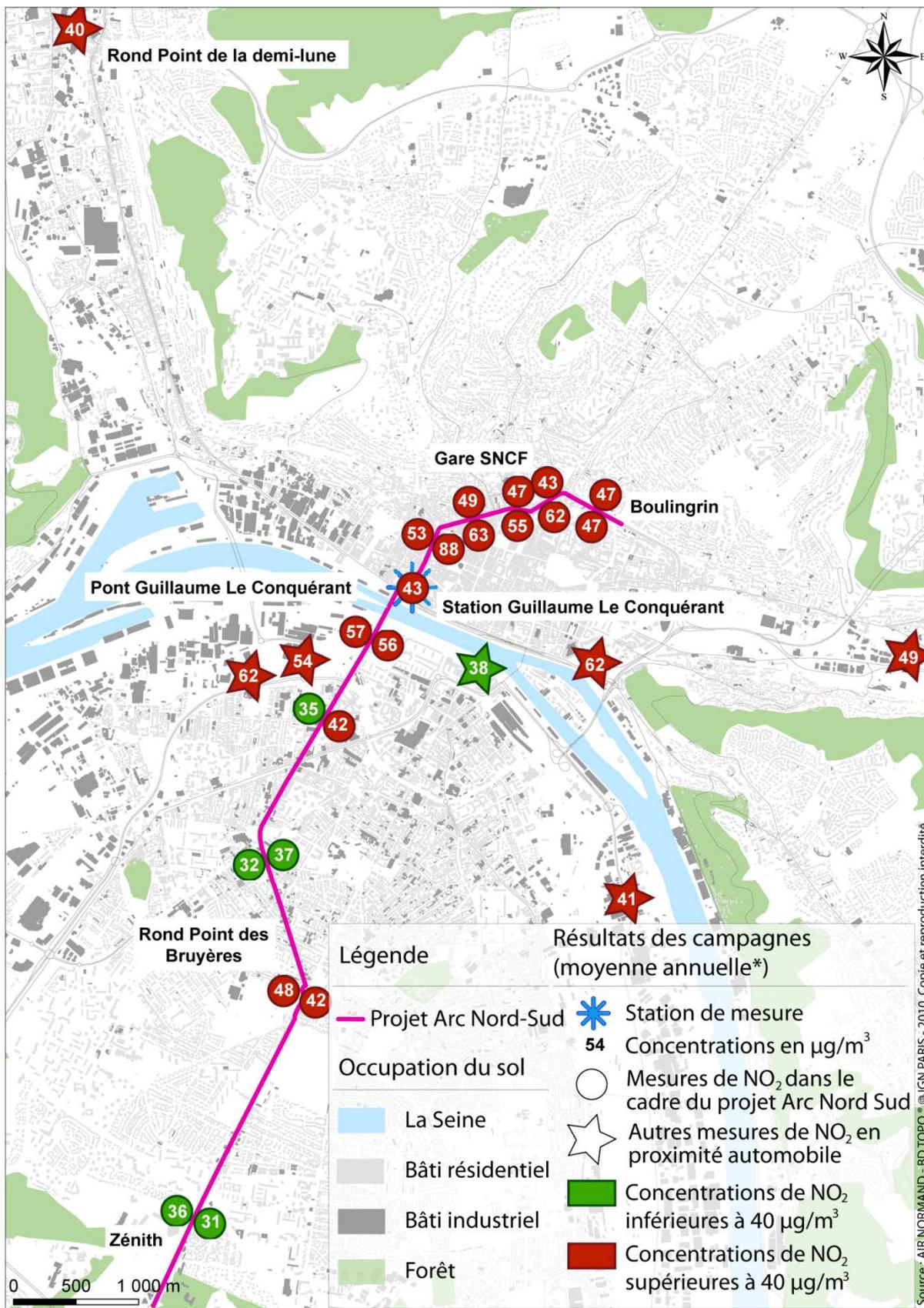


Figure 13 : Cartographie des moyennes annuelles en dioxyde d'azote en fonction du respect de la valeur limite mesurées sur les 10 couples de sites suivis en comparaison avec les autres sites de proximité automobile suivi sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. (* pour le site suivis dans le cadre du projet Arc Nord/Sud il s'agit de la moyenne annuelle corrigée, cf. chapitre 3.4) ; en rouge dépassement de la valeur limite

5.2.2. Résultats de mesures de benzène en 2014

Les concentrations moyennes annuelles en benzène varient de $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'Avenue Jean Rondeaux à $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau du Boulevard des Belges (n° 56, côté montant). L'objectif de qualité pour ce polluant est respecté sur les 4 sites de mesures.

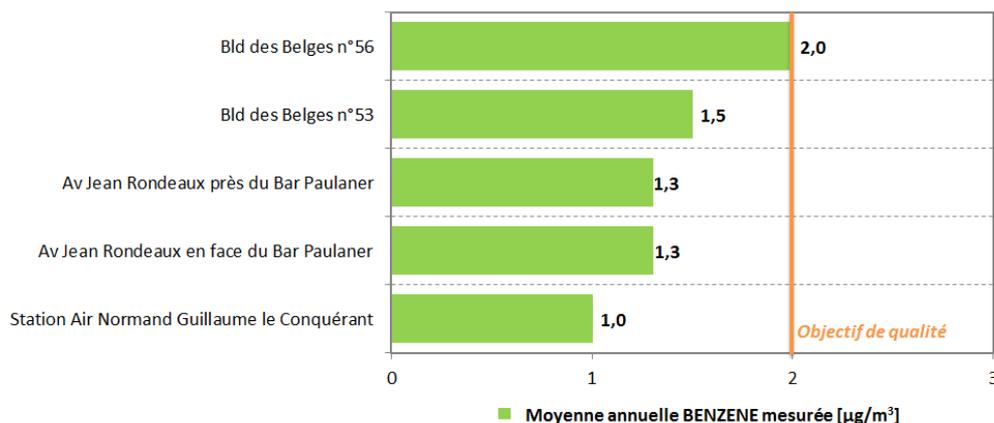


Figure 14 : Moyennes annuelles corrigées en benzène mesurées sur les deux couples de sites suivis.

A titre de comparaison la moyenne annuelle enregistrée en 2014 à la station de proximité trafic, Guillaume Le Conquerant (GUI), est de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit, comme pour le NO_2 , deux fois moins que la moyenne enregistrée sur le Boulevard de Belges côté montant.

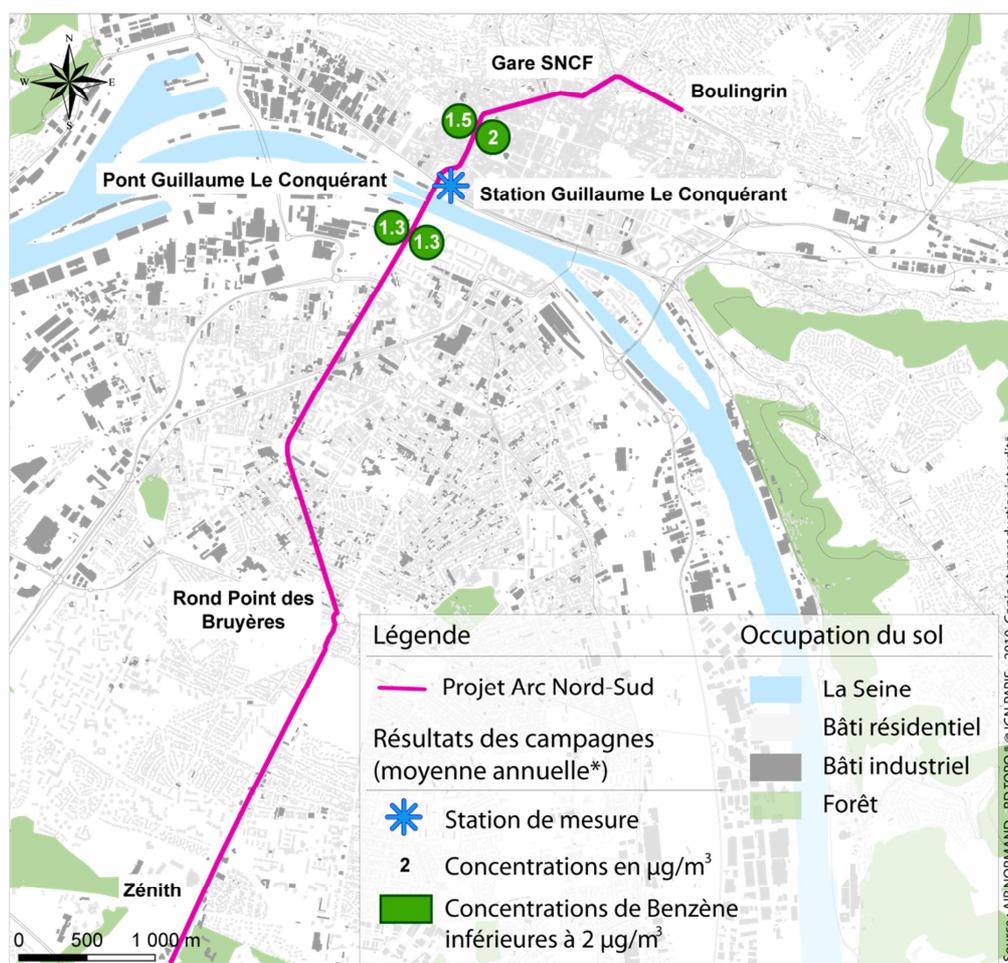


Figure 15 : Cartographie des moyennes annuelles en benzène en fonction du respect de l'objectif de qualité sur les 2 couples de sites suivis (*il s'agit de la moyenne annuelle corrigée, cf. chapitre 3.4)

5.3. Résultats de modélisation de la qualité de l'air

5.3.1. Le réseau de trafic utilisé pour le calcul des émissions et la modélisation de la qualité de l'air

Le réseau de rues a été élaboré à partir du réseau viaire de la Métropole Rouen Normandie (BD – TOPO IGN). Très détaillé, il fait apparaître distinctement les différentes chaussées des rues larges, les contre-allées, etc. Cette représentation complexe n'est pas toujours adaptée à la modélisation de la pollution au sein des rues. L'Ecole Centrale de Lyon (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique) a donc procédé à une simplification du réseau viaire lors de la mise en place de SIRANE 2.0 sur la Métropole de Rouen [6]. AIR NORMAND a ensuite procédé à la fusion du réseau viaire et du réseau trafic du CEREMA. La Figure 16 (cartographie Métropole Rouen Normandie) et la Figure 17 (zoom centre-ville de Rouen) montrent le résultat de ce travail de fusion des réseaux.

Pour présenter les résultats de modélisation de la qualité de l'air, un zoom sur le domaine d'étude (Figure 16) et le centre-ville de Rouen (Figure 17) a été effectuée.

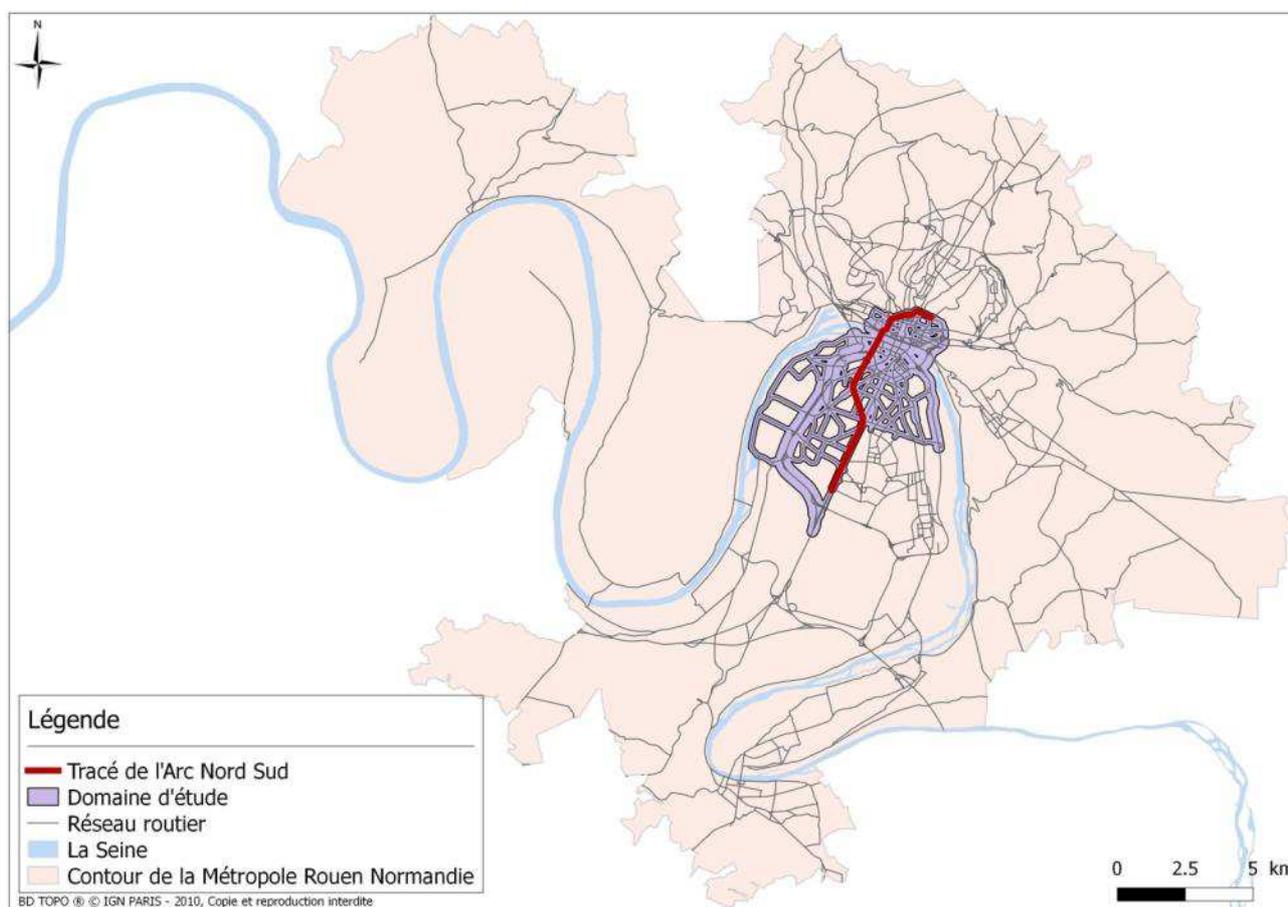


Figure 16 : Domaine d'étude pour le calcul des émissions et la modélisation – source : Air Normand

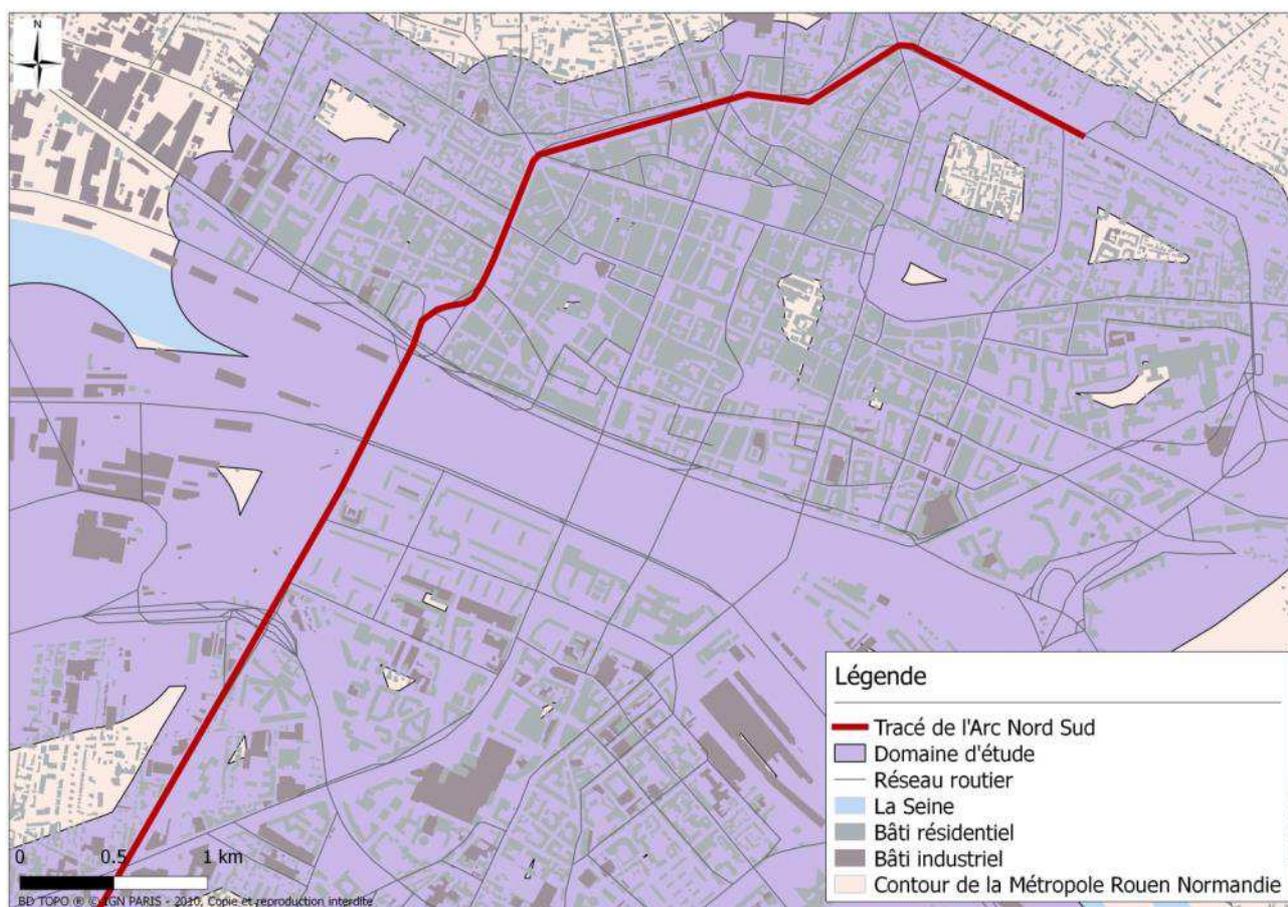


Figure 17 : Détail du domaine d'étude sur le centre-ville de Rouen – source : Air Normand

5.3.2. Résultats du calcul des émissions du secteur des transports routier

Les émissions des oxydes d'azote et du benzène sur le domaine d'étude du projet Arc Nord/Sud-T4, à l'horizon de 2020 avec le projet de BHNS sont estimées respectivement à environ 342 t/an et 1,7 t/an (Tableau 4).

Emissions	Situation initiale 2014	Scénario « fil de l'eau » 2020	Scénario « cible » 2020
Oxydes d'azote [t/an]	543	341	342
Benzène [t/an]	2.1	1.7	1.7

Tableau 4 : Emissions des oxydes d'azote et du benzène sur le domaine d'étude du projet Arc Nord/Sud-T4 en 2014 (situation initiale), selon le scénario « fil de l'eau » 2020 (sans projet) et selon le scénario « cible » 2020 (avec le projet)

Les estimations selon le scénario cible indiquent une réduction des émissions de 37% pour les oxydes d'azote et de 20% pour le benzène par rapport à la situation initiale 2014 (Figure 18). Par contre, il n'y a pas de différences en terme d'émissions entre le scénario « fil de l'eau » et le scénario « cible ».

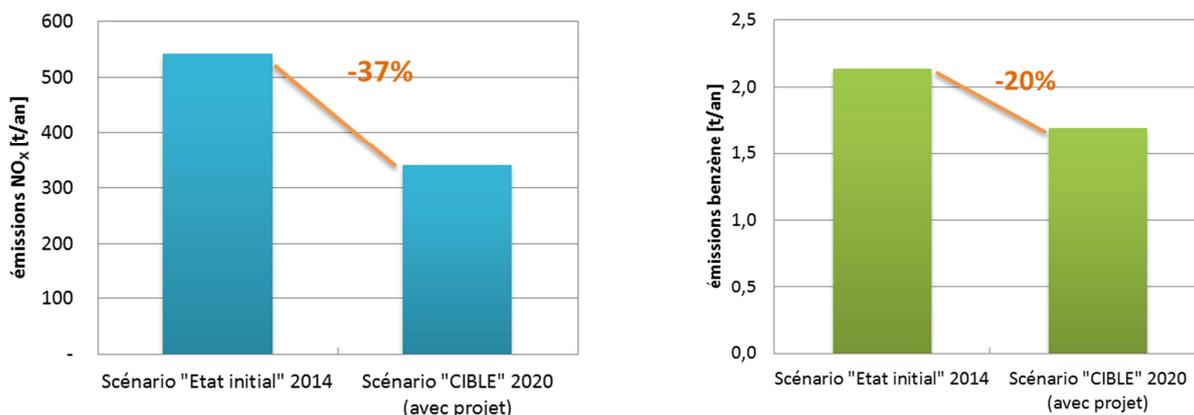


Figure 18 : Evolution des émissions des NO_x et du benzène à l'horizon de 2020 selon le scénario « cible » par rapport à la situation initiale 2014 sur le domaine d'étude du projet Arc Nord/Sud-T4.

5.3.3. Résultats de modélisation de la qualité de l'air et évaluation de la population exposée

Comparaison modèle-mesure

Le graphique ci-dessous présente les résultats du modèle SIRANE 2.0 au niveau des mesures réalisées par échantillonnage passif pour le NO₂.

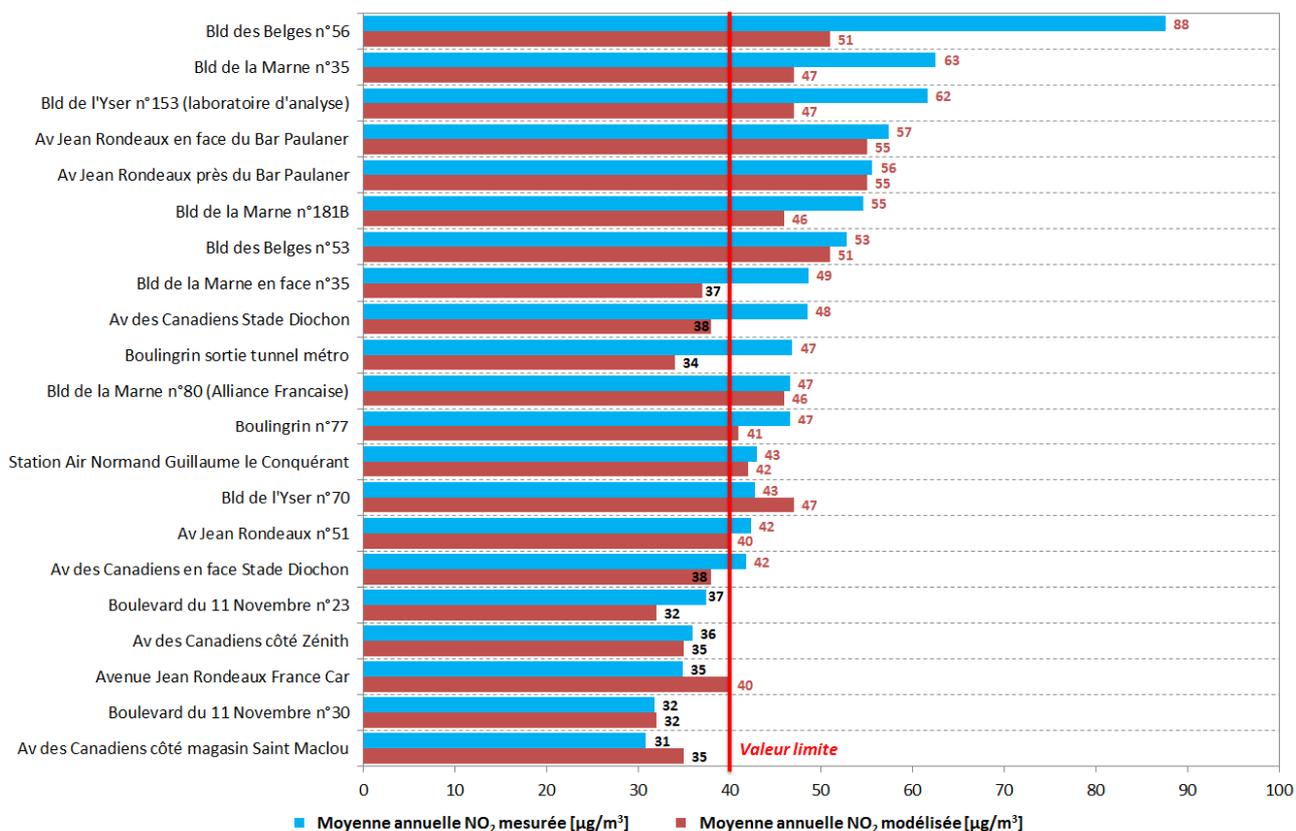


Figure 19 : Comparaison modèle-mesure des moyennes annuelles du NO₂ (en rouge : les sites dépassant la valeur limite).

Compte tenu des limites exposées au paragraphe 3.6, le modèle reproduit bien dans l'ensemble les dépassements observés de la valeur limite du NO₂. Les dépassements mesurés ne sont pas reproduits

par le modèle seulement sur 4 sites (soit ¼ des sites dépassant la valeur limite). Néanmoins les moyennes annuelles calculées pour ces 4 sites sont assez proches de la valeur limite (excepté pour le site "Boulingrin sortie tunnel métro").

Pour plus de la moitié des sites ("Avenue Jean Rondeaux Bar Paulaner", "Boulevard de l'Yser n°53", "Boulevard de la Marne n°80"...), le modèle reproduit très correctement les moyennes annuelles observées (écart mesure-modèle inférieur à 15%).

La concentration obtenue au niveau du Boulevard des Belges côté montant (n°56) est mal simulée (écart mesure-modèle supérieur à 40%) sans doute en raison du caractère particulier de ce site. En effet, le bas du Boulevard des Belges est quotidiennement caractérisé par des flux de circulation relativement élevés surtout aux heures de pointes. Ces situations de congestion peuvent créer des surémissions de NOx très localement non reproduites par le modèle.

Le graphique ci-dessous présente les résultats du modèle SIRANE 2.0 au niveau des mesures réalisées par échantillonnage passif pour le benzène.

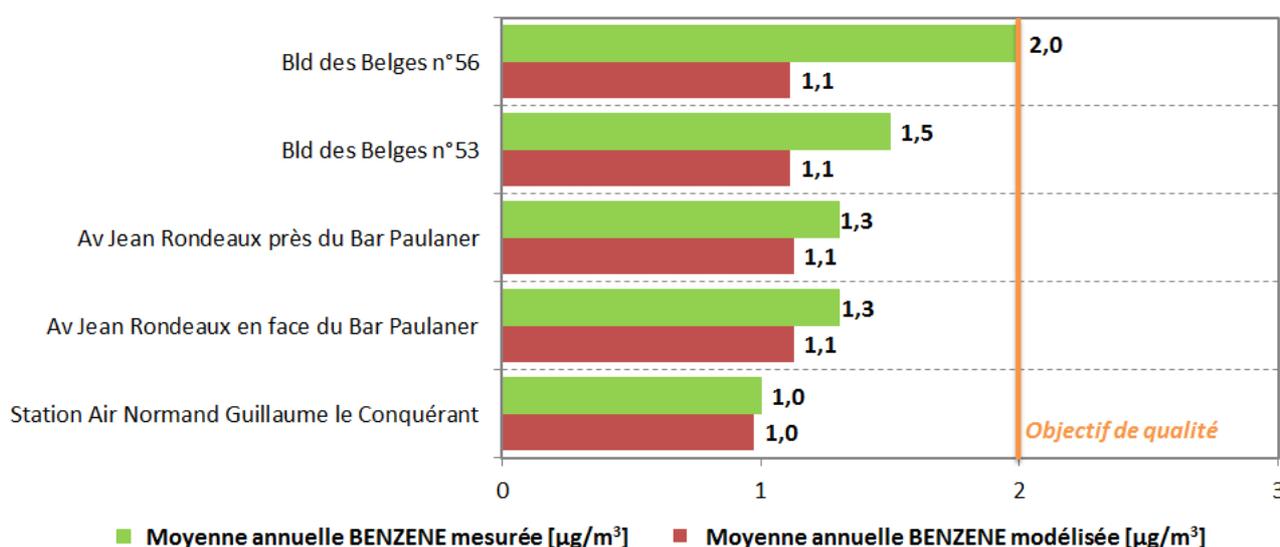
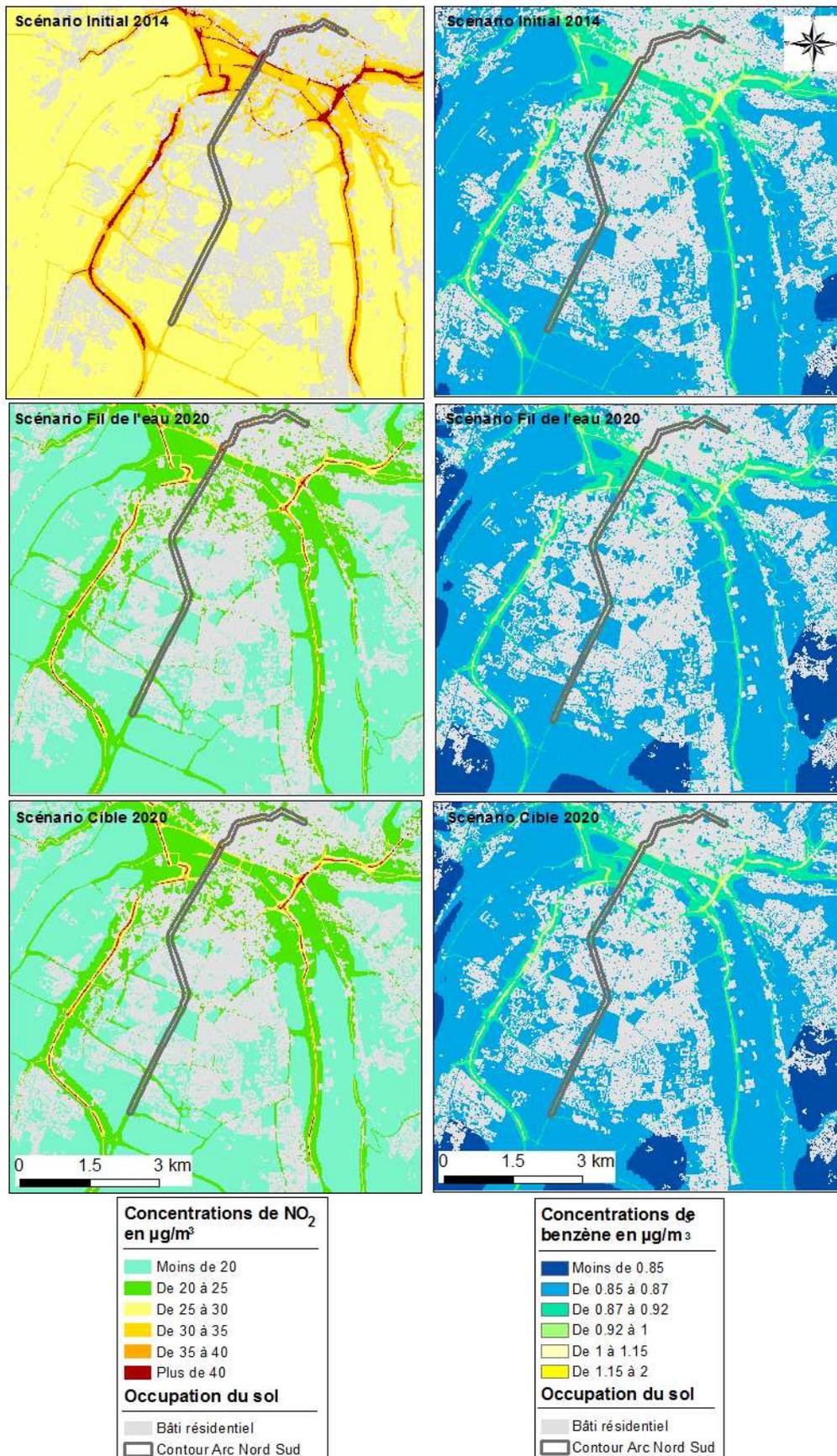


Figure 20 : Comparaison modèle-mesure des moyennes annuelles du benzène

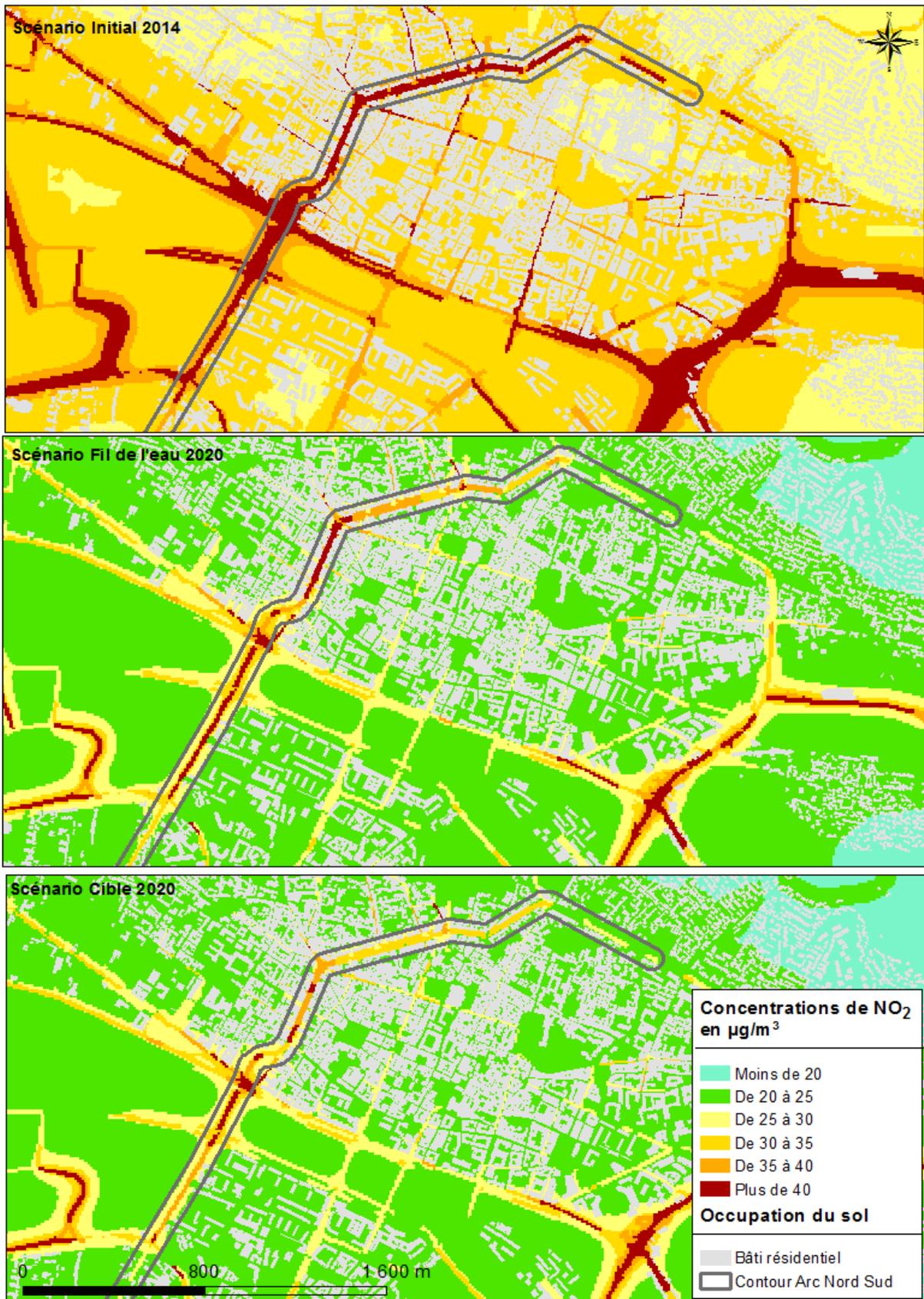
Quel que soit le site, le modèle SIRANE 2.0 sous-estime légèrement les concentrations de benzène mesurées. Comme pour le NO₂, l'écart mesure vs modèle est plus important pour le site du Boulevard des Belges côté montant (n°56) sans doute en raison du caractère particulier de ce site (voir explication en haut de cette page). Néanmoins, aucun dépassement de l'objectif de qualité pour le benzène n'est observé.

Cartographie de la qualité de l'air et évaluation de la population exposée suivant les scénarios modélisés

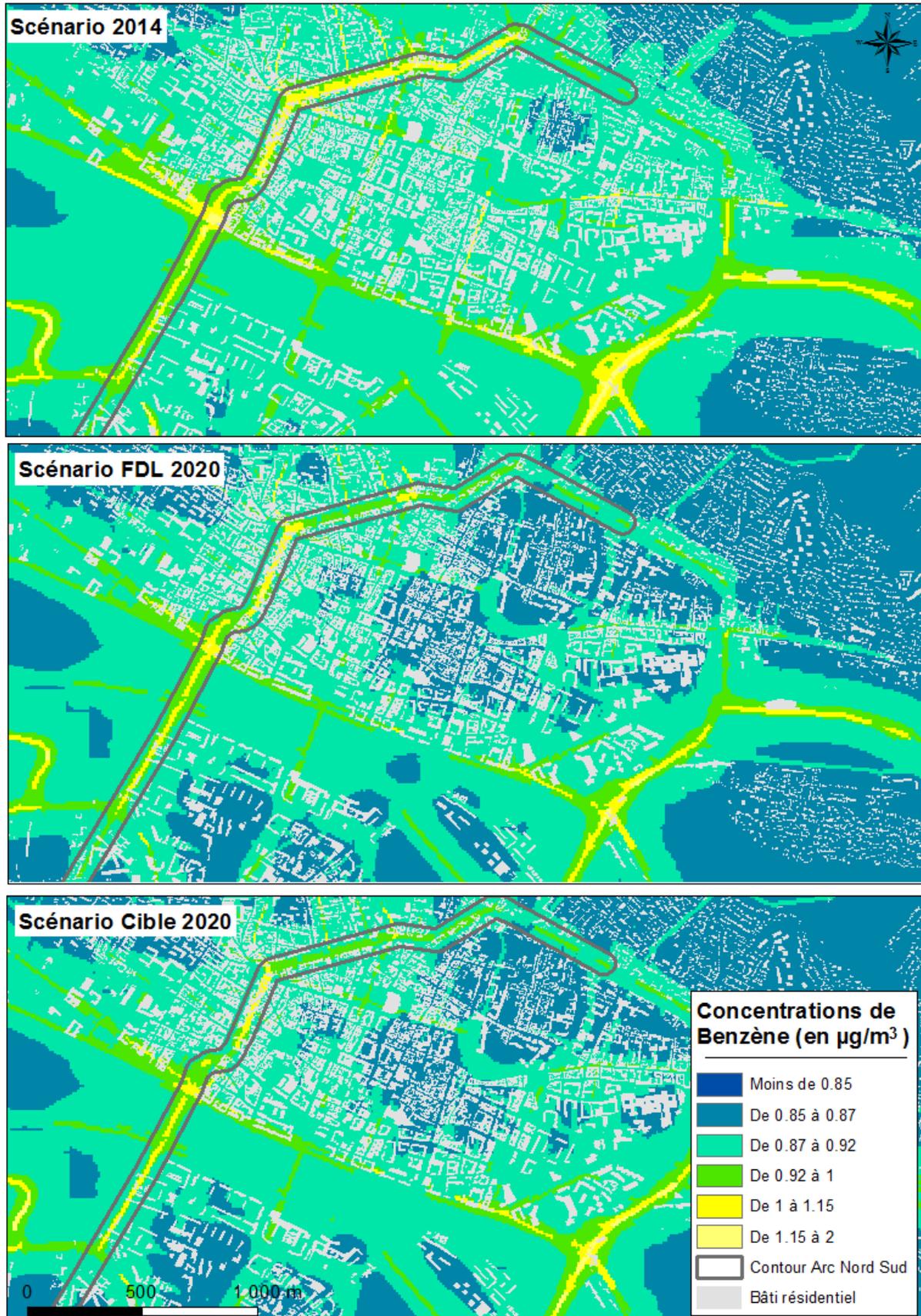


Etude Air Normand - Modélisation SIRANE - ECL - Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique - BDTPOPO © IGN 2010 Copie et reproduction interdite

Figure 21 : Cartographie des concentrations de NO₂ et de benzène en 2014 (situation initiale), selon le scénario « fil de l'eau » 2020 et selon le scénario « cible » 2020



Etude Air Normand - Modélisation SIRANE - ECL - Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique - BD TOPO © IGN 2010 Copie et reproduction interdite
 Figure 22 : Zoom centre-ville des concentrations de NO₂ en 2014 (situation initiale), selon le scénario « fil de l'eau » 2020 et selon le scénario « cible » 2020



Etude Air Normand - Modélisation SIRANE - ECL - Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique

Figure 23 : Zoom centre-ville des concentrations de benzène en 2014 (situation initiale), selon le scénario « fil de l'eau » (FDL) 2020 et selon le scénario « cible » 2020

La comparaison des cartographies des concentrations de NO₂ fait apparaître des diminutions sur l'ensemble du domaine de modélisation (Figure 21, Figure 22). Des baisses des concentrations en NO₂ sont aussi observées le long du tracé de l'Arc Nord/Sud-T4.

Les zones où les concentrations en sortie du modèle SIRANE 2.0 dépassent la valeur limite du NO₂ sont croisées avec les populations spatialisées dans les bâtiments visibles sur les cartes ci-dessus. Les résultats de ce croisement sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Concernant le benzène, les concentrations les plus fortes apparaissent dans les mêmes zones que le NO₂ (Figure 21, Figure 23). Les résultats du modèle (dès la situation initiale) ainsi que les mesures obtenues en 2014 n'indiquant pas des zones de dépassement de l'objectif de qualité. Selon ces résultats aucun habitant riverain de l'Arc Nord/Sud-T4 n'est et ne sera exposé à un dépassement de l'objectif de qualité pour le benzène.

Polluant	Exposition	Situation initiale 2014	Scénario « fil de l'eau » 2020	Scénario « cible » 2020
Valeur limite NO ₂	Nombre d'habitants exposés	6450	1250	650
	Surface exposée (km ²)	1,00	0,23	0,23
Objectif de qualité benzène	Nombre d'habitants exposés	0		
	Surface exposée (km ²)	0		

Tableau 5 : Population et surface exposées aux dépassements des valeurs réglementaires pour le NO₂ et le benzène sur le tracé de l'Arc Nord/Sud-T4 en 2014 (situation initiale), selon le scénario « fil de l'eau » 2020 (sans projet) et selon le scénario « cible » 2020 (avec le projet)

Le nombre d'habitants exposés au dépassement de la valeur limite du NO₂ diminue sensiblement entre la situation initiale et le scénario cible. Ce résultat est conforme aux évolutions des émissions du transport routier entre 2014 et 2020. Néanmoins, il resterait au moins six cent cinquante personnes exposées à des dépassements de la valeur limite du NO₂ sur le domaine potentiellement touché par le projet Arc Nord/Sud-T4 après la mise en œuvre du projet de BHNS.

6. Interprétation des résultats et discussion

Les résultats de la modélisation des concentrations de NO₂ en 2020 indiquent des dépassements résiduels le long du tracé du BHNS. Ces résultats de modélisation sont cohérents avec l'évolution des mesures réalisées à la station de proximité automobile de Guillaume le Conquérant (voir Figure 3). En effet, depuis 2001, la moyenne annuelle enregistrée à la station Guillaume le Conquérant montre une tendance régulière à la baisse. Cette tendance est aussi observée à la station de fond urbain du Palais de Justice. Le modèle SIRANE 2.0 ne reproduit pas la totalité des dépassements de la valeur limite du NO₂ observés pendant la campagne de mesure en 2014. Comme décrit au paragraphe 3.6, ces écarts (sous-estimation ou non reproduction d'un dépassement) peuvent s'expliquer notamment par la difficulté des modèles de trafic et de calcul des émissions à reproduire les phénomènes de saturation des axes routiers. Néanmoins, plus des trois-quarts des dépassements observés sont reproduits par le modèle et en particulier au niveau de la station de mesure de proximité automobile de référence Guillaume le Conquérant. Ainsi, compte-tenu des tendances observées et de la reproduction correcte par le modèle SIRANE 2.0 des concentrations mesurées du NO₂ par échantillonnage passif, les résultats de la présente étude apparaissent plausibles.

Les résultats obtenus sont notamment liés à l'amélioration du parc de véhicules. En effet, en 2020, environ 56% du parc national de véhicules sera de norme EURO 5 et 6 (véhicules plus performants tant au niveau de leur consommation que de leur émission) contre 15% en 2014. L'amélioration de la performance des véhicules compenserait l'augmentation du trafic modélisé par le CEREMA entre la situation initiale et le scénario "fil de l'eau" le long du tracé de l'Arc Nord Sud (voir Figure 24).



Figure 24 : Cartographie du trafic moyen journalier annuel (TMJA) en 2014 (situation initiale), selon le scénario "fil de l'eau" 2020 et selon le scénario "cible" 2020

D'après les résultats du modèle de trafic du CEREMA, les aménagements prévus dans le cadre du projet Arc Nord Sud permettraient de réduire le trafic le long du tracé. Cette baisse de trafic, couplée à l'amélioration de la performance des véhicules d'ici 2020, se traduiraient par une baisse complémentaire à celle liée à l'évolution du parc des émissions de NOx et de benzène, ainsi que par une baisse des populations exposées au dépassement de la valeur limite du NO₂ (Tableau 5).

7. Conclusion et recommandations

Les mesures effectuées en proximité du trafic le long du futur tracé du projet ont mis en évidence le dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote sur 75% des sites suivis en 2014. Par contre aucun dépassement de l'objectif de qualité n'est constaté pour le benzène.

Dans le scénario "cible" (avec projet de BHNS), les résultats de la modélisation des concentrations de NO₂ montrent des dépassements résiduels de la valeur limite le long du tracé de l'Arc Nord Sud, principalement localisés sur le Boulevard des Belges mais aussi sur les autres axes potentiellement touchés par la modification des flux de trafic liée au projet. Environ 650 personnes seraient exposées à ces dépassements pour le NO₂ à l'horizon 2020.

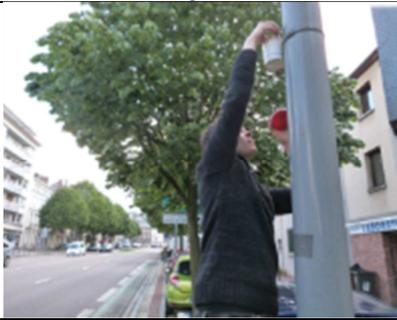
Cependant, il convient d'interpréter ces résultats avec précaution car il s'agit d'une estimation prospective reposant sur l'utilisation de modèles numériques (émissions et concentrations) et d'hypothèses choisies ou imposées (parc prospectif national de véhicules notamment).

Cela étant, la tendance observée sur les mesures réalisées sur la station de proximité du trafic Guillaume Le Conquérant pour le NO₂ apparaît en phase avec les résultats de l'étude. Afin de s'assurer de la cohérence en tendance des résultats de modélisation d'ici 2020, il paraît utile de poursuivre les campagnes de mesures NO₂ réalisées par AIR NORMAND avec la Métropole dans le cadre du PDU en divers points de l'agglomération.

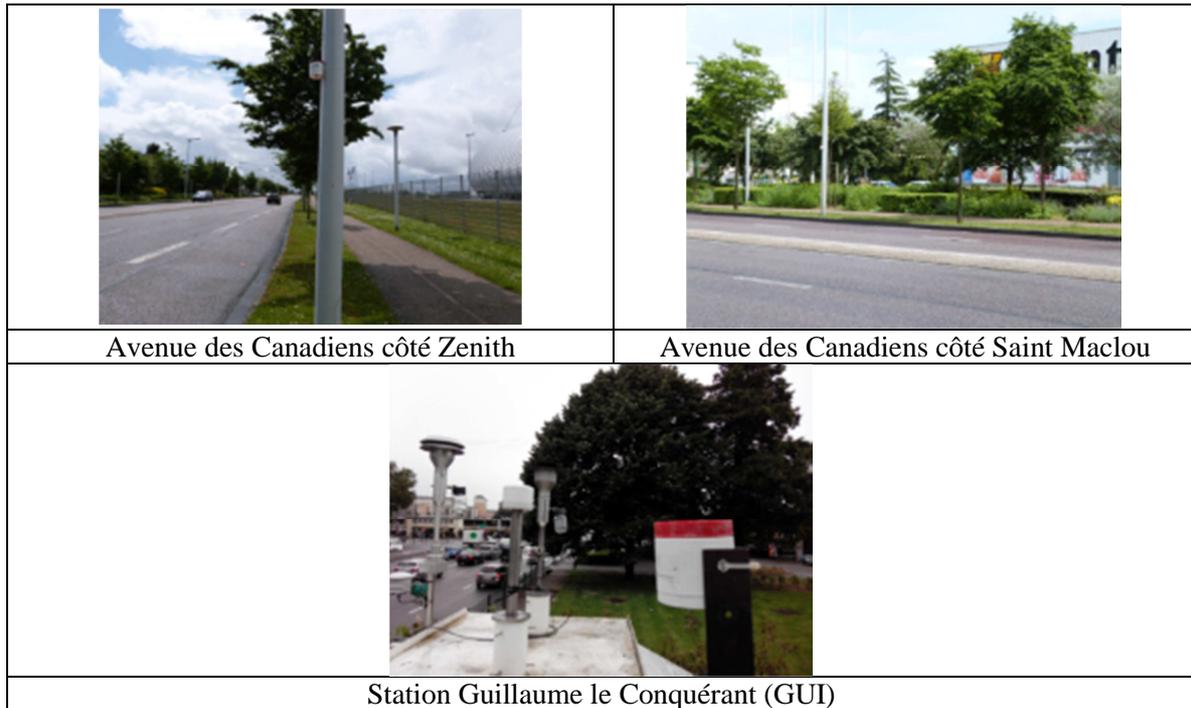
8. Pages complémentaires

8.1. Annexes

Annexe 1 : Listes des sites investigués

	
Boulingrin n°77	Boulingrin sortie tunnel métro
	
Boulevard de l'Yser n°70	Boulevard de l'Yser n°153 (labo d'analyse)
	
Boulevard de la Marne n°181B	Boulevard de la Marne n°80 (Alliance Française)
	
Boulevard de la Marne n°35	Boulevard de la Marne en face de n°35

	
<p>Boulevard des Belges n°56 (côté montant)</p>	<p>Boulevard des Belges n°33 (côté descendant)</p>
	
<p>Avenue Jean Rondeaux en face de Bar Paulaner</p>	<p>Avenue Jean Rondeaux devant Bar Paulaner</p>
	
<p>Avenue Jean Rondeaux France Car</p>	<p>Avenue Jean Rondeaux n°51</p>
	
<p>Boulevard du 11 Novembre n°30</p>	<p>Boulevard du 11 Novembre n°23</p>
	
<p>Avenue des Canadiens Stade Diochon</p>	<p>Avenue des Canadiens en face du stade Diochon</p>



8.2. Bibliographie

1. Circulaire interministérielle DGS/SD 7B n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.
2. ASPA – CIRCUL' AIR - version 3.0,
3. MEDDE – Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques (polluants de l'air et gaz à effet de serre), Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT), novembre 2012.
4. MEDDTL-DGEC/CITEPA version décembre 2012 (scénario AME) – Parcs prospectifs statique et roulant
5. LCSQA, 2012 – Méthodologie de répartition spatiale de la population, DRC-15-144366-01026A
6. Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique / Ecole Centrale de Lyon - Modélisation de la pollution atmosphérique sur l'agglomération Rouennaise, février 2013.