



SEDELKA

Projet d'aménagement de l'îlot C à FLEURY-SUR-ORNE (14)

Etude « Air et Santé » - Mise à jour

Rapport

Réf : CICENO223065 / RICENO01385-01

GRB / AMBE / AMBE




13/01/2023



SEDELKA

Projet d'aménagement de l'ilot C à FLEURY-SUR-ORNE (14)
 Etude « Air et Santé » - Mise à jour

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	13/01/2023	01	G. BENASSI 	A. BERTRAND 	A. BERTRAND 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CICENO223065 / RICENO01385-01
Numéro d'affaire :	A44749
Domaine technique :	PA01

GINGER BURGEAP Agence Nord-Ouest
 1, rue des Bourreliers, 14123 lfs
 Tél : 02.32.81.45.00 • burgeap.caen@groupeginger.com

SOMMAIRE

RESUME NON TECHNIQUE	7
Introduction.....	9
1. Cadre réglementaire de l'étude.....	10
1.1 Définitions	10
1.2 Situation géographique du projet.....	10
1.3 Domaine d'étude et scénarios étudiés.....	12
1.4 Bande d'étude.....	13
1.5 Niveau d'étude.....	14
1.6 Polluants étudiés.....	16
2. Description de la zone d'étude	17
2.1 Caractéristiques générales du projet.....	17
2.2 Topographie.....	18
2.3 Occupation des sols	19
2.4 Climatologie.....	23
2.4.1 Températures et précipitations.....	23
2.4.2 Les précipitations	24
2.4.3 Les vents.....	24
2.4.4 Ensoleillement.....	25
2.5 Population	26
2.5.1 Population générale	26
2.5.2 Populations sensibles	29
3. Qualification de l'état initial	31
3.1 Notions générales sur les polluants atmosphériques.....	31
3.1.1 Présentation et sources d'émission.....	31
3.1.2 La réglementation des polluants atmosphériques	32
3.1.3 Effets des polluants étudiés sur la santé	36
3.2 Données bibliographiques	41
3.2.1 Bilan des émissions dans la zone d'étude	41
3.2.2 Bilan de la qualité de l'air de la zone d'étude	47
3.2.3 Les documents de planification	50
3.2.4 Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les populations	57
3.3 Campagne de mesures in situ	60
3.3.1 Méthodologie du prélèvement et de l'analyse	60
3.3.2 Déroulement de la campagne	61
3.3.3 Emplacement des points de mesures	61
3.3.4 Données météorologiques durant la campagne.....	63
3.3.5 Validité des points de mesures	65
3.3.6 Résultats de la campagne de mesures	65
3.3.7 Comparaisons aux données mesurées par ATMO Normandie.....	67
3.4 Conclusions sur l'état initial de la qualité de l'air.....	68
4. Estimation des émissions.....	69
4.1 Méthodologie	69
4.1.1 Méthodologie générale.....	69
4.1.2 Méthodologie – émissions à l'échappement et à l'évaporation	70
4.1.3 Méthodologie – émissions dues aux équipements automobiles.....	70
4.1.4 Méthodologie – émissions dues à l'entretien des voies	70
4.2 Données d'entrée	71
4.2.1 Données trafic.....	71
4.2.2 Répartition du parc automobile	75
4.2.3 Les facteurs d'émission.....	76

4.3	Résultats des estimations des émissions totales de la zone d'étude	77
4.4	Bilan de la consommation énergétique	79
4.5	Bilan des gaz à effet de serre.....	80
5.	Monétarisation des coûts collectifs	80
5.1	Coûts liés à la pollution locale de l'air	80
5.2	Coûts liés à l'effet de serre.....	82
6.	Analyses des incertitudes.....	83
7.	Mesures de lutte contre la pollution atmosphérique	84
7.1	Mesures destinées à limiter les impacts du projet	84
7.2	Mesures destinées à limiter les impacts du projet en phase chantier	85
	CONCLUSION.....	86

TABLEAUX

Tableau 1.	Définition de la largeur de la bande d'étude	13
Tableau 2.	Définition des niveaux d'étude – Le niveau d'étude retenu dans cette étude est indiqué en vert.....	15
Tableau 3 :	Liste des polluants à prendre en compte (d'après le guide Cerema, 2019)	16
Tableau 4 :	Liste des ICPE à proximité du projet	22
Tableau 5 :	Températures moyennes à la station météorologique de Caen-Carpiquet (1981-2010) (Source : Météo France).....	23
Tableau 6 –	Hauteur de précipitations moyennes (en mm) à la station météorologique de Caen-Carpiquet (1981-2010) (Source : Météo France)	24
Tableau 7 :	Effectif de la population municipale (source : INSEE, 2019).....	27
Tableau 8 :	Répartition de la population par tranche d'âge (source : INSEE 2019)	27
Tableau 9 :	Répartition de la population par sexe (source : INSEE 2019).....	27
Tableau 10 :	Répartition du type de logement (source INSEE 2017)	28
Tableau 11 :	Evolution démographique de la population de 1968 à 2019 (source : INSEE 2019).....	28
Tableau 12 :	Réglementation du dioxyde d'azote (NO ₂)	33
Tableau 13 :	Réglementation du benzène (C ₆ H ₆)	33
Tableau 14 :	Réglementation des particules en suspension PM10	33
Tableau 15 :	Réglementation des particules en suspension PM2.5	34
Tableau 16 :	Réglementation du dioxyde de soufre (SO ₂).....	34
Tableau 17 :	Réglementation du benzo(a)pyrène (BaP).....	34
Tableau 18.	Réglementation des métaux lourds.....	34
Tableau 19.	Réglementation du monoxyde de carbone (CO).....	35
Tableau 20.	Réglementation de l'ozone (O ₃)	35
Tableau 21 :	Emissions sur le département du Calvados (2019) en %	42
Tableau 22.	Emissions sur la zone d'étude	43
Tableau 23 :	Emissions en Normandie (t/km ²)	43
Tableau 24 :	Concentrations moyennes annuelles mesurées en 2021 sur la station « Ifs – rue Paul Claudel ».....	48
Tableau 25 :	Nombre de dépassements des valeurs limites horaires ou journalières en 2021	48
Tableau 26 -	Indices ATMO à Caen en 2021 (Source : Atmo Normandie).....	50
Tableau 27 -	Scénario cible de la Basse-Normandie (Source : SRCAE de la Basse-Normandie).....	52
Tableau 28 :	Données de qualité de l'air ATMO Normandie 2009-2010	58
Tableau 29 :	Localisation des points de mesure	62
Tableau 30 :	Concentrations en µg/m ³ - Blancs.....	65
Tableau 31 :	Concentrations en µg/m ³ – Double point 2.....	65
Tableau 32 :	Concentrations moyennes en NO ₂ mesurées lors de la campagne	66

Tableau 33 : Concentrations moyennes en NO ₂ mesurées par la station ATMO lors de la campagne	67
Tableau 34. Liste des origines des émissions de polluants	69
Tableau 35. Distances totales sur le domaine d'étude par scénario	72
Tableau 36 : Émissions totales journalières des tronçons de routes étudiées	78
Tableau 37 : Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude	79
Tableau 38 : Bilan de gaz à effet de serre sur le domaine d'étude	80
Tableau 39 : Coûts de pollution (en €/100 véh.km).....	81
Tableau 40 : Densité de population du projet.....	81
Tableau 41 : Valeur de la pollution atmosphérique (€/jour).....	81
Tableau 42 : Résultats du calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel	82

FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du projet	11
Figure 2 : Vue aérienne de l'emprise du site du projet.....	11
Figure 3 : Localisation du site du projet et de la ZAC Normandika	12
Figure 4 : Bande d'étude et axes routiers pris en compte dans les 3 scénarios	14
Figure 5 : Plan masse et gabarits (à gauche) et programme (à droite) du projet de l'îlot C	17
Figure 6 : Tronçons créés avec le projet	18
Figure 7 : Découpage du relief dans la zone d'étude	19
Figure 8 : Occupation des sols sur le domaine d'étude	20
Figure 9 : Occupation agricole des sols sur le domaine d'étude.....	21
Figure 10 : Localisation des ICPE à proximité du projet	22
Figure 11 - Températures moyennes mensuelles à la station de Caen-Carpique (1981-2010) (Source : Météo France).....	24
Figure 12 - Rose des vents de la station de Caen-Carpique (Source : Météo France)	25
Figure 13 - Durée d'ensoleillement en cumul d'heures mensuel mesurée à la station météo de Caen-Carpique (1991-2010) (source : Météo France)	26
Figure 14 : Evolution relative de la population entre 1968 et 2019	28
Figure 15 : Localisation des populations les plus proches	29
Figure 16 : Localisation des populations sensibles	30
Figure 17 : Localisation de la station IFS-rue Paul Claudel (ATMO Normandie).....	47
Figure 18 : Classes de l'indice ATMO	49
Figure 19 : Synoptique du PRSE3.....	51
Figure 20 : Etat d'avancement des actions du PRSE 3 selon les axes prioritaires.....	52
Figure 21 : Les chiffres clés Air Energie Climat du pôle Métropolitain	54
Figure 22 : Les étapes d'élaboration des PCAET	55
Figure 23 : Etat d'avancement des PCAET	55
Figure 24 : Présentation de la zone d'étude.....	57
Figure 25 : Capteur passif	60
Figure 26 : Localisation des points de mesure.....	62
Figure 27 : Comparaison des conditions météorologiques	63
Figure 28 : Températures et précipitations journalières mesurées lors de la campagne	64
Figure 29 : Concentrations moyennes en NO ₂ mesurées lors de la campagne	66
Figure 30 : Méthodologie générale d'estimation des émissions.....	69
Figure 31 : Méthodologie d'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation	70
Figure 32 : Trafics exprimés en TMJA pour les différents scénarios étudiés.....	73
Figure 33 : Variation en % des trafics entre le scénario fil de l'eau 2035 et le scénario avec projet 2035	75
Figure 34 : Phénomènes pris en compte dans les émissions par échappement.....	76

ANNEXES

- Annexe 1. Fiches de mesures
- Annexe 2. Résultats d'analyses
- Annexe 3. Données trafic INGE-INFRA
- Annexe 4. Caractéristiques des tronçons
- Annexe 5. Monétarisation

RESUME NON TECHNIQUE

Le projet d'aménagement de SEDELKA EUROPROM de l'ilot C à Fleury-sur-Orne (14) a récemment fait l'objet de modifications importantes nécessitant de mettre à jour l'étude d'impact et le dossier Loi sur l'eau.

Cette étude est la mise à jour du volet « Air et Santé » réalisée par GINGER BURGEAP en 2021 (RICENO01183-01).

Le cadre méthodologique choisi pour mener cette étude a été construit pour être conforme au guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières » (Cerema¹ – Février 2019).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la création de cet ensemble immobilier sur la qualité de l'air et sur la santé des populations riveraines. Pour cela, il a été réalisé :

- Une qualification de l'état initial via une analyse de données bibliographiques et des mesures in situ ;
- Une évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air via l'estimation des émissions de polluants liées au trafic automobile.

Phase 1 : qualification de l'état initial

L'objectif de la première étape (qualification de l'état initial) est de disposer d'un bilan de la qualité de l'air **actuelle** au droit de la zone d'implantation du projet. Pour cela :

- Une **analyse bibliographique** des mesures réalisées en 2021 par le réseau de surveillance de la qualité de l'air sur la commune de Caen (station la plus proche du site du projet) a été réalisée. Celle-ci a permis de mettre en évidence que :

Au regard des normes de qualité de l'air, les bilans annuels d'ATMO Normandie sur la station « IFS rue Paul Claudel » témoigne d'une qualité de l'air **respectant les valeurs limites réglementaires françaises pour le NO₂, les PM₁₀, les PM_{2,5}, l'ozone.**

L'objectif de qualité est également respecté sur l'ensemble des polluants.

- Une **campagne de mesures** de la qualité de l'air a été réalisée par GINGER BURGEAP durant laquelle le dioxyde d'azote (NO₂), traceur de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier, a fait l'objet de mesures dans l'environnement proche du projet.

Les concentrations en NO₂ respectent la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle en 2021 sur la station ATMO NORMANDIE la plus proche et sur la campagne de mesures réalisées par GINGER BURGEAP en 2021.

Phase 2 : évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air

L'objectif de la seconde étape de cette étude est d'évaluer les impacts sur la qualité de l'air des émissions atmosphériques liées au trafic automobile et générées par le projet.

L'étude porte :

- Sur 10 substances :
 - Oxydes d'azote (NOx) ;
 - Particules (PM₁₀, PM_{2,5}) ;
 - Monoxyde de carbone (CO) ;

¹ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

- Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) ;
- Benzène ;
- Dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Arsenic ;
- Nickel ;
- Benzo[a]pyrène.
- Sur 3 scénarii :
 - Le scénario « actuel » pour l'année 2021 ;
 - Le scénario « futur sans projet » pour l'année 2035 ;
 - Le scénario « futur avec projet » pour l'année 2035.

Les émissions liées au trafic ont été estimées à partir d'un système d'équations mathématiques (logiciel ARIA-TREFIC) pour les 3 scénarii. Ces équations font intervenir les données du trafic, la composition du parc roulant et des facteurs d'émission issus de la littérature (facteurs COPERT V).

Entre le scénario « actuel 2021 » et le scénario « futur sans projet 2035 », alors qu'une augmentation des distances parcourues est envisagée, on observe une **diminution des émissions** de la plupart des composés étudiés. Ces diminutions sont principalement liées à l'application des normes d'émissions Européenne les plus récentes, au renouvellement du parc automobile, à l'utilisation de nouvelles technologies moins polluantes (véhicules hybrides, etc.). Les émissions ne sont augmentées que pour l'arsenic et le nickel dans des proportions relativement faibles.

Le projet induit quant à lui une augmentation de 26,91 % à 42,11 % des émissions polluantes sur le domaine d'étude (variation entre le scénario « futur avec projet - 2035 » et le scénario « futur sans projet - 2035 »). **Cette augmentation est directement liée à l'augmentation des distances parcourues totales (+ 31 %) et à l'augmentation du nombre de véhicules en circulation sur les tronçons routiers.**

Phase 3 : Propositions de mesures de réductions et de compensation des émissions

Malgré l'impact limité des émissions atmosphérique liées au projet sur la qualité de l'air, il peut néanmoins être envisagé de mettre en place certaines mesures compensatoires spécifiques pour limiter la pollution à proximité des voies de circulation telles que :

- **La réduction ou la préservation par la « matière grise »** qui consiste à étudier les mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques
- **La réduction des émissions polluantes à la source**
- **Le suivi, la surveillance et l'information.**

Introduction

SEDELKA réalise un projet d'aménagement de l'îlot C en partie nord-ouest de la ZAC Normandika à Fleury-sur-Orne (14).

Ce projet prévoit, un secteur à dominante de logements, côté bourg (essentiellement dans l'emprise hors ZAC), un campus / technopôle (au nord-est), un secteur à dominante d'activités tertiaires, bureaux, dans la partie « ZAC » et une « coulée verte » centrale avec des jardins familiaux.

Le Code de l'Environnement, et notamment ses articles L122-1 et suivants, prévoit que « les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages, qui par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences ». Les articles R122-1 à R122-16 du Code de l'Environnement en précisent les modalités d'application.

Dans ce cadre, GINGER BURGEAP a réalisé en 2021 le volet « Air et Santé » du projet. Le projet ayant depuis fait l'objet de modifications importantes, les autorités ont demandé que soient mise à jour l'étude d'impact et les différentes études qui la compose.

Ce rapport est donc la mise à jour du volet « Air et Santé » de l'étude RICENO01183-01 (Novembre 2021).

Les méthodes et le contenu du volet « Air et Santé » sont définis par le « Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières » (Cerema – Février 2019). Ainsi, cette étude comprend :

- Une description fine de la qualité de l'air actuelle sur la base de données bibliographiques et des résultats d'une campagne de mesures réalisées in situ ;
- Une évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air à partir de l'estimation des émissions liées au trafic routier ;
- Une estimation des coûts collectifs ;
- Un rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé ;
- Une proposition de mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

L'évaluation des impacts du projet sera réalisée sur la base de l'étude des 3 scénarii suivants :

- A l'état actuel, hors projet en 2021,
- A l'horizon « N » de la mise en service du projet en considérant :
 - Un scénario sans projet en 2035,
 - Un scénario avec projet en 2035.

1. Cadre réglementaire de l'étude

1.1 Définitions

- Zone d'étude :** la zone d'étude est une zone de 1 à 50 km autour du projet, permettant d'établir l'état initial de la qualité de l'air (état actuel avant-projet).
- Domaine d'étude :** le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification des flux de trafic supérieure à $\pm 10\%$ du fait de la réalisation du projet.
- Bande d'étude :** la bande d'étude, plus ou moins importante selon le projet, définit les limites du domaine d'étude.

1.2 Situation géographique du projet

La présente étude « Air et Santé » concerne un projet d'aménagement de l'îlot C située en partie nord-ouest de la ZAC Normandika à FLEURY-SUR-ORNE (14). L'îlot C, d'environ 11.7 ha (8 ha sur la ZAC et un complément de 3,7 ha au Nord-Ouest), est situé à proximité immédiate du centre bourg de Fleury-sur-Orne.

Un magasin IKEA est présent à l'Est du site, représentant un apport de véhicule non négligeable à la zone d'étude.

A l'Ouest, il est délimité par la RD 562, accès direct au centre-ville de Caen par le sud et au Nord, le site est délimité par le chemin du Fier à bras. Le site est situé à 970 m du périphérique sud de Caen.

Il s'inscrit ainsi en transition entre le centre-bourg de Fleury-sur-Orne et la zone d'activités en développement, tout en restituant des jardins familiaux en remplacement de ceux existant le long de l'avenue d'Harcourt. Le site du projet présente la particularité d'être à l'interface entre le centre-bourg, l'avenue d'Harcourt permettant l'accès à Caen depuis le périphérique, la rue du Fier-à-Bras menant aux stades et la ZAC Normandika. Enfin, le site est également situé à proximité de la RN 814.

Figure 1 : Situation géographique du projet



Figure 2 : Vue aérienne de l'emprise du site du projet



Source : SEDELKA EUROPROM / Google Earth

Figure 3 : Localisation du site du projet et de la ZAC Normandika



Source : annotations GINGER BURGEAP sur fond de plan Géoportail

1.3 Domaine d'étude et scénarios étudiés

En termes de qualité de l'air et de santé, le domaine d'étude doit être composé du projet lui-même et de l'ensemble des axes du réseau routier subissant, du fait de la création du projet, une modification (augmentation ou diminution) de plus de 10 % de ses flux de trafic.

La figure, en page suivante, présente les tronçons de route étudiés, sur la base des données de trafic transmises par le bureau d'étude INGE-INFRA en 2021 et mise à jour en 2022. Certains tronçons bien que non impactés de plus de $\pm 10\%$, ont été intégrés au domaine d'étude conformément au guide du Cerema (2019) pour assurer la continuité du réseau routier.

Les scénarios, retenus dans cette étude, correspondent aux scénarios définis dans l'étude trafic réalisée par la société INGE-INFRA. Ces scénarios permettent de déterminer l'impact sanitaire sur la qualité de l'air du projet aux trois horizons et sont décrits ci-dessous :

- **Scénario actuel (2021)** : Il s'agit du scénario caractérisant les conditions de circulation actuelles dans la zone d'étude à partir des données trafic de INGE-INFRA;
- **Scénario futur sans projet (2035)** : A l'horizon estimée de mise en service du projet (2035), il correspond au scénario fil de l'eau, c'est-à-dire qu'il intègre les conditions de circulation dans la zone d'étude à l'horizon estimé en l'absence du projet. Par conséquent et par rapport à l'horizon de référence (2021), seules les évolutions du parc roulant (remplacement des véhicules les plus anciens, prise en compte de nouvelles technologies moins émissives, report modal sur les catégories de véhicules, évolution du trafic « naturel », etc.) ont été considérées ;

- **Scénario futur avec projet (2035)** : Il s'agit du scénario à l'horizon de mise en service du projet (2035) qui intègre les mêmes données que le scénario futur sans projet (2035) en y intégrant les changements liés au projet, soit la création de l'îlot C, définis dans l'étude INGE-INFRA 2021 (mise à jour en 2022).

1.4 Bande d'étude

Une bande d'étude est appliquée pour chacun des axes étudiés dans le cadre de cette étude.

Concernant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude appliquée de part et d'autre de l'axe routier est définie selon les critères présentés dans le tableau ci-après. Cette largeur est fonction du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) exprimé en nombre de véhicules (véh/j) prévu à terme.

Dans le cas de la pollution particulaire, le document méthodologique du Cerema (2019) recommande une largeur de la bande d'étude de 200 m centrée sur les axes routiers considérés.

Tableau 1. Définition de la largeur de la bande d'étude

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Largeur minimale de la bande d'étude (en m) centrée sur l'axe
T > 50 000	600
25 000 < T < 50 000	400
10 000 < T < 25 000	300
≤ 10 000	200

Source : Note méthodologique du Cerema – Février 2019

Avec des trafics >10 000 véh/j sur les axes routiers pris en compte, une bande d'étude de 300 m centrée sur les axes étudiés a été appliquée, quel que soit le trafic supporté, afin d'obtenir une homogénéité de traitement sur l'ensemble du domaine d'étude.

Les limites du domaine d'étude ainsi que les axes pris en compte sont présentées sur la carte page suivante.

Figure 4 : Bande d'étude et axes routiers pris en compte dans les 3 scénarios



1.5 Niveau d'étude

Le guide Cerema (2019) définit le contenu des études « Air et Santé » qui se veulent plus ou moins détaillées selon les enjeux du projet d'aménagement. Le niveau d'étude est défini, à l'horizon d'étude le plus lointain et avec aménagement, c'est-à-dire celui pour lequel les trafics seront les plus élevés ; et ceci à l'aide de trois critères :

- La charge prévisionnelle du trafic exprimé en TMJA ;
- La densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet ;
- La longueur du projet d'aménagement.

Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et de la densité de population à proximité de cette dernière.

Tableau 2. Définition des niveaux d'étude – Le niveau d'étude retenu dans cette étude est indiqué en vert

Trafic à l'horizon d'étude et densité de population (hab/km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j	25 000 véh/j à 50 000 véh/j	10 000 véh/j à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si Le projet > 5 km OU III si Le projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité 2 000 à 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si Le projet > 25 km OU III si Le projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité < 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si Le projet > 50 km OU III si Le projet ≤ 50 km
G IV Pas de bâti	III	III	IV	IV

Source : Guide méthodologique du Cerema – Février 2019

Malgré les trafics attendus sur deux des axes étudiés (environ 13 000 véh/j) les trafics attendus sur les autres axes sont tous inférieurs à 7000 veh/j.

On note également une faible densité de population sur le domaine d'étude (de type GIII).

D'autre part le projet a vocation à favoriser les modes de transports doux et les transports en communs visant à réduire le trafic.

Ainsi une étude de niveau III a été réalisée au vu de la longueur du projet.

Une étude de niveau III comprend les éléments suivants qui seront repris dans ce document :

- Un diagnostic de l'état actuel de la qualité de l'air (données bibliographiques et mesures in situ) ;
- Une évaluation des impacts sur la qualité de l'air avec une estimation des émissions de polluants dans le domaine d'étude ;
- Une estimation des coûts collectifs ;
- Une proposition de mesures de lutte contre la pollution atmosphérique ;
- Des mesures visant, en phase chantier et en phase exploitation, à réduire les impacts sur la qualité de l'air.

Notons qu'aucune nouvelles mesures n'ont été réalisées dans le cadre de cette mise à jour.

1.6 Polluants étudiés

Conformément à la note méthodologique du Cerema (2019), dans le cadre d'une étude de niveau III, les polluants à prendre en considération sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Liste des polluants à prendre en compte (d'après le guide Cerema, 2019)

Polluants à prendre en compte dans une étude air et santé de niveau III
<ul style="list-style-type: none">• Oxydes d'azote (NOx)• Particules (PM10 et PM2.5)• Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)• Benzène• Dioxyde de soufre (SO₂)• Arsenic• Nickel• Benzo(a)pyrène (BaP)• Monoxyde de carbone (CO)

2. Description de la zone d'étude

2.1 Caractéristiques générales du projet

Le programme prévisionnel du projet de l'îlot C comprend :

- Un secteur à dominante de logements, côté bourg (essentiellement dans l'emprise hors ZAC) ;
- Un campus / technopôle, au nord-est ;
- Un secteur à dominante d'activités tertiaires, bureaux, dans la partie « ZAC » ;
- Une « coulée verte » centrale avec des jardins familiaux.

Figure 5 : Plan masse et gabarits (à gauche) et programme (à droite) du projet de l'îlot C



SURFACES	Part en %	Surface en m ²
Emprise global brute		130 400
emprise voirie		25 009
Foncier brute		117 185
Foncier recul voirie		11 125
Foncier opérationnel	100%	106 060
Foncier espace public	43%	45 493
Emprise voirie bande de roulement	7%	3 330
Emprise piéton paysage	8%	3 693
Emprise venelle paysage espace vert	8%	3 591
Emprise Parc	39%	17 931
Emprise Bassin chaîne hydraulique	15%	6 753
Emprise Jardins familiaux	22%	10 195
Foncier cessible logement	29%	30 859
Emprise bâti - Emprise au sol	30%	11 745
Espace libre	46%	14 128
Espace parking	16%	4 986
Foncier cessible hébergement	4%	4 394
Emprise bâti - Emprise au sol	41%	1 823
Espace libre	42%	1 838
Espace parking	17%	733
Foncier cessible économique	24%	25 313
Emprise bâti - Emprise au sol	34%	8 663
Espace libre	20%	5 139
Espace parking	45%	11 511
Foncier cessible		60 506
% emprise au sol sur foncier cessible		61,19%
Surface plancher		60 740
Cos foncier cessible		1,00
NB logement		535
Nombre habitant		1182
Densité logement collectif /ha		37

Le projet prévoit également la création de voiries supplémentaires telles que la nouvelle rue du fier à bras (Est et Ouest), ainsi que 3 voies de dessertes interne à l'îlot C. Ces axes sont présentés sur la figure ci-dessous :

Figure 6 : Tronçons créés avec le projet

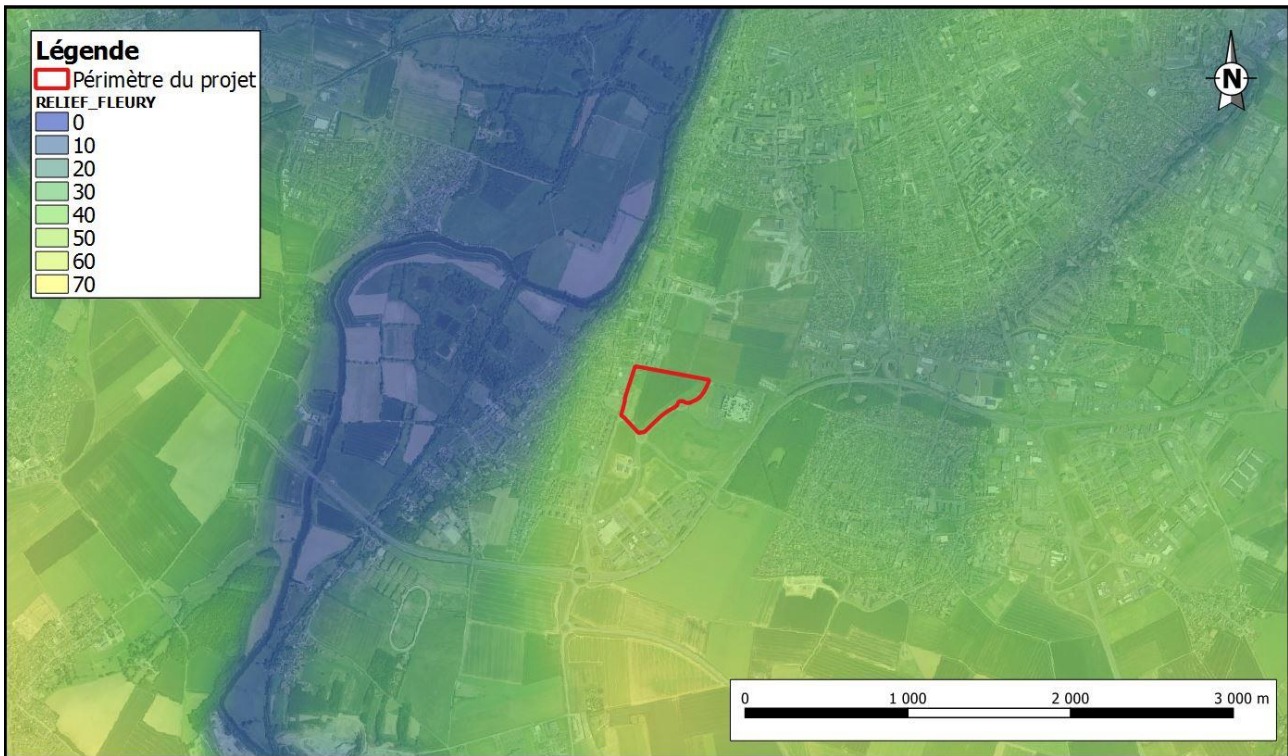


2.2 Topographie

Les communes de Caen et Fleury-sur-Orne, situées au centre nord de la Normandie, font parties du bassin parisien et sont implantées sur un plateau de part et d'autre de l'Orne. Ces villes ont été fondées dans une vallée alluviale marécageuse.

Pour la zone d'étude objet de cette étude la topographie varie de 30 à 40 m NGF.

Figure 7 : Découpage du relief dans la zone d'étude



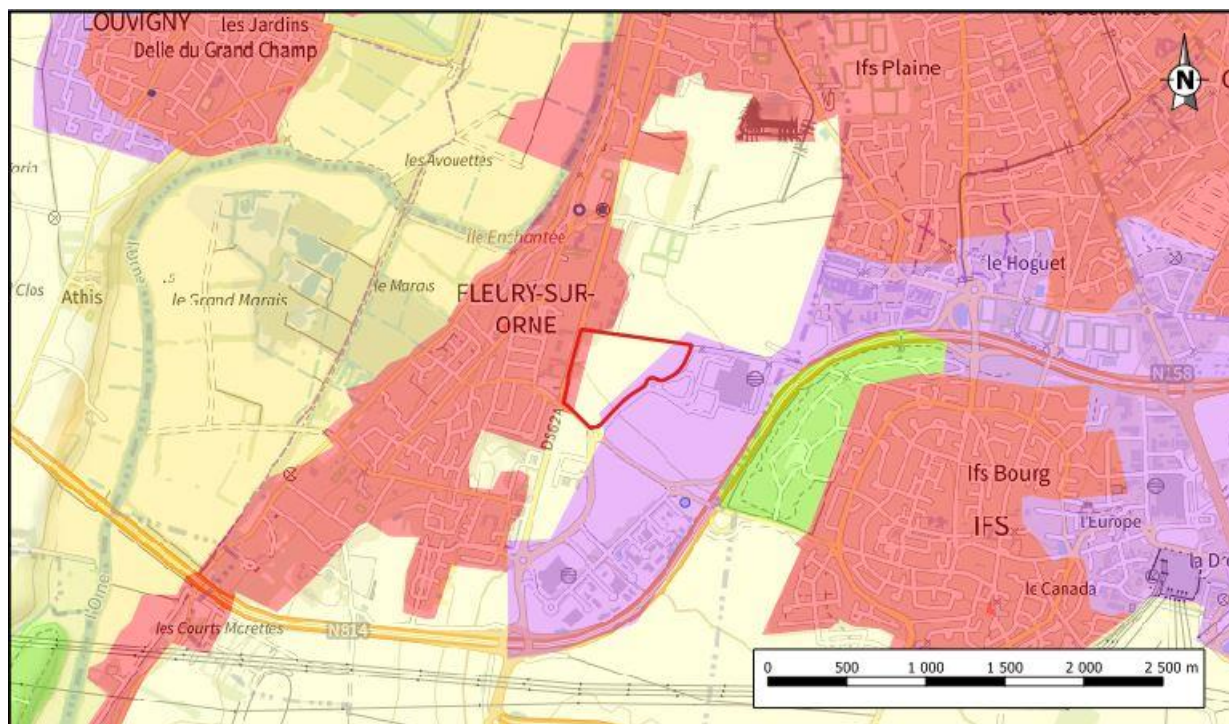
Globalement, le relief dans l'environnement direct du projet est assez marqué.

Le projet est situé proche du fond de la vallée sur des pentes qui augmentent, ainsi, le relief s'accroît du Nord-Ouest au Sud-Est du site.

2.3 Occupation des sols

La figure suivante illustre l'occupation des sols de la zone d'étude établie à partir de la base de données Corine Land Cover (CLC) datant de l'année 2018, fournie par l'IFEN (Institut Français de l'Environnement).

Figure 8 : Occupation des sols sur le domaine d'étude



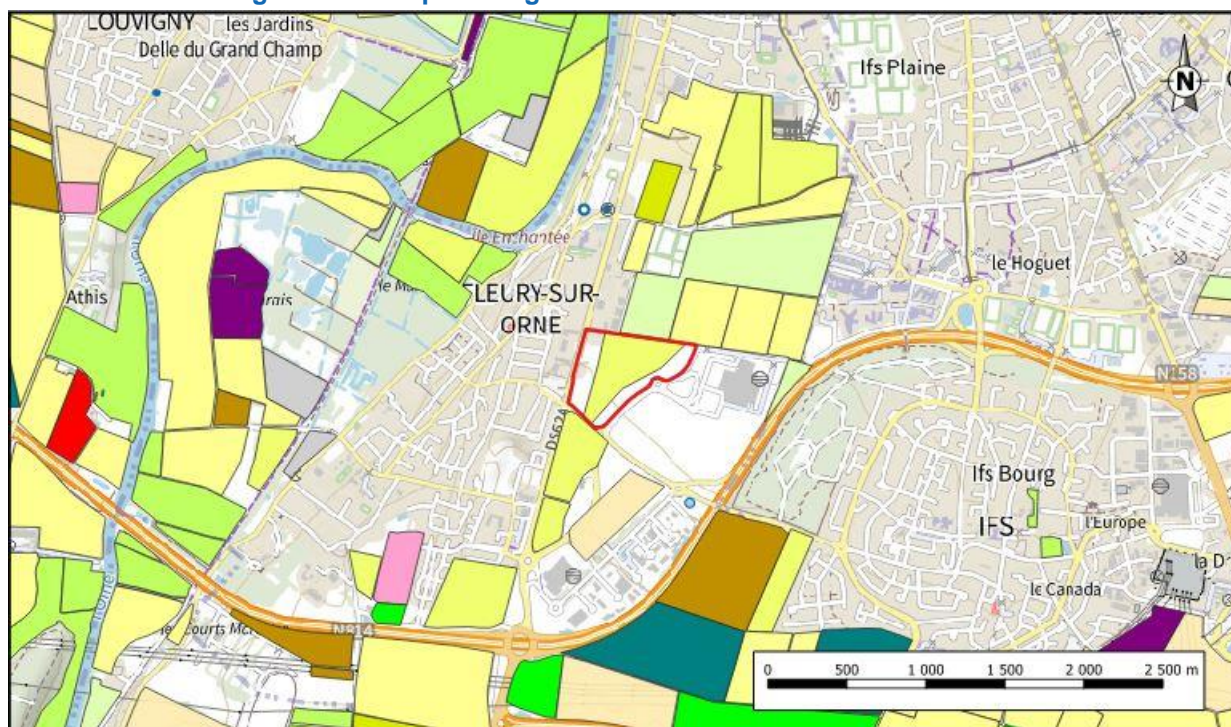
Légende	
	Périmètre du projet
CLC18_FR	
	112 - Tissu urbain discontinu
	121 - Zones industrielles ou commerciales et installations publiques
	211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
	231 - Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole
	242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
	243 - Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
	311 - Forêts de feuillus

Ainsi la zone d'étude est typique d'un environnement périurbain, à savoir un environnement mixte constitué d'un tissu urbain discontinu, de zones industrielles et de zones végétalisées (prairies, forêts, etc.).

On observe également la présence de quelques surfaces agricoles au nord, à l'ouest et au sud de la zone du projet.

La carte suivante présente les occupations agricoles des sols dans la zone que nous étudions :

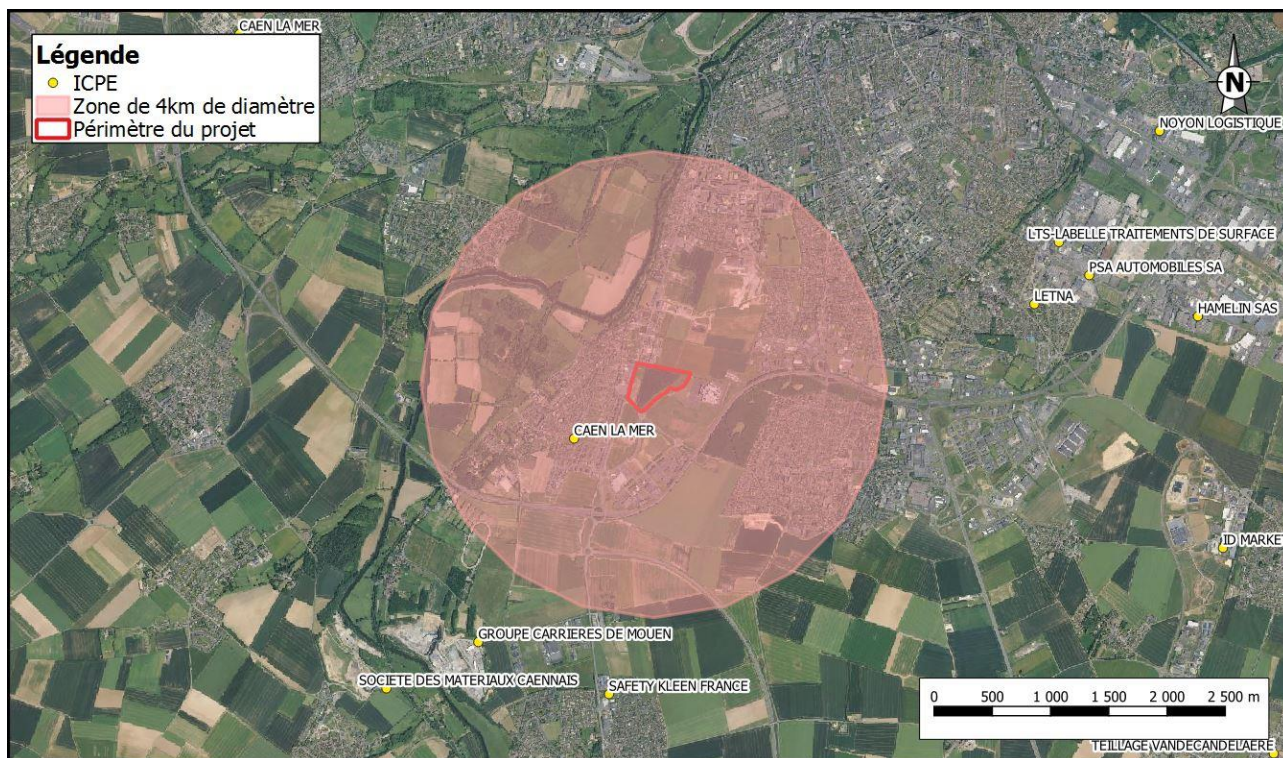
Figure 9 : Occupation agricole des sols sur le domaine d'étude



Légende		
 Périmètre du projet	 Autres Céréales	 Prairies Temporaires
RPG_2012_014	 Colza	 Vergers
 Blé Tendre	 Plantes à Fibres	 Autres Cultures
 Mais Grain et Ensilage	 Autres Gels	 Légumes-Flours
 Orge	 Prairies Permanentes	 Divers

La carte suivante présente les installations classées pour la protection de l'environnement à proximité du projet.

Figure 10 : Localisation des ICPE à proximité du projet



Ainsi nous notons la présence d'une installation classée pour la protection de l'environnement dans un rayon proche centré sur le site. Cette entreprise est la suivante :

Tableau 4 : Liste des ICPE à proximité du projet

Nom Etablissement	Commune	Activité
CAEN LA MER - Déchetterie	Fleury-sur-Orne	Stockage de déchets

2.4 Climatologie

Les données météorologiques utilisées au cours de cette étude sont celles issues de la station météorologique de Caen-Carpique, fournies par Météo France. Ces données correspondent aux statistiques de température et de pluviométrie sur la période 1981-2010 ainsi qu'à la rose des vents entre 1991 et 2010.

Le climat de la zone d'étude présente les caractéristiques habituelles d'un climat océanique tempéré avec des pluies assez abondantes, rarement intenses, réparties sur l'ensemble de l'année, et des températures jamais excessives, quelle que soit la saison.

2.4.1 Températures et précipitations

La température moyenne mensuelle est de 11,2°C sur l'année. Les minimas de températures moyennes sont observés au cours des premiers mois de l'année : 5,3°C en janvier et 5,5°C en février. Les températures estivales restent peu marquées, la température moyenne mensuelle avoisinant les 18°C aux mois de juillet et août. Concernant les extrêmes :

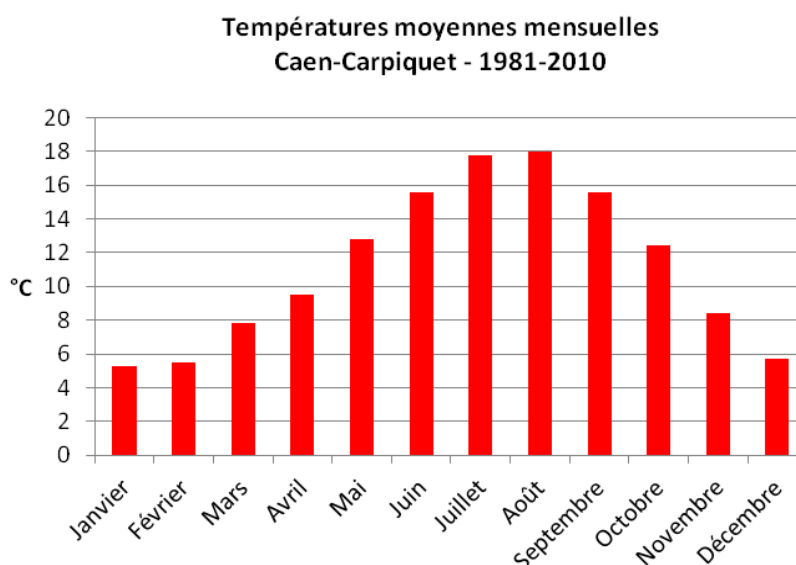
- La température maximale est supérieure ou égale à 25 °C pendant 22,6 jours et supérieure à 30 °C pendant 3,5 jours par an ;
- Une température minimale inférieure ou égale à 0°C est enregistrée pendant 32,1 jours par an.

Ces chiffres, qui soulignent les faibles amplitudes de température sur l'année, traduisent le climat océanique du secteur.

Tableau 5 : Températures moyennes à la station météorologique de Caen-Carpique (1981-2010)
(Source : Météo France)

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T _{mini} (°C)	2,6	2,4	4,2	5,3	8,5	11	13,1	13,2	11,1	8,7	5,3	3,0	7,4
T _{moy} (°C)	5,3	5,5	7,8	9,5	12,8	15,6	17,8	18	15,6	12,4	8,4	5,7	11,2
T _{max} (°C)	8,0	8,6	11,5	13,6	17,1	20,1	22,6	22,8	20,1	16,1	11,5	8,3	15,1
Gelées (j)	7,9	7,9	3,9	1,2	0,0	-	-	-	-	0,5	3,2	7,5	32,1

Figure 11 - Températures moyennes mensuelles à la station de Caen-Carpique (1981-2010)
(Source : Météo France)



2.4.2 Les précipitations

Le tableau suivant présente les hauteurs de précipitations mensuelles sur la période de 1981-2010.

Les hauteurs de précipitations enregistrées sur la période 1981-2010 (et records) à la station de Caen-Carpique sont assez régulières sur l'ensemble de l'année et connaissent cependant une augmentation les mois d'automne et d'hiver. La hauteur cumulée sur l'année est de 739,9 mm pour une moyenne mensuelle de 61,6 mm.

Tableau 6 – Hauteur de précipitations moyennes (en mm) à la station météorologique de Caen-Carpique (1981-2010)
(Source : Météo France)

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.	Année
Pluies moyennes (mm)	66,1	52,4	55,6	50,4	62,6	57,9	52,6	51,2	60,8	77,6	74,6	78,1	739,9

Le mois d'avril est le mois le moins pluvieux de l'année, avec une moyenne de 50,4 mm sur la période 1981-2010. Le mois le plus pluvieux, le mois de décembre, comptabilise une moyenne mensuelle de 78,1 mm. Enfin, il pleut à la station de Caen-Carpique plus d'un tiers des jours de l'année (125,7 jours avec une hauteur de précipitation supérieure à 1 mm).

2.4.3 Les vents

Les vents du secteur proviennent majoritairement d'un très large secteur Ouest. Caen est une ville ouverte aux vents et sujette à des tempêtes régulières. La rose des vents de la station de Caen-Carpique sur la période 1991-2010 est présentée sur la figure suivante.

Figure 12 - Rose des vents de la station de Caen-Carpique (Source : Météo France)

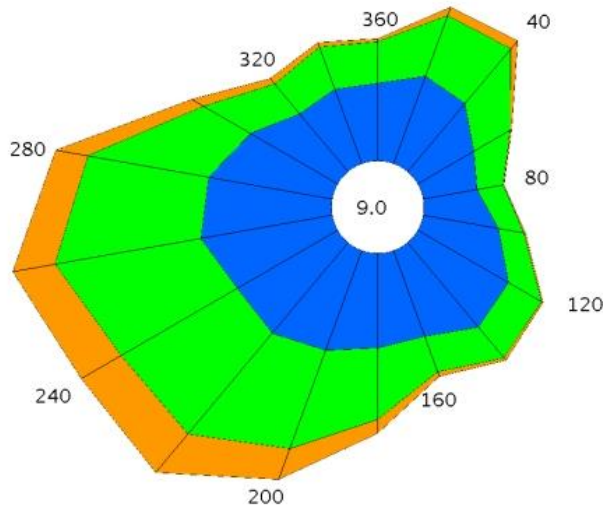
Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition

Nombre de cas étudiés : 58440

Manquants : 14



Dir.	[1.5;4.5 [[4.5;8.0 [> 8.0 m/s	Total
20	2.6	1.8	0.3	4.7
40	2.5	2.0	0.3	4.8
60	1.8	1.2	+	3.1
80	1.5	0.7	+	2.3
100	2.2	0.7	+	2.9
120	3.0	1.1	+	4.1
140	3.1	1.1	+	4.3
160	2.6	1.1	0.2	3.8
180	2.7	2.0	0.4	5.1
200	3.0	2.9	0.9	6.9
220	3.3	3.7	1.4	8.5
240	3.3	3.8	1.3	8.4
260	3.8	4.2	1.2	9.1
280	3.5	3.5	0.9	7.9
300	2.8	1.5	0.4	4.8
320	2.1	1.1	0.2	3.4
340	2.2	1.3	0.1	3.6
360	2.2	1.2	+	3.4
Total	48.2	34.9	7.9	91.0
[0;1.5 [9.0

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction



Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Sur la station de Caen-Carpique, 40,8 % des vents proviennent d'un large secteur Ouest (direction entre 200° et 280°). C'est également depuis cette direction que les vents sont les plus forts. En effet, 72 % des vents d'une vitesse supérieure à 8 m/s soufflent de cette direction. Près de 8 jours sur l'année connaissent des rafales de vents d'une vitesse supérieure ou égale à 8 m/s.

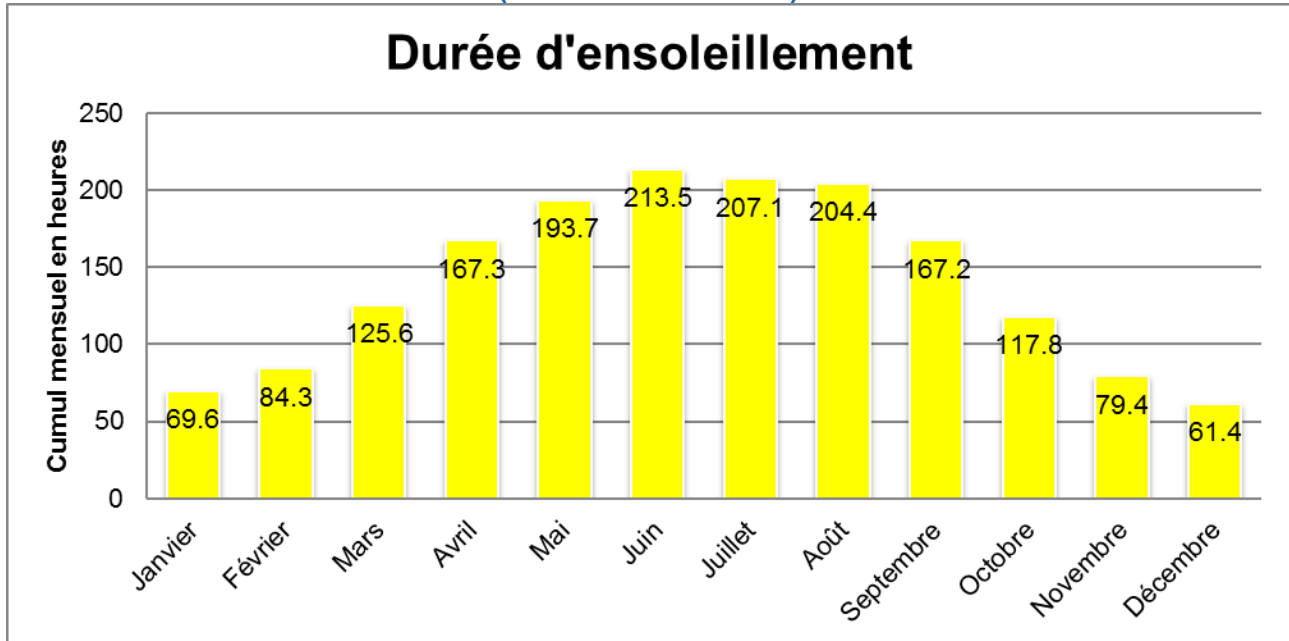
2.4.4 Ensoleillement

L'ensoleillement est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée. Elle est exprimée en mégajoules par mètre carré, MJ/m².

En météorologie la durée d'ensoleillement correspond au temps pendant lequel le soleil brille sur un lieu ainsi que sur une période donnée. Elle s'exprime souvent en heures/an ou encore en heures/mois voire en heures/jour.

Le graphique suivant présente la durée d'ensoleillement par mois (en cumul d'heures mensuel) mesurée à la station de Caen-Carpiquet entre 1991 et 2010.

Figure 13 - Durée d'ensoleillement en cumul d'heures mensuel mesurée à la station météo de Caen-Carpiquet (1991-2010)
(source : Météo France)



Sur la figure ci-dessus le mois de juin présente la durée d'ensoleillement la plus longue et celui de décembre la plus courte. Ces mois correspondent aux solstices d'hiver et d'été et contiennent les journées les plus longues (juin) et les plus courtes (décembre).

2.5 Population

2.5.1 Population générale

A partir des données INSEE (recensement de la population en 2019), nous décrivons les populations en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe. Cette description concerne les 3 communes entourant la ZAC Normandika et donc avoisinant le projet situé dans cette ZAC.

L'effectif de la population est de 18 452 habitants avec une densité de population de 946,74 hab/km².

Tableau 7 : Effectif de la population municipale (source : INSEE, 2019)

Commune	Population totale (INSEE, 2019)	Superficie (km ²)	Variation de la population (en %)	Densité de population (hab/km ²)
Fleury-sur-Orne	4 938	6,75	+1,9	731,56
ifs	11 696	9,06	+0,3	1290,95
Saint-André-sur-Orne	1 822	3,68	+0,1	495,11

Le tableau suivant présente les répartitions des effectifs de populations dans chaque commune par classe d'âge. Ce tableau montre que ces répartitions sont relativement homogènes quel que soit les communes considérées.

Tableau 8 : Répartition de la population par tranche d'âge (source : INSEE 2019)

Commune	0 - 14 ans	15 - 29 ans	30 - 44 ans	45 - 59 ans	60 - 74 ans	75 ans et plus
Fleury-sur-Orne	799	1 013	987	894	772	472
	16,2%	20,5%	20,0%	18,1%	15,6%	9,6%
ifs	2 265	2 293	2 229	2 167	1 765	977
	19,4%	19,6%	19,1%	18,5%	15,1%	8,4%
Saint-André-sur-Orne	339	308	352	437	243	142
	18,6%	16,9%	19,3%	24,0%	13,4%	7,8%

Le tableau suivant présente les effectifs de population par sexe et par commune. Ce tableau montre que la répartition entre les femmes et les hommes est homogène quel que soit la commune et centré autour de 50%.

Tableau 9 : Répartition de la population par sexe (source : INSEE 2019)

Commune	Homme	Femme
	2019	
Fleury-sur-Orne	2 302	2 636
	46,6%	53,4%
ifs	5 693	6 003
	48,7%	51,3%
Saint-André-sur-Orne	882	940
	48,4%	51,6%

Au niveau des occupations des logements (Tableau 10), les communes sont principalement occupées par des résidences principales (avec une variation entre 91,8 % et 96,2% selon les communes). Les logements secondaires et vacants n'occupent qu'une faible proportion des résidences.

Tableau 10 : Répartition du type de logement (source INSEE 2017)

Commune	Résidences principales (en %)	Résidences secondaires et logements occasionnels (en %)	Logements vacants (en %)
	2019		
Fleury-sur-Orne	91,8	0,9	7,4
lfs	95,5	1,2	3,4
Saint-André-sur-Orne	96,2	0,7	3,1

Le tableau suivant présente les évolutions des effectifs des populations totales depuis 1968 à l'échelle communale.

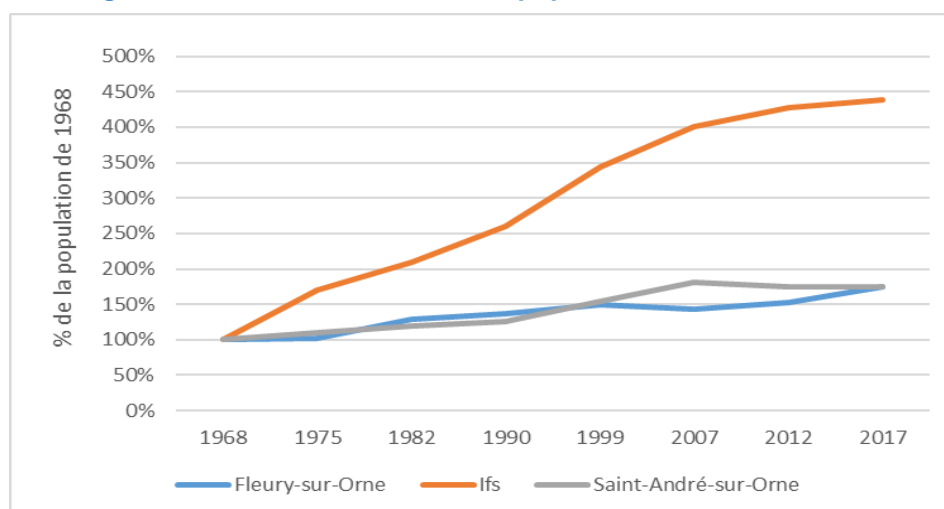
Tableau 11 : Evolution démographique de la population de 1968 à 2019 (source : INSEE 2019)

Commune	1968(*)	1975(*)	1982	1990	1999	2008	2013	2019
Fleury-sur-Orne	2 817	2 861	3 650	3 861	4 231	4 063	4 422	4 938
lfs	2 681	4 574	5 635	6 974	9 208	10 822	11 500	11 696
Saint-André-sur-Orne	1 044	1 156	1 242	1 310	1 606	1 947	1 807	1 822

Ce tableau et le graphique associé montre que la population sur la commune de lfs a connu une forte augmentation démographique entre 1968 et 2008 pour ensuite se stabiliser autour de 11 000 habitants entre 2008 et 2019.

Fleury-sur-Orne a connu une évolution démographique relativement linéaire entre 1968 et 2019 pour atteindre environ 5000 habitants aujourd'hui. La commune de Saint-André-sur-Orne a également connu une évolution bien que sa population ait augmenté de manière moins significative, passant de 1 000 à 1 800 en près de 50 ans.

Figure 14 : Evolution relative de la population entre 1968 et 2019

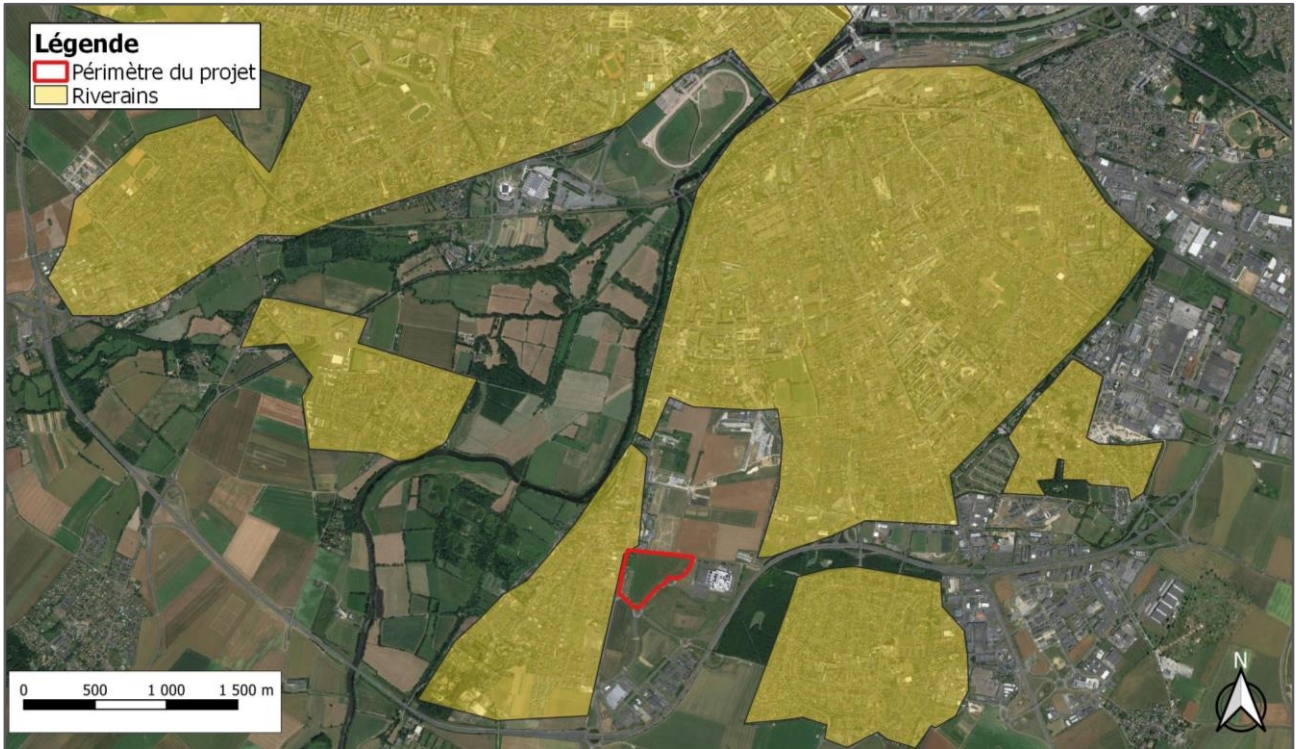


Ainsi, il apparaît que sur la zone d'étude, la population présente (18 452 habitants, et un taux de logements principaux de plus de 94 %), est de type **périurbaine** et légèrement **plus jeune que la moyenne française** (37 % des personnes recensées ont moins de 30 ans, contre 35,4 % dans la population française).

La population résidant dans la zone d'étude a été caractérisée à l'échelle communale. Le recensement à l'échelle communale majore les effectifs du domaine d'étude étant donné que la commune n'est incluse qu'en partie dans le domaine d'étude.

Les riverains les plus proches de la zone d'étude sont localisés sur la figure ci-après.

Figure 15 : Localisation des populations les plus proches



2.5.2 Populations sensibles

Il apparaît clairement que certaines populations sont plus vulnérables que d'autres en termes de santé. C'est pourquoi, dans le cadre du volet « Air et Santé », il est important de localiser les sites dits « sensibles » (écoles, crèches, équipements sportifs, maisons de retraite et établissements de santé) autour du site du projet.

L'inventaire cartographique des lieux sensibles a permis de mettre en évidence plusieurs sites sensibles aux alentours du site du projet. Ces sites sont localisés sur la Figure 16 : Localisation des populations sensibles

Figure 16 : Localisation des populations sensibles



On observe alors que de nombreux établissements de santé, établissements scolaires ou alors centres/espaces de loisir sont présent aux alentours proches du site du futur projet. Ces établissements seront donc susceptibles d'être impactés par le projet.

3. Qualification de l'état initial

Avant de décrire l'état initial de la qualité de l'air à partir des données bibliographiques et de mesures réalisées in situ, les notions générales sur les polluants atmosphériques sont présentées.

3.1 Notions générales sur les polluants atmosphériques

3.1.1 Présentation et sources d'émission

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle ou automobile), et parce que leurs effets nuisibles sur la santé et sur l'environnement sont avérés. Les principaux indicateurs de pollution atmosphérique sont les suivants :

- **Oxydes d'azote (NO_x)** : les oxydes d'azote sont formés lors de combustions, par oxydation de l'azote contenu dans le carburant. La proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote) varie selon le procédé de combustion, et est entre autres fonction de la température. Le NO est majoritairement émis, mais il s'oxyde et évolue en NO₂ dans l'air d'autant plus rapidement que la température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO₂ est essentiellement issu de combustion automobile, industrielle et thermique. Le secteur du transport (routier et non-routier) contribue pour environ 54% aux émissions de NO_x nationales en 2020.
- **Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)** : les composés organiques volatils (dont le benzène) sont émis lors des processus de combustion (transport, résidentiel/tertiaire, industrie, transformation d'énergie) et par évaporation notamment de carburants. En 2020, le secteur agricole est le plus émissif (43%), suivi par l'industrie manufacturière (22%), et le résidentiel (27%). Le transport contribue à hauteur de 6% des émissions totales de COVNM.
- **Particules en suspension (PM)** : on distingue les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) et les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5). En ce qui concerne les PM10, la répartition des émissions anthropiques en France est en 2020 est la suivante : 34% résidentiel/tertiaire, 25% industrie manufacturière, 27% agriculture/sylviculture, 13% transports. En ce qui concerne, les PM2.5, le résidentiel/tertiaire le contributeur le plus important (56%), suivi par l'industrie manufacturière (17%) et les transports (15%).
- **Monoxyde de carbone (CO)** : Le CO est exclusivement d'origine anthropique. Sa formation se déroule lors de combustions incomplètes de tout combustible fossile ou non (gaz, charbon, fioul ou bois) dans le trafic routier (gaz d'échappement) et le chauffage résidentiel (bois notamment). Le CO est également émis depuis certains secteurs industriels (métallurgie par exemple). En 2020, les émissions de CO en France sont réparties comme suit : 45% résidentiel/tertiaire, 30% industries, 17% transports.
- **Dioxyde de soufre (SO₂)** : les émissions de dioxyde de soufre peuvent être d'origine naturelle (océans et volcans), mais sont principalement d'origine anthropique en zone urbaine et industrielle. Le SO₂ est un sous-produit de combustion du soufre contenu dans des matières organiques. Les émissions de SO₂ sont donc directement liées aux teneurs en soufre des combustibles (gazole, fuel, charbon...). Le dioxyde de soufre est généralement associé à une pollution d'origine industrielle, en raison principalement des consommations en fioul lourd et charbon du secteur. Le secteur du transport routier ne contribue quasiment pas aux émissions de SO₂ nationales en 2020, les principaux secteurs étant l'industrie manufacturière (60%) et le secteur de l'énergie (20%).
- **Métaux lourds** : les émissions de métaux lourds peuvent provenir de différentes sources. En ce qui concerne le zinc et le cuivre, le transport routier est le principal émetteur. Pour les autres métaux (arsenic, cadmium, chrome, mercure, nickel, sélénium, plomb), ils proviennent majoritairement d'autres sources d'émission (industrie manufacturière, transformation d'énergie, résidentiel et tertiaire, ...).
- **Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)** : les HAP tels que le benzo(a)pyrène (HAP reconnu comme cancérigène) proviennent principalement de combustion incomplète ou de pyrolyse. Les transports contribuent peu (7%) aux émissions de HAP nationales en 2020, le principal émetteur étant le secteur résidentiel et tertiaire.

- **Ozone (O₃)** : l'ozone est considéré comme un polluant « secondaire » (non émis directement dans l'atmosphère), produit à partir de polluants dits « primaires » (oxydes d'azote, COV) dans des conditions d'ensoleillement particulières et par des mécanismes complexes. Les concentrations les plus élevées sont identifiées en périphérie des zones émettrices de polluants primaires, engendrant ainsi un transport de l'ozone sur de grandes distances.

3.1.2 La réglementation des polluants atmosphériques

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées. On distingue ainsi **5 niveaux de valeurs réglementaires** :

- **Objectif de Qualité (OQ)** : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur Cible (VC)** : niveau de concentration à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur Limite pour la protection de la santé (VL)** : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'Information et de recommandation (SI)** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population, et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- **Seuil d'Alerte de la population (SA)** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Tableau 12 : Réglementation du dioxyde d'azote (NO₂)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,8 : (à partir des valeurs moyennes horaires) 200 µg/m ³	2010
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	2010
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
1 heure	Seuil de recommandation et d'information : 200 µg/m ³ (moyenne horaire)	
1 heure	Seuil d'alerte : - 400 µg/m ³ (moyenne horaire pendant 3 heures consécutives) ; - 200 µg/m ³ si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.	

Tableau 13 : Réglementation du benzène (C₆H₆)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 2 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 5 µg/m ³	2010

Tableau 14 : Réglementation des particules en suspension PM10

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 30 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 90,4 : (à partir des valeurs moyennes journalières) 50 µg/m ³	2005
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	2005
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
24 heures	Seuil de recommandation et d'information : 50 µg/m ³ (moyenne 24 heures)	
24 heures	Seuil d'alerte : 80 µg/m ³ (moyenne 24 heures)	

Tableau 15 : Réglementation des particules en suspension PM2.5

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 10 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 20 µg/m ³	2010
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 25 µg/m ³	2015

Tableau 16 : Réglementation du dioxyde de soufre (SO₂)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 50 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,7 : (à partir des valeurs moyennes horaires) 350 µg/m ³	2005
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,2 : (à partir des valeurs moyennes journalières) 125 µg/m ³	2005
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
1 heure	Seuil de recommandation et d'information : 300 µg/m ³ (moyenne horaire)	
1 heure	Seuil d'alerte : 500 µg/m ³ (moyenne horaire pendant 3 heures consécutives)	

Tableau 17 : Réglementation du benzo(a)pyrène (BaP)

Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	1 ng/m ³	31/12/2012

Tableau 18. Réglementation des métaux lourds

Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Arsenic	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	6 ng/m ³	31/12/2012
Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Cadmium	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	5 ng/m ³	31/12/2012
Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Nickel	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	20 ng/m ³	31/12/2012

Composé	Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Plomb	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	250 ng/m ³	2002
	Période de référence	Valeur limite	Date d'application
	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	500 ng/m ³	2010

Tableau 19. Réglementation du monoxyde de carbone (CO)

Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures : 10 mg/m ³	2005

Tableau 20. Réglementation de l'ozone (O₃)

Période de référence	Valeur cible pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	120 µg/m ³ (en moyenne glissante sur 8 h, à ne pas dépasser plus de 25 j/an en moyenne calculée sur 3 ans)	-
Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	120 µg/m ³ (maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 h)	-
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
1 heure	Seuil de recommandation et d'information : 180 µg/m ³ (moyenne horaire)	
1 heure	Seuil d'alerte : 240 µg/m ³ (moyenne horaire) Trois seuils d'alerte avec mise en place de mesures d'urgence graduées : 240 µg/m ³ (moyenne horaire sur 3 h consécutives) 300 µg/m ³ (moyenne horaire sur 3 h consécutives) 360 µg/m ³ en moyenne horaire	

3.1.3 Effets des polluants étudiés sur la santé

3.1.3.1 Les oxydes d'azote

► Origine et dynamique du polluant

Parmi les oxydes d'azote, le monoxyde d'azote (NO) est produit à partir de l'oxygène et de l'azote de l'air en présence d'une source de chaleur importante (cheminée, moteur, chauffage, ...). Le monoxyde d'azote, assez instable, se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂) à l'aide des oxydants présents dans l'air (comme l'ozone). Ainsi, à proximité d'une source de pollution par les oxydes d'azote, la concentration en NO sera plus importante que celle en NO₂. A contrario, en s'éloignant de la source, la concentration en NO va diminuer au profit de celle en NO₂.

La principale source anthropique des oxydes d'azote est le trafic automobile (60%). Même si l'arrivée des pots catalytiques en 1993 a permis la diminution des émissions des véhicules, cette diminution est compensée par une forte augmentation du trafic. Les oxydes d'azotes sont également émis de façon naturelle par les volcans, les océans, la décomposition biologique et les éclairs.

► Effets sur la santé

Les oxydes d'azote pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, mais les passages cutanés sont également possibles. Le dioxyde d'azote, de par sa solubilité, peut être absorbé à tous les niveaux du tractus respiratoire.

Chez l'homme, l'absorption de dioxyde d'azote est de 81-90% pendant une respiration normale et de 90% pendant une respiration forcée.

Le dioxyde d'azote NO₂ présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire en raison de son caractère oxydant. En comparaison, le NO est 5 fois moins toxique.

À forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique et irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Les effets chroniques spécifiques de ce polluant sont difficiles à mettre en évidence du fait de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels il est corrélé.

Le NO₂ est suspecté d'entraîner une altération respiratoire et une hyperactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants, et d'augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. Cependant, on estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

3.1.3.2 Le monoxyde de carbone

► Origine et dynamique du polluant

Il provient de la combustion incomplète notamment dans les moteurs de voitures à essence, ainsi que des foyers de combustion lors de mauvais réglages. Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand le moteur tourne dans un espace clos (garage) ou quand il y a une concentration de véhicules qui roulent au ralenti dans des espaces couverts (tunnel, parking).

► Effets sur la santé

Le monoxyde de carbone est absorbé par les poumons et il diffuse à travers les membranes alvéolo-capillaires. Il peut traverser les barrières méningée et placentaire.

Entre 80% et 90% du monoxyde de carbone absorbé se fixe sur l'hémoglobine dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle pour l'oxygène. Le monoxyde de carbone forme rapidement de la carboxyhémoglobine (COHb), diminuant ainsi fortement les capacités de transport et de libération d'oxygène du sang ; la carboxyhémoglobine est un biomarqueur d'exposition au monoxyde de carbone.

L'oxyde de carbone est éliminé essentiellement par ventilation pulmonaire. Après arrêt de l'exposition, la concentration en carboxyhémoglobine diminue avec une demi-vie de 3 à 5 heures.

A doses importantes et répétées, il peut être à l'origine d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie, vomissements. En cas d'exposition prolongée et très élevée, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles.

3.1.3.3 Les composés organiques volatils (COV)

► Origine et dynamique de ces polluants

Ces polluants sont multiples (1,3-butadiène, acroléine, formaldéhyde, acétaldéhyde et benzène). Il s'agit d'hydrocarbures (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers, remplissage des réservoirs automobiles), de composés organiques (provenant des procédés industriels ou de la combustion incomplète des combustibles), de solvants (émis lors de l'application des peintures, des encres, le nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements), de composés organiques émis par l'agriculture et par le milieu naturel.

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, volcans) ou d'origine anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanation lors du remplissage des réservoirs), comme sous-produit du pétrole, il entre dans la composition des essences. La fabrication du benzène et ses diverses utilisations libèrent également du benzène à l'atmosphère.

► Effets sur la santé

La principale voie d'exposition au benzène est l'inhalation, puis dans une moindre mesure, l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption sont de 50% par inhalation (donnée sur l'homme), 97% du benzène ingéré est absorbé (donnée sur animaux), tandis que par contact cutané l'absorption est limitée (0,4 mg/cm²/h donnée sur l'homme) et reste secondaire par rapport à d'autres voies d'exposition.

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène).

Le benzène peut provoquer une gêne olfactive, des irritations et une diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est une substance classée cancérigène.

3.1.3.4 Les particules

► Origine et dynamique du polluant

Les particules en suspension ont de nombreuses origines tant naturelles qu'humaines (anthropiques). Les particules d'origine naturelle proviennent des érosions éoliennes, des feux de forêts, des éruptions volcaniques, ...

L'activité humaine, aussi, génère des particules en suspension par l'intermédiaire des combustions industrielles, des installations de chauffage et du transport automobile.

Ces particules ont une très grande variété de tailles, de formes et de compositions. Elles servent de support pour de nombreuses substances comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les métaux lourds ou le dioxyde de soufre. Les particules généralement mesurées ont un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM10) ou 2,5 µm (PM2.5).

► Effets sur la santé

La taille des particules, telle que définie ci-dessus de façon normative, détermine le niveau de pénétration des poussières dans les voies respiratoires et conditionne les effets car les particules de grande taille sont généralement précipitées sur la muqueuse de l'oropharynx et dégluties, alors que les particules de petite taille, les PM10, peuvent atteindre les voies respiratoires distales, où elles sont éliminées par phagocytose.

Ce sont les PM2.5 qui vont pénétrer le plus profondément dans l'arbre respiratoire et atteindre les alvéoles pulmonaires. Ces particules fines ont souvent une plus grande acidité que les particules de taille plus importante et la réaction inflammatoire qu'elles produisent, en augmentant la perméabilité épithéliale, facilite le passage des polluants dans le courant lymphatique ou sanguin.

Sur le long terme, le risque de bronchite chronique et de décès par maladie cardiorespiratoire et par cancer pulmonaire augmente. Pour les particules les plus fines (provenant notamment des véhicules diesel), il existe des présomptions d'effets cancérigènes du fait de la particule en elle-même mais également des composés qui y sont adsorbés (HAP, métaux lourds).

3.1.3.5 Le dioxyde de soufre

► Origine et dynamique du polluant

Le dioxyde de soufre (SO₂) est émis lors de la combustion des combustibles fossiles (charbon, fioul) au cours de laquelle le soufre présent dans ces combustibles est oxydé par l'oxygène de l'air. Les principales sources émettrices sont donc les centrales thermiques, les grosses installations de combustions industrielles et les installations de chauffage. Le secteur du transport, également responsable d'émissions de SO₂ (diesel), a vu sa part diminuer avec la suppression progressive du soufre dans les carburants.

Le SO₂ est également émis par des sources naturelles telles que les dégagements des volcans, la décomposition biologique et les feux de forêt.

L'ensemble des mesures techniques et réglementaires prises au cours des dernières années a permis d'observer une forte baisse des émissions de SO₂ depuis une vingtaine d'année. Cette baisse est également due à la diminution de la consommation des combustibles fossiles, et à l'utilisation croissante de combustibles à faible teneur en soufre et de l'énergie nucléaire.

► Effets sur la santé

Le dioxyde de soufre pénètre dans l'organisme par inhalation. Fortement soluble, il est rapidement hydraté, dissocié en sulfite et bisulfite et absorbé dans le tractus respiratoire supérieur (nez et pharynx).

La pénétration dans les voies respiratoires inférieures est limitée dans le cas d'une respiration calme par le nez et augmente en cas de respiration profonde par la bouche. 90% sont absorbés à forte concentration et 5% ou moins pour des concentrations inférieures à 1 ppm.

Le dioxyde de soufre absorbé passe dans le sang et est rapidement distribué dans tout l'organisme.

Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures.

Le mélange acido-particulaire peut, selon les concentrations des différents polluants, déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire), altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crise d'asthme).

3.1.3.6 L'arsenic

► Origine et dynamique du polluant

L'arsenic est assez répandu dans la nature, en particulier dans les roches qui renferment plus de 99 % de l'arsenic présent dans la croûte terrestre sous forme de minerais. Ses principaux minerais sont : le mispickel (FeAsS), le réalgar (As_2S_2), l'orpiment (As_2S_3), la loellingite (As_2Fe). D'autres sources naturelles d'émission d'arsenic dans l'atmosphère sont l'activité volcanique et les feux de forêts.

Les composés de l'arsenic les plus couramment utilisés dans l'industrie sont le pentoxyde de diarsenic (As_2O_5), l'arséniat de calcium, l'arsénite de cuivre, l'arsénite de sodium, le trichlorure d'arsenic et le trioxyde d'arsenic (As_2O_3) le plus important commercialement.

La majeure partie de l'arsenic anthropique atmosphérique provient des fumées émanant des industries de production d' As_2O_3 et de la combustion de produits fossiles (charbons, pétroles, huiles) qui contiennent un pourcentage important d'arsenic. En milieu réducteur et acide, on peut avoir dans les sols de l'arsine (gaz) dont la toxicité par inhalation est très élevée.

► Effets sur la santé

Chez l'homme, l'absorption de l'arsenic est estimée à 95 % par voie orale et à 30 à 34 % par inhalation. La voie cutanée est une voie mineure d'absorption.

L'arsenic est transformé dans le sang et distribué rapidement aux divers organes (pour les composés trivalents, foie et rein surtout ; pour les pentavalents, répartition plus générale). Les composés traversent les barrières hémato-méningée et placentaire. Les composés trivalents sont transformés en composés pentavalents et l'élimination se fait par le rein.

En toxicité chronique, les données fournies concernent l'arsenic inorganique (sans distinction entre les formes pentavalentes et trivalentes).

Les effets toxiques chroniques des dérivés inorganiques de l'arsenic sont des atteintes cutanées (hyperkératoses, hyper et hypo-pigmentation), des effets cardiovasculaires (troubles de la conduction, atteinte du système vasculaire périphérique), des atteintes du système nerveux (paresthésie des extrémités des pieds et des mains) et des effets hépatiques et hémorragiques (anémie et leucopénie).

L'arsenic inorganique est cancérigène pour l'homme.

3.1.3.7 Le nickel

► Origine et dynamique du polluant

Les principales sources anthropiques sont la combustion de charbon ou de fuel, l'incinération des déchets, l'épandage des boues d'épuration, l'extraction et la production de nickel, la fabrication de l'acier, le nickelage et les fonderies de plomb.

Le nickel est utilisé dans la production d'aciers inoxydables et d'aciers spéciaux. Il est également employé dans la production d'alliages non ferreux utilisés par exemple dans la fabrication de pièces de monnaie, d'outils, d'ustensiles de cuisine.

Les composés du nickel sont présents sous forme particulière dans l'atmosphère.

► Effets sur la santé

Les voies d'exposition au nickel dans la population générale sont l'inhalation d'air ou de fumée de tabac qui contient du nickel, l'ingestion de nourriture ou d'eau contaminée, ou un contact cutané avec des pièces ou d'autres métaux constitués de nickel.

Par inhalation, le taux d'absorption se situe entre 20 et 35%.

L'absorption par ingestion est faible du fait que la plus grande partie du nickel ingéré est éliminée par les fèces. Pour le sulfate de nickel, le taux d'absorption par ingestion varie de 0,7 à 27%.

Le nickel est connu depuis longtemps comme l'allergène le plus courant pour la peau. L'exposition professionnelle semble moins importante pour cette sensibilisation que le contact journalier avec des objets usuels (bijoux, pièces de monnaie...). 40 à 50% de personnes sensibilisées développent des dermatoses eczématiformes récidivantes. De nombreux cas d'asthme sont liés à une exposition à des composés solubles du nickel. En milieu professionnel, cet asthme peut être associé à une dermatose de contact, à une urticaire ou une rhinite.

L'inhalation de composés de nickel peut avoir des effets sur les voies respiratoires et le système immunitaire. Les composés solubles sont plus toxiques que les composés insolubles. De nombreux cas d'asthmes sont liés à une exposition à des composés solubles du nickel.

3.2 Données bibliographiques

Ce paragraphe a pour objectif de décrire la qualité de l'air de la zone d'étude à partir des données bibliographiques disponibles. Cette analyse s'appuiera principalement sur :

- Le bilan 2019² des émissions de l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Normandie (ATMO Normandie)
- Le bilan de la qualité de l'air 2021³ d'ATMO Normandie
- Les concentrations mesurées sur les stations du réseau de mesures d'ATMO Normandie.

3.2.1 Bilan des émissions dans la zone d'étude

A l'échelle du Calvados, le secteur du trafic routier est le plus important contributeur aux émissions d'oxydes d'azote. Le secteur résidentiel et tertiaire est le plus fort contributeur aux émissions de benzène, PM2,5 et de benzo(a)pyrène. Les deux secteurs ont des contributions équivalentes pour les particules PM10.

² Données les plus récentes

³ Données 2020 impactées par la crise sanitaire

Tableau 21 : Emissions sur le département du Calvados (2019) en %

Contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants en pourcentage en 2019
Pour le département Calvados



Le tableau suivant expose le bilan des émissions atmosphériques de l'année 2019 réalisé par ATMO Normandie pour l'EPCI CU Caen la mer sur laquelle se situe le projet.

Tableau 22. Emissions sur la zone d'étude

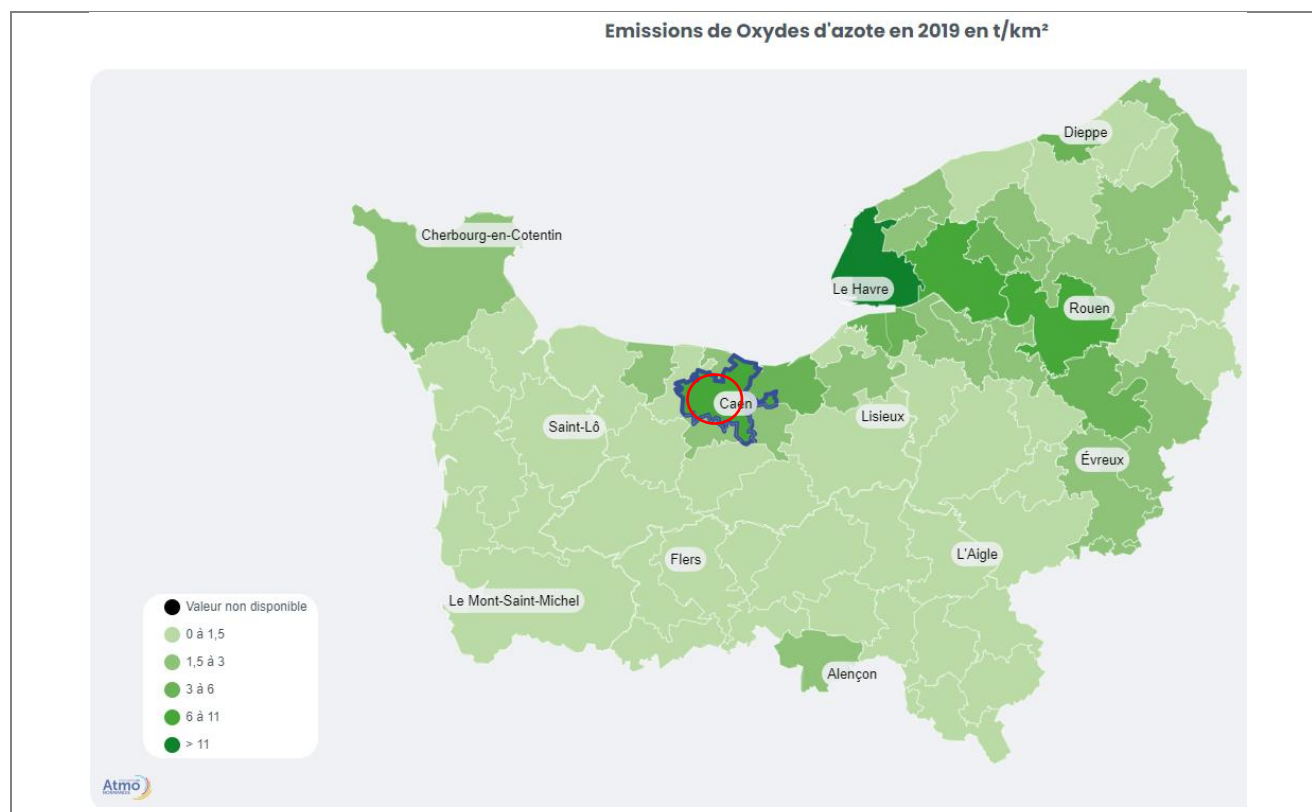
Polluant	NO _x	SO ₂	COVNM ⁴	PM10	PM2.5	GES ⁵ ktonnes/an
Emissions annuelles de l'EPCI CU Caen la mer (t/an)	2 602,54	90,82	2 839,20	607,12	357,83	1 072,76
Emissions annuelles du Calvados (t/an)	10 330,79	669,91	15 235,31	3 028,46	1 547,88	3 694,54
% d'émission de l'EPCI CU Caen la mer par rapport au Calvados	25,19	13,56	18,64	20,05	23,12	29,04

Les émissions sur la zone représentent entre 13,56 % et 29,04 % des émissions d'Ile de France.

Le secteur du transport routier est le principal émetteur de NO_x et le deuxième principal émetteur de PM10 et PM2.5 ; il représente respectivement 54 %, 22 % et 28 % des émissions de NO_x, PM10 et PM2.5. Le secteur résidentiel (chauffage résidentiel) est l'autre secteur principal d'émissions.

Les cartes suivantes représentent les émissions en 2019 ⁶ pour chaque composé dans la zone d'étude.

Tableau 23 : Emissions en Normandie (t/km²)



⁴ COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

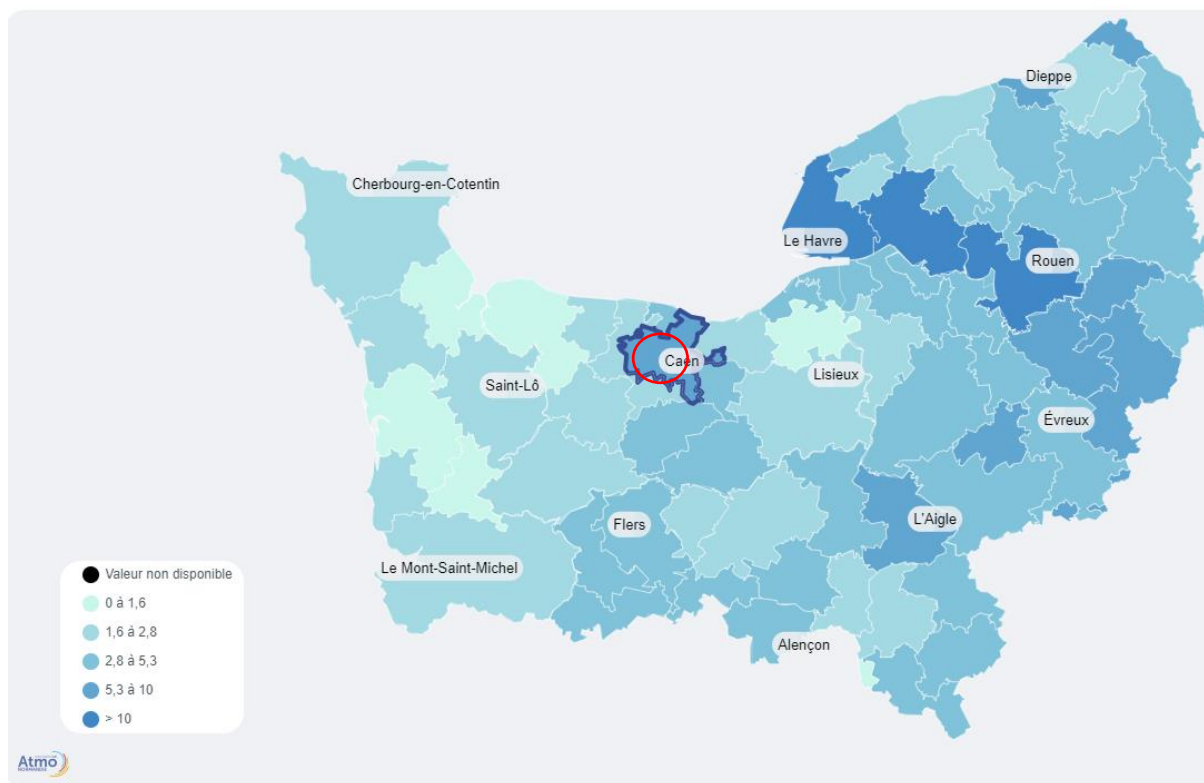
⁵ GES : Gaz à Effet de Serre

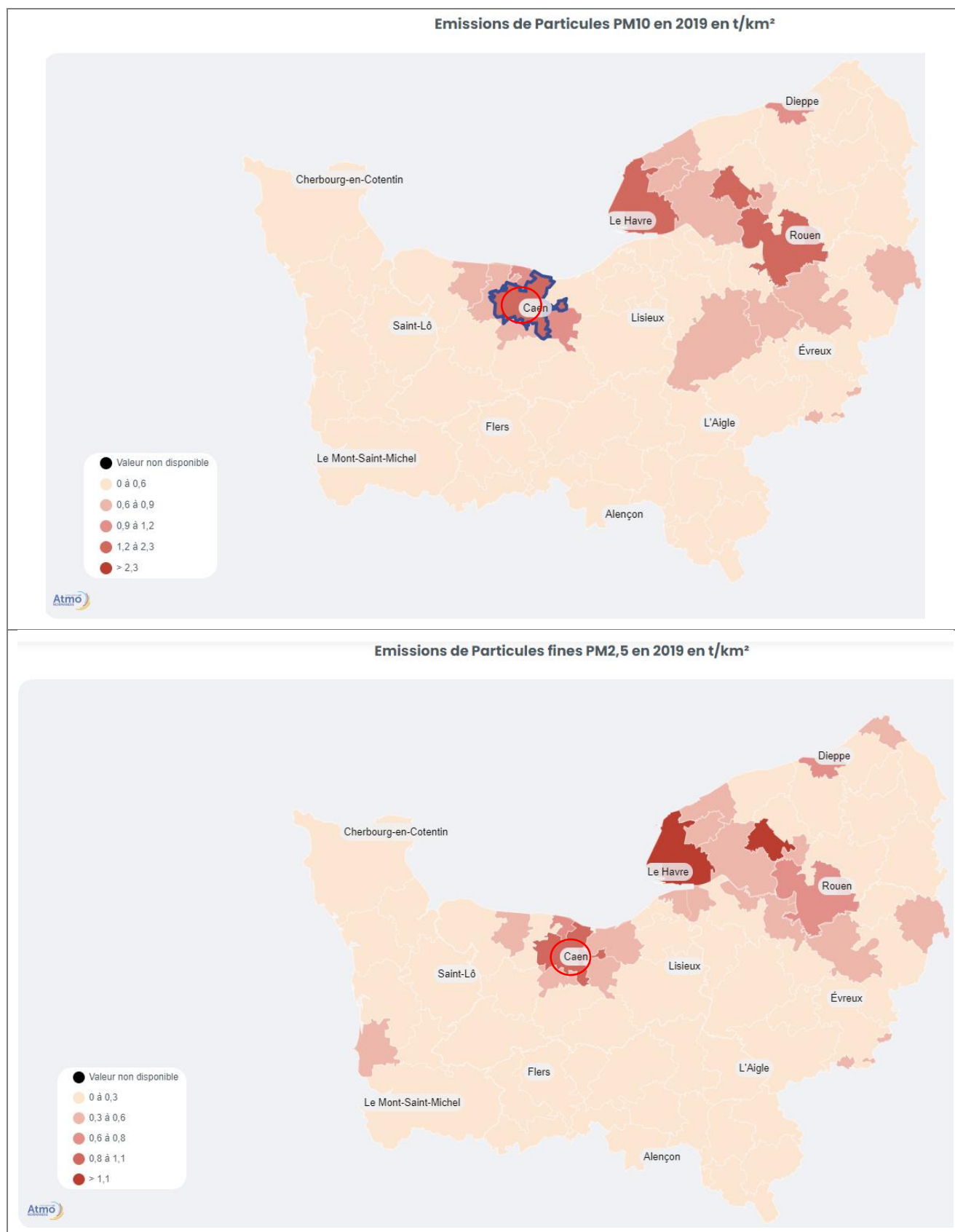
⁶ Dernières données disponibles

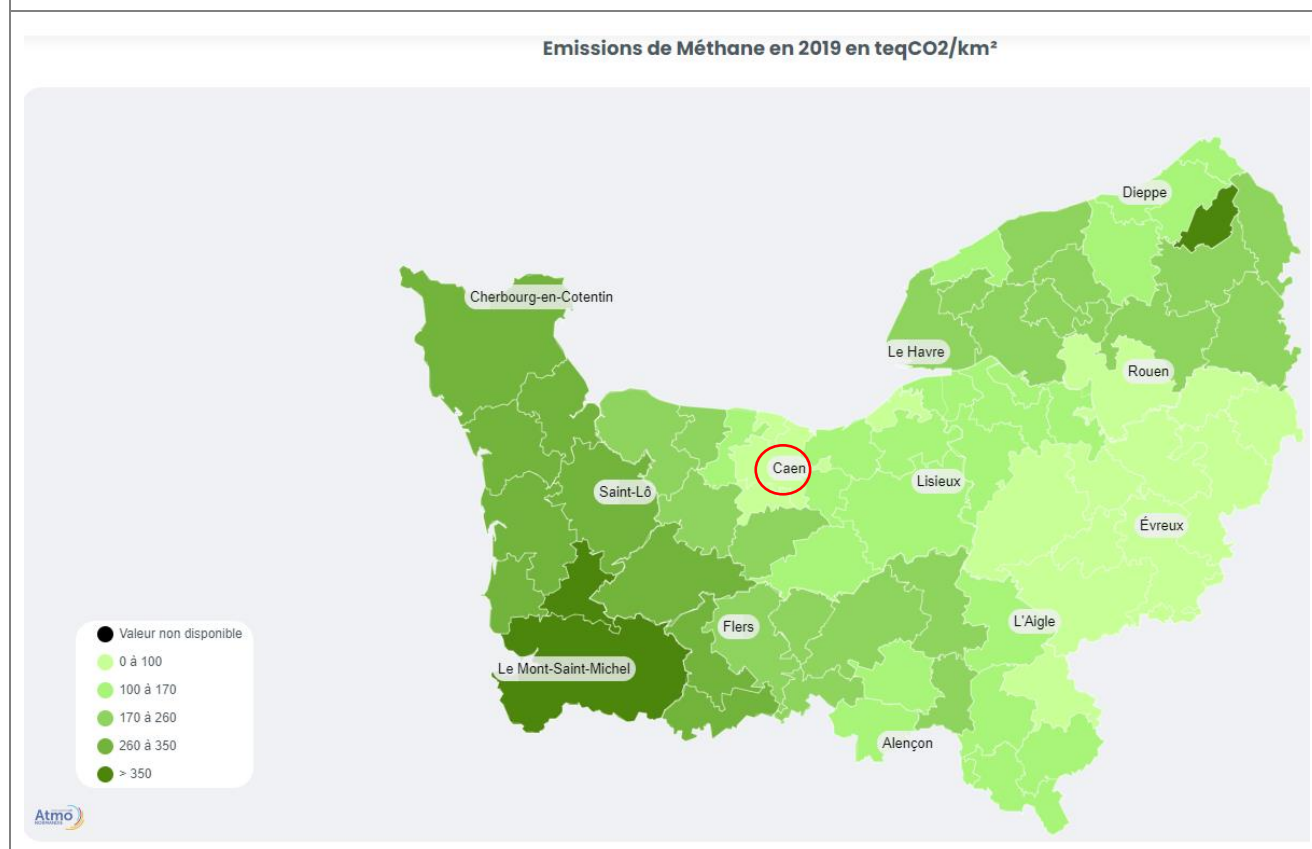
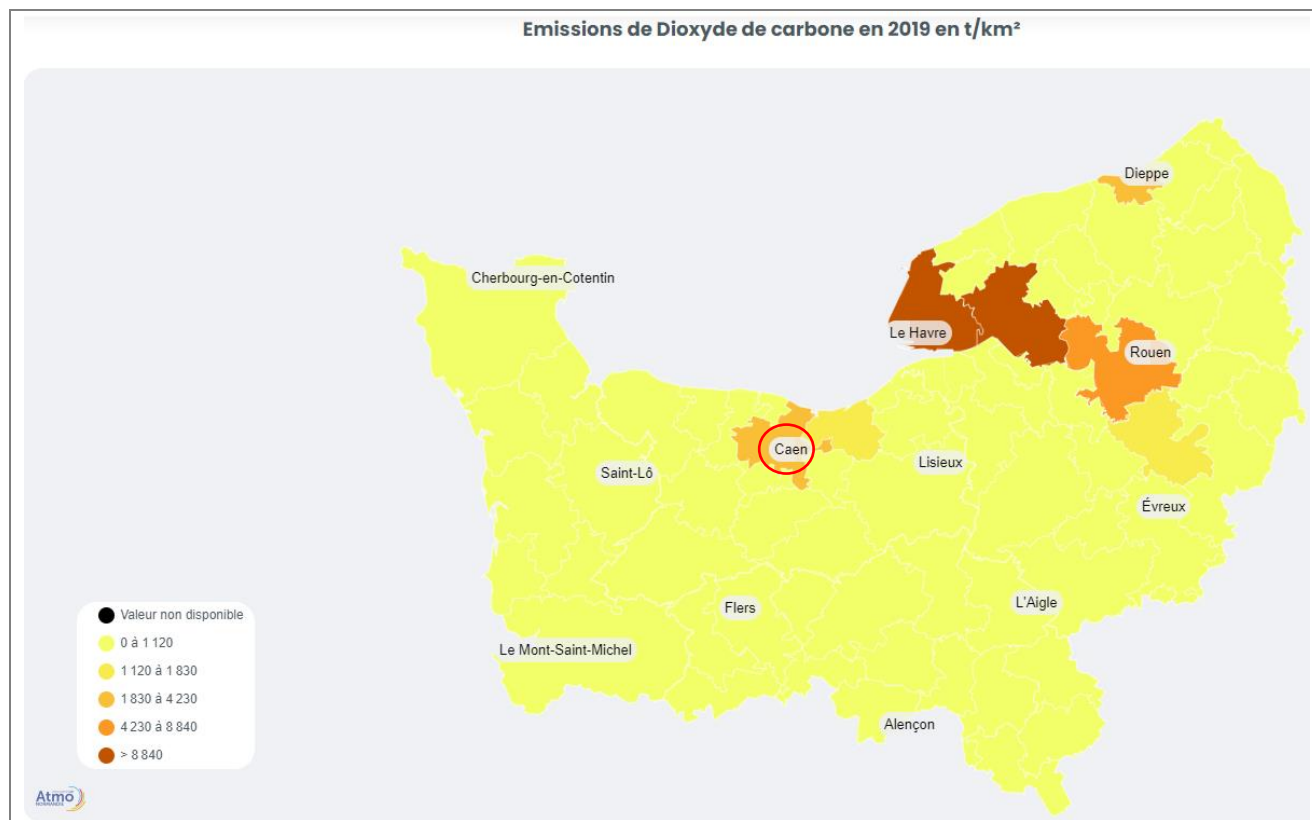
Emissions de Dioxyde de soufre en 2019 en t/km²



Emissions de Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques en 2019 en t/km²







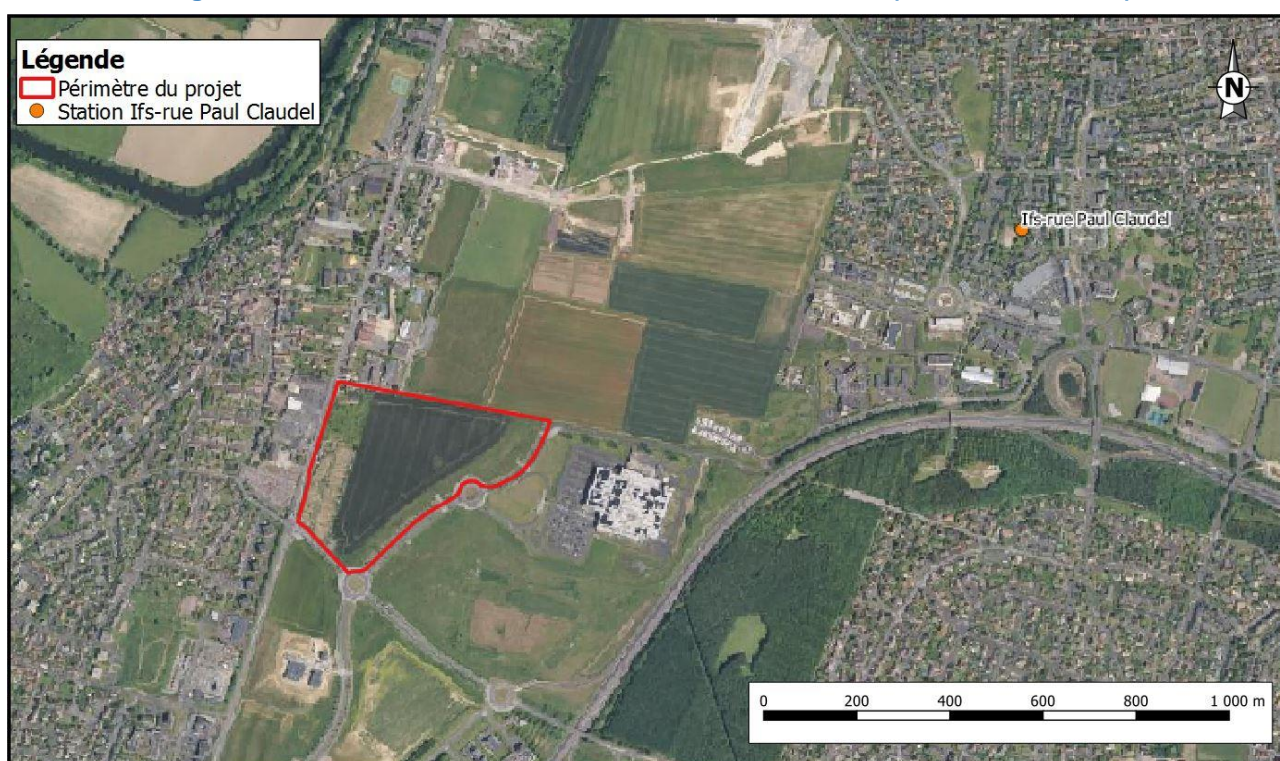
3.2.2 Bilan de la qualité de l'air de la zone d'étude

Le suivi de la qualité de l'air en Normandie est assuré par ATMO Normandie. Cette nouvelle association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) est structurée depuis le 8 février 2017 et issue de la fusion d'Air Normand et d'Air C.O.M qui couvraient la Haute et la Basse-Normandie. Les missions des AASQA sont de surveiller et d'informer le public sur la qualité de l'air qu'il respire.

ATMO Normandie compte une station de mesure de la qualité de l'air à proximité du site, à Ifs :

- La station « Ifs-rue Paul Claudel » située à 6 km à l'ouest du secteur d'étude. Cette station de typologie « urbaine » est équipée d'analyseurs d'oxydes d'azote (NO₂ et NO), d'ozone et de particules en suspension (PM₁₀). Ce type de station, localisée hors zone d'influence immédiate et directe d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle, représente l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération.

Figure 17 : Localisation de la station Ifs-rue Paul Claudel (ATMO Normandie)



3.2.2.1 Concentrations mesurées sur la station « Ifs-rue Paul Claudel »

Les tableaux ci-après présentent les polluants mesurés sur la station de mesure « Ifs-rue Paul Claudel » ainsi que les concentrations moyennes annuelles sur l'année 2021.

Tableau 24 : Concentrations moyennes annuelles mesurées en 2021 sur la station « Ifs – rue Paul Claudel »

Station	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	PM2,5 (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)
Ifs-rue Paul Claudel	10	16	ND	49	ND
Valeur de référence	40 (OQ et VL)	30 (OQ) 40 (VL)	10 (OQ) 25 (VL)	120 (OQ)	2 (OQ) 5 (VL)

Source : bilan 2021 ATMO Normandie

ND : Donnée non disponible

Tableau 25 : Nombre de dépassements des valeurs limites horaires ou journalières en 2021

Station	NO ₂ (jour)	O ₃ (jour)	PM10 (jour)	PM2,5 (jour)
Ifs-rue Paul Claudel	0	5	0	ND
Valeur de référence	200 (VL horaire) 18 dépassements autorisés	120 (OQ) max journalier 25 dépassements autorisés.	50 (VL journalière) 35 dépassements autorisés	25 (VL journalière) 35 Dépassements autorisés (OMS)

ND : Donnée non disponible

Source : bilan 2021 ATMO Normandie

► Le dioxyde d'azote (NO₂)

En 2021, la station de mesure présente une concentration moyenne annuelle (10 µg/m³) largement inférieure à la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

L'objectif de qualité fixé également à 40 µg/m³ en moyenne annuelle est respecté pour ce polluant.

En ce qui concerne les concentrations horaires, aucun dépassement de la valeur limite n'a été constaté en 2021.

► Les particules (PM10 et PM2,5)

Pour les particules PM10, la station de mesure présente une concentration moyenne annuelle (16 µg/m³) inférieure à la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

La valeur limite journalière autorise 35 jours de dépassement par an de la valeur de 50 µg/m³. Sur notre station, 0 dépassement ont été observés sur l'année 2021. Les niveaux observés respectent donc la réglementation applicable sur les concentrations journalières. L'objectif de qualité fixé à 30 µg/m³ en moyenne annuelle est également respecté.

A noter que la station Ifs-rue Paul Claude ne mesure pas les particules PM2,5.

► L'ozone (O₃)

Pour l'ozone, la station « Ifs-rue Paul Claudel » présente une concentration moyenne annuelle mesurée en 2021 (49 µg/m³) inférieure à l'objectif de qualité fixé à 120 µg/m³. On note toutefois 5 dépassements de l'objectif qualité en 2021.

► Le benzène

La station « Ifs-rue Paul Claudel » ne mesure pas le benzène.

Ainsi en 2021, l'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées pour le NO₂ et les PM₁₀ sur la station de mesure.

► L'indice ATMO

L'indice ATMO, diffusé quotidiennement au grand public, est un indicateur permettant de caractériser chaque jour la qualité de l'air.

Depuis le 1^{er} Janvier 2021, l'indice ATMO Français s'est harmonisé avec les seuils de l'indice de l'Agence Européenne pour l'Environnement, et qualifie l'air selon 6 classes.

Figure 18 : Classes de l'indice ATMO



Source : ATMO-France

Cinq polluants entrent en compte dans le calcul de cet indice : NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5} et PM₁₀.

Pour chaque polluant, un sous-indice est calculé. Chaque sous-indice est déterminé chaque jour à partir d'une moyenne des niveaux du polluant considéré sur l'ensemble des stations retenues.

Pour les particules, c'est la concentration moyenne journalière sur chaque site qui est considérée, tandis que pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone, c'est la concentration maximale horaire du jour qui est prise en compte. C'est le sous-indice maximal qui est choisi comme indice ATMO final caractérisant la qualité de l'air globale de la journée considérée.

Le tableau suivant représente les indices ATMO d'ATMO Normandie en 2021 :

Tableau 26 - Indices ATMO à Caen en 2021 (Source : Atmo Normandie)

Indice ATMO	Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Jours	4	297	49	15	0	0
%	1,1%	81,4%	13,4%	4,1%	0%	0%

Source : Bilan 2021 ATMO Normandie

En 2021, Caen a bénéficié d'un indice ATMO :

- Bon à moyen (indice ATMO compris entre 1 et 4) pendant 82,5 % de l'année ;
- Dégradé à mauvais (indice ATMO compris entre 5 et 7) pendant 17,5% de l'année ;
- Très mauvais à extrêmement mauvais (indice ATMO compris entre 8 et 10) pendant 0 % de l'année.

Les polluants majoritairement responsables d'un indice ATMO élevé sont les PM10 (période hivernale).

3.2.3 Les documents de planification

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. Ces outils fixent des orientations et/ou des mesures devant être respectées. Les documents ayant un impact direct sur la qualité de l'air au droit de la zone d'étude sont listés ci-dessous :

- Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE) ;
- Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) ;
- Le Plan régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) à l'échelle régionale ;
- Le Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA) à l'échelle régionale ;
- Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) du Calvados.

Pour rappel, dans un arrêt rendu jeudi 24 octobre 2019, la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) a condamné la France pour manquement aux obligations issues de la directive qualité de l'air de 2008.

La Cour rappelle qu'en théorie, lorsque le délai maximal de dépassement des valeurs limites pour le dioxyde d'azote est dépassé, l'État doit mettre en œuvre un plan visant à améliorer la qualité de l'air, de façon à écourter le plus possible la fameuse période de dépassement. Et c'est sur ce point précis que la France est pointée du doigt, la Cour ayant constaté un dépassement des valeurs limites durant sept années consécutives, depuis le 11 juin 2010.

3.2.3.1 Les principales politiques régionales

► Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE)

Pour agir sur la qualité de l'environnement et préserver la santé des normands, le troisième Plan Régional Santé Environnement (PRSE 3), élaboré en 2017, a ciblé des priorités visant à réduire les impacts des facteurs environnementaux sur la santé mais aussi à promouvoir des dynamiques pour un environnement favorable à la santé.

Déclinaison du Plan national santé environnement 3 :

Le plan n'a pas vocation à se substituer aux différents plans sectoriels existants (Plan de protection de l'atmosphère, Plan régional santé, Plan Ecophyto, Plan régional santé travail, Plan alimentation...). Il s'agit davantage de renforcer la cohérence et la lisibilité des actions.

Ainsi, faisant suite à un état des lieux régional partagé et, après une large concertation, les contributions ont permis de cibler cinq priorités :

- Agir localement pour un environnement favorable à la santé de tous ;
- Améliorer la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et littorales ;
- Agir pour des bâtiments et un habitat sain ;
- Réduire l'exposition à la pollution de l'environnement extérieur et aux espèces nuisibles à la santé ;
- Mieux observer, informer et former.

Caractéristique marquante du PRSE3, l'action locale est un élément central et déterminant de ce plan.

Figure 19 : Synoptique du PRSE3



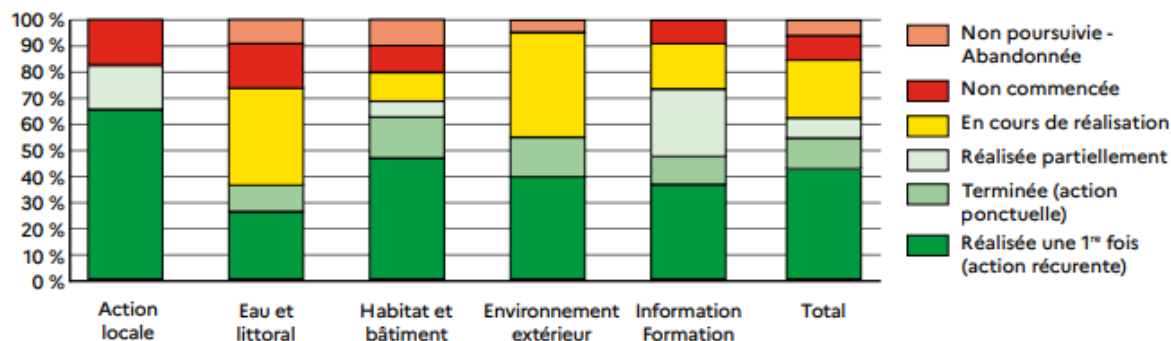
Des actions pour améliorer l'observation, renforcer la formation et faciliter l'information pour un environnement sain, complètent ce plan de façon transversale.

Aussi, défini pour la période 2017 – 2021, le PRSE3 s'articule autour de 5 priorités (voir ci-dessus) et de 16 objectifs déclinés dans un programme de 67 actions. Ce programme a été mis en œuvre dès la validation du projet début 2018.

Globalement comme on peut le voir dans la figure tirée du bilan ci-dessous, on peut retenir que l'ensemble des priorités sont engagées.

- Plus de 8 actions sur 10 (85%) sont réalisées en totalité, partiellement ou bien en cours de réalisation.
- Plus de la moitié (54%) des actions sont réalisées. Parmi celles-ci, près de 8 actions sur 10 sont des actions récurrentes soit parce qu'elles sont structurantes (réseau, coordination d'acteurs, temps de rencontre annuel...) ou bien pluriannuelles (actions de sensibilisation des professionnels, d'éducation auprès des jeunes). Elles ont fait l'objet d'une première réalisation depuis le démarrage du plan et sont renouvelées.

- Un tiers des actions sont partiellement réalisées ou en cours de réalisation. Ces actions doivent faire l'objet d'attention et de mobilisation renforcée afin d'aboutir.
- Seules 6 actions non pas débutées et il convient d'en identifier les raisons. Par ailleurs, 4 actions n'ont pas été poursuivies ou sont abandonnées.

Figure 20 : Etat d'avancement des actions du PRSE 3 selon les axes prioritaires


► Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE)

Le SRCAE de Basse-Normandie, construit conformément aux dispositions du décret n°2011-678 du 11 juin 2011, a été approuvé le 30 décembre 2013 par le préfet de région. Ce dernier est constitué de quatre parties :

- L'état des lieux en matière d'énergie, d'air et de climat ;
- La scénarisation afin d'illustrer les trajectoires des consommations d'énergie, des émissions de GES et du développement des énergies renouvelables (ENR) par secteur selon différentes hypothèses de politiques et mesures régionales ;
- Les 40 orientations pour atteindre les objectifs cibles régionaux ;
- Les annexes.

Le tableau suivant présente les objectifs régionaux aux horizons 2020 et 2030.

Tableau 27 - Scénario cible de la Basse-Normandie (Source : SRCAE de la Basse-Normandie)

	1990	2009	Cible 2020	Cible 2030
Consommation d'énergie (GWh)	nd	40 422	37 741	35 047
Obj 1 : Gain en efficacité énergétique	nd	-	19,7%	35%
Emission de GES (MtéqCO₂)	17,4	16,2	13,1	9,5
Obj 2 : réduction des émissions par rapport à 1990	-	-6%	-25%	-45%
Production ENR (GWh)	Nd	4 252	11 784	23 029
Obj 3 : part des ENR dans la consommation	nd	11%	31%	66%

Les 40 orientations stratégiques de la région Basse-Normandie sont réparties sur neuf secteurs :

- Bâtiment (4 orientations),
- Transports (5 orientations),
- Urbanisme (5 orientations),
- Industrie (5 orientations),
- Agriculture (6 orientations),
- Production d'énergie renouvelable (6 orientations),
- Qualité de l'air (4 orientations),
- Adaptation au changement climatique (4 orientations),
- Lutte contre la précarité énergétique (1 orientation).

► Le Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA)

La région Basse-Normandie s'est dotée d'un PRQA adopté le 28 mai 2010. Ce dernier est un outil d'information et de concertation visant à améliorer la qualité de l'air dans la région. Il consiste en un inventaire des connaissances et méconnaissances dans tous les domaines touchant de près ou de loin à la qualité de l'air.

Le respect ou non des objectifs nationaux de qualité de l'air sont examinés et des préconisations s'ensuivent afin de prévenir ou de réduire la pollution de l'air et ses effets. Trois orientations structurantes ont été définies pour 2010-2015 :

- Observer, rechercher et alerter
- Anticiper, intégrer et piloter
- Communiquer, sensibiliser et former

Dans un second temps, des orientations spécifiques ont été définies concernant :

- Le territoire et cadre de vie : intégrer la problématique de qualité de l'air et gaz à effet de serre dans l'aménagement du territoire et la gestion du cadre de vie
- Activités économiques : à travers les secteurs de l'agriculture, de l'industrie, du transport de marchandises, des services, favoriser des activités économiques plus respectueuses de la qualité de l'air
- Habitat : préserver la qualité de l'air « chez soi » et « autour de chez soi ».
- Modes de déplacements : proposer et utiliser les modes de transports de personnes plus respectueux de la qualité de l'air, du climat et de la santé.
- Radioactivité dans l'air ambiant : mieux informer sur la radioactivité dans l'air ambiant.

Le nouveau plan de surveillance est en cours d'élaboration. Dans le cadre du projet Presqu'île, la Société Publique Locale d'Aménagement de la Presqu'île de Caen est associée à ce nouveau plan.

► Le Plan de surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA)

Un PSQA, adopté le 15 Novembre 2010, a été mis en place par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air de la Basse-Normandie. L'objectif principal du PSQA est de vérifier l'adéquation du dispositif de surveillance et d'information de la qualité de l'air de Basse-Normandie avec la réglementation et de définir le plan d'action sur 5 ans pour maintenir et/ou atteindre la conformité réglementaire. Le PSQA recense aussi les activités de surveillance et d'information « non réglementaires ». La stratégie 2010-2015 du PSQA de Basse-Normandie repose sur cinq orientations :

- Assurer la conformité réglementaire de surveillance
- Améliorer les connaissances sur les pollutions atmosphériques en Basse-Normandie

- Cartographier la pollution atmosphérique
- Évaluer l'exposition des populations à la pollution atmosphérique
- Mettre en œuvre le plan de communication de l'association

► PCAET

En 2018, Caen Normandie Métropole a débuté l'élaboration de **deux Plans Climat Air Energie Territorial (PCAET)** :

- Un à l'échelle du Schéma de Cohérence Territorial (SCoT Caen-Métropole), afin de donner plus d'ampleur à la stratégie environnementale pensée par les élus (l'élaboration du Plan ayant été transférée au Pôle par les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) couverts par le SCoT).
- Un second à l'échelle de la Communauté de Communes (CdC) du Pays de Falaise, membre du Pôle "Socle", dans le cadre d'une action métropolitaine.

Figure 21 : Les chiffres clés Air Energie Climat du pôle Métropolitain

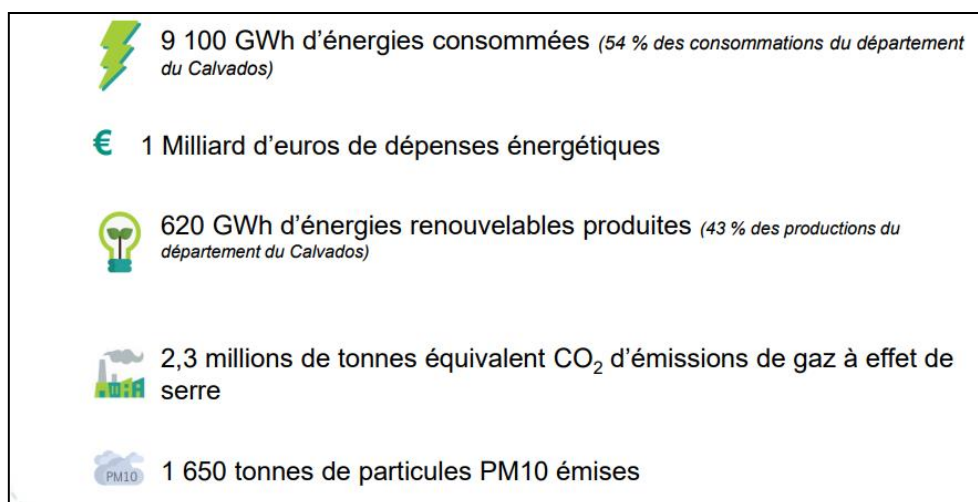
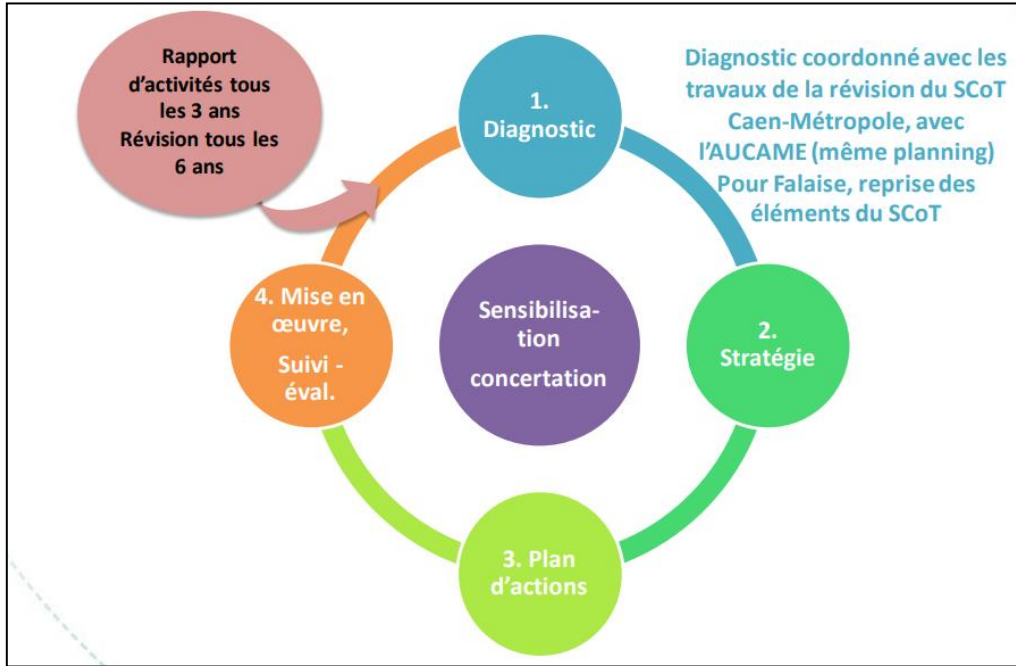
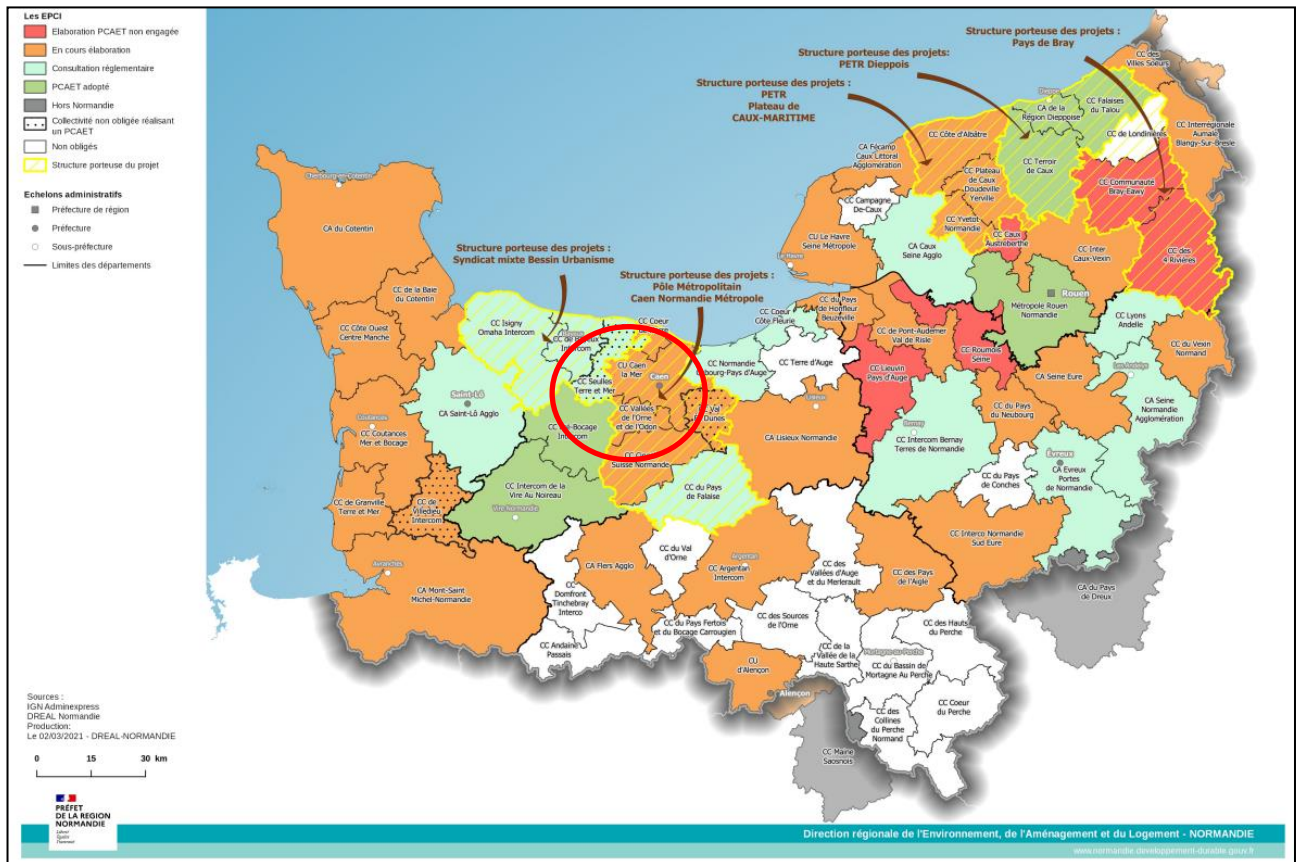


Figure 22 : Les étapes d'élaboration des PCAET



La figure suivante présent l'état d'avance des PCAET dans notre zone d'étude.

Figure 23 : Etat d'avancement des PCAET



3.2.3.2 Les plans locaux

► Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

En Basse-Normandie, aucun PPA n'a été jugé nécessaire compte tenu des teneurs des polluants réglementés.

3.2.3.3 Synthèse

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. L'étude des différents documents de planification a permis de faire ressortir des actions à tous niveaux, en lien direct ou indirect avec les émissions de polluants atmosphériques. Ces actions s'appuient sur plusieurs thèmes :

- **La planification urbaine** : les actions mises en place ou envisagées visent à réduire l'usage de la voiture et favoriser le recours à des modes de transports collectifs ou doux, ainsi qu'améliorer la qualité des services proposés en termes d'aménagements urbains ;
- **L'habitat et l'efficacité énergétique du bâti** : plusieurs mesures visent à la promotion d'économies d'énergie en agissant sur la construction ou sur la réhabilitation de bâti existant en influençant les caractéristiques de construction, de mode de chauffage et d'alimentation en énergie. Par extension, ce thème englobe les mesures visant à réduire les émissions de polluants atmosphériques lors de la phase de construction et les émissions associées aux comportements individuels ;
- **Le secteur de l'industrie** : les mesures visent à accroître le contrôle, le suivi et l'accompagnement des industries émettrices, ainsi qu'à promouvoir des bonnes pratiques dans le secteur industriel ;
- **Le secteur de l'agriculture** : les mesures ont pour ambition de réduire les émissions liées à ce secteur d'activité, en accentuant la maîtrise des épandages, des différentes pratiques du milieu et le contrôle des matériels utilisés ;
- **Le secteur des transports** : ces mesures visent à diminuer la part de la voiture individuelle, améliorer l'offre de services de transports en commun, et promouvoir les modes de déplacement actifs (marche, vélo).

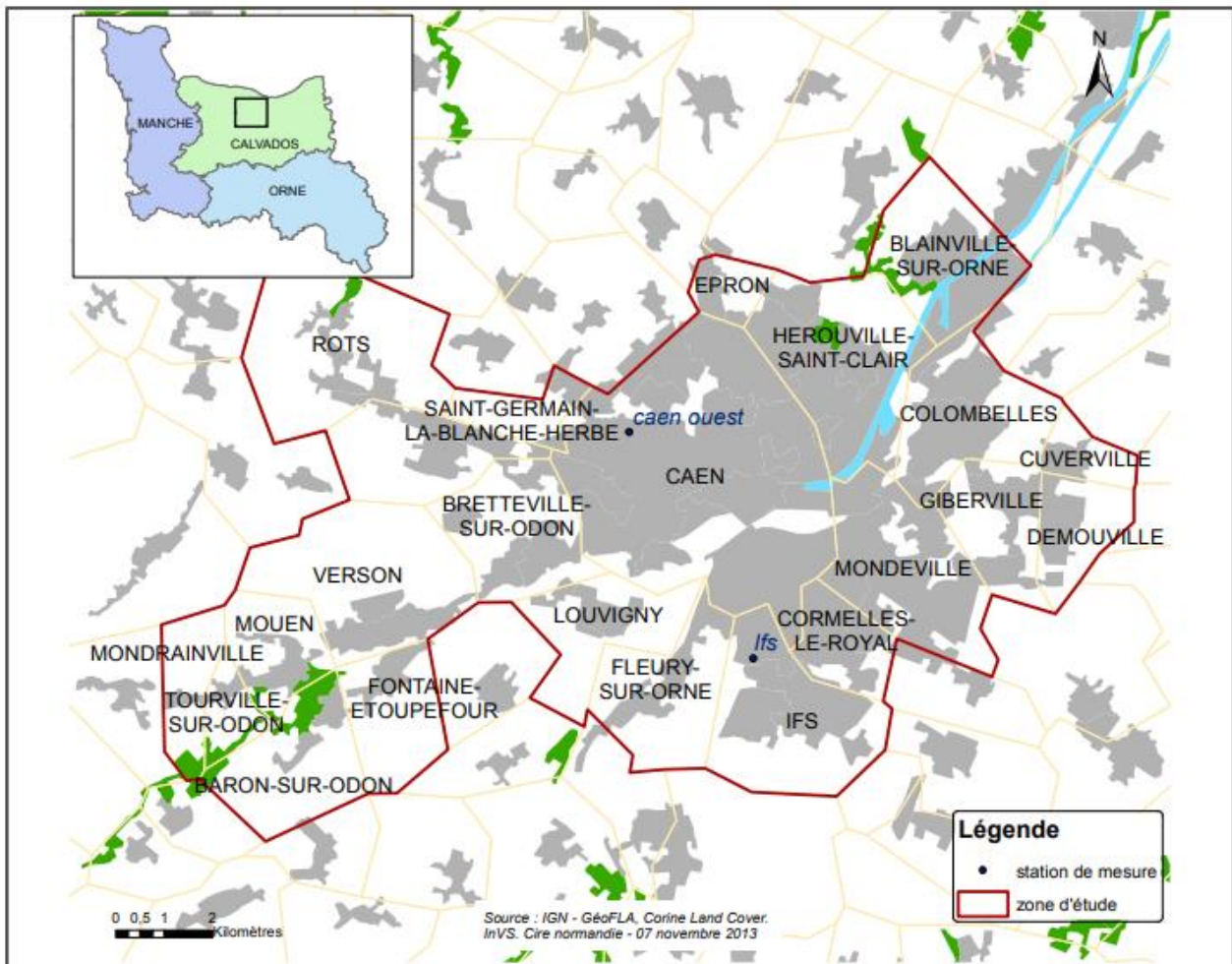
3.2.4 Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les populations

L'Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine (EIS-PA) a pour objectif de quantifier les bénéfices sanitaires et éventuellement économiques qui pourraient être obtenus localement si les niveaux de pollution étaient réduits. L'EIS-PA est un outil de sensibilisation des décideurs locaux et du grand public aux effets de la pollution atmosphérique. C'est aussi une aide à la décision pour les acteurs locaux et les résultats peuvent être utilisés dans une démarche de gestion du risque sanitaire lié à la pollution atmosphérique.

3.2.4.1 Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Caen, Calvados, étude 2009-2010

La zone d'étude inclut 23 communes : 21 communes constituant l'unité urbaine de Caen et 2 communes adjacentes. Elle couvre une partie du territoire de la communauté d'agglomération de Caen la mer. Elle s'étend sur une superficie de 155 km² et comptait 206 000 habitants en 2009 [sources : recensement Insee, Institut national de la statistique et des études économiques], dont 16 % de personnes de moins de 15 ans et 15 % âgées de 65 ans et plus.

Figure 24 : Présentation de la zone d'étude



3.2.4.2 Données utilisées

► Données de santé

Les nombres annuels de décès (toutes causes et pour des causes respiratoires et cardio-vasculaires) et d'hospitalisations (causes respiratoires et cardiaques) ont été recueillis pour les années 2009 et 2010 (données les plus récentes disponibles).

Les données des 4 établissements hospitaliers présents dans la zone d'étude ont été utilisées (Centre hospitalier universitaire (CHU) de Caen, clinique Miséricorde, polyclinique du Parc, Centre hospitalier (CH) privé Saint-Martin).

► Données de qualité de l'air

Sur l'agglomération de Caen, les émissions de PM_{2,5} et PM₁₀ sont issues pour respectivement 41 % et 44 % du transport routier et pour respectivement 44 % et 36 % du secteur résidentiel (source : Air C.O.M., inventaire des émissions 2008). Les secteurs industriels et agricoles sont les autres contributeurs (moins de 15 %). L'ozone (O₃) est un polluant formé lors de réactions chimiques ayant lieu dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire sur de nombreux composés produits par l'activité humaine ou naturellement.

Les données de 2009 et 2010 des stations de mesure urbaine de Caen Ouest (O₃, PM₁₀, PM_{2,5}) et de la station péri-urbaine de Ifs (O₃ et PM₁₀) ont été utilisées.

► Résultats Indicateurs sanitaires

Sur la zone d'étude et pour la période d'étude, ont été enregistrés en moyenne 1 500 décès annuels toutes causes de plus de 30 ans dont 400 pour des causes cardio-vasculaires, environ 3 000 hospitalisations par an pour des causes respiratoires et 4 100 pour des causes cardiaques.

► Indicateurs de pollution

Pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5}, les concentrations moyennes annuelles estimées sont reprises dans le tableau suivant. Elles sont supérieures aux valeurs guide de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Tableau 28 : Données de qualité de l'air ATMO Normandie 2009-2010

Polluants	Moyenne annuelle (µg/m ³)	Valeur guide de l'OMS (µg/m ³)
Particules fines PM ₁₀	21	20
Particules fines PM _{2,5}	16	10

Pour l'ozone, la concentration maximale journalière des moyennes glissantes sur 8 heures a été calculée. La valeur guide journalière de l'OMS (100 µg/m³) est dépassée 24 jours au total pour les 2 années. La moyenne des niveaux d'ozone pour les 2 années est de 66 µg/m³. Elle est faible par rapport au reste de la France.

3.2.4.3 Conclusion

► Un bénéfice collectif notable

Les niveaux de pollution de fond sur la zone d'étude de l'agglomération de Caen sont supérieurs aux valeurs guides de l'OMS. Les bénéfices d'une diminution des niveaux des particules fines PM_{2,5} et PM₁₀ de 5 µg/m³ sur cette zone d'étude permettrait d'éviter plus de 40 décès anticipés et plus de 30 hospitalisations chaque année, correspondant à un gain économique attendu d'environ 75 millions d'euros par an.

Cependant, les résultats de cette étude sous-estiment ces bénéfices en ne prenant en compte ni les passages aux urgences ni les pathologies traitées en médecine ambulatoire (allergies, asthme, irritations oculaires...) qui peuvent être liées à la pollution atmosphérique et touchent une part plus importante de la population.

Cette étude montre aussi que le gain sanitaire associé à une diminution de l'exposition chronique est plus important que le gain sanitaire associé à une diminution de l'exposition à court terme. Ainsi, il apparaît plus intéressant **d'agir sur la pollution de fond, notamment particulaire**, au quotidien, plutôt que lors des épisodes de pics de pollution.

Bénéfice sanitaire d'une réduction de la pollution atmosphérique dans l'agglomération de Caen (période 2009-2010)

Diminuer la concentration moyenne annuelle de particules fines PM₁₀ de 5 µg/m³ (soit de 25 %) permettrait d'éviter chaque année **les effets à court terme** suivants :

- 4 décès ;
- 20 hospitalisations pour causes respiratoires ;
- 10 hospitalisations pour causes cardiaques.

Ce qui correspondrait à une économie d'environ 500 000 euros par an.

Les concentrations en PM₁₀ seraient alors inférieures aux recommandations de l'OMS.

Diminuer les concentrations journalières d'ozone (O₃) de 5 µg/m³ (soit de 8 %) permettrait d'éviter chaque année **les effets à court terme** suivants :

- 2 décès ;
- 4 hospitalisations pour causes respiratoires.

Ce qui correspondrait à une économie annuelle d'environ 200 000 euros par an.

Une diminution de 25 % des niveaux d'ozone permettrait d'éviter 7 décès et 10 hospitalisations pour des causes respiratoires. Le respect de la valeur guide pour les 25 jours de dépassement apporterait un bénéfice négligeable (moins de 1 décès évité par an).

Diminuer les concentrations moyennes annuelles de particules fines PM_{2,5} de 5 µg/m³ (soit de 30 %) permettrait d'éviter chaque année **les effets à long terme** suivants :

- 40 décès anticipés dont la moitié pour causes cardiovasculaires ;
- équivalent à 4 mois d'espérance de vie perdus à 30 ans.

Ce qui correspondrait à un gain d'environ 75 millions d'euros par an.

Les bénéfices seraient similaires pour le respect de la valeur guide de l'OMS puisque les deux valeurs sont très proches.

► Des actions possibles pour améliorer la santé de la population.

Ainsi, des actions locales, nationales et européennes doivent être encouragées pour réduire le risque encouru par une exposition à la pollution atmosphérique. Un gain sanitaire conséquent ne pourra être obtenu qu'à condition de parvenir à une amélioration durable de la qualité de l'air, tout au long de l'année.

Des actions pour faire évoluer les transports doivent prioritairement être mises en œuvre, car ils représentent l'une des deux principales sources des émissions de polluants atmosphériques dans l'agglomération de Caen :

Développer et améliorer les alternatives à la voiture individuelle (transports en commun, déplacements doux, intermodalité, covoiturage, etc.), optimiser les modes de conduites (vitesses adaptées, écoconduite, etc.), favoriser le développement des véhicules plus « propres », accompagner l'évolution du transport et de la livraison de marchandises...

En parallèle, la rénovation de l'habitat existant et le remplacement des moyens de chauffage individuel peu performants doivent être encouragés afin de réduire les émissions résidentielles. Enfin les efforts de réduction des émissions de l'agriculture et de l'industrie sont à poursuivre.

Dans ce cadre, le Schéma régional du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE) a remplacé en 2011 le Plan régional de la qualité de l'air (PRQA) pour fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air avec des orientations permettant d'y parvenir. D'autres documents ou plans participent aussi, par les actions qu'ils prévoient, à l'amélioration de la qualité de l'air : Plan de déplacements urbains (PDU), Plans climat énergie territoriaux (PCET) élaborés par les collectivités locales, mais aussi Plans de déplacements administrations (PDA) et des Plans de déplacements entreprises (PDE), etc.

3.3 Campagne de mesures in situ

En complément aux données du réseau de surveillance ATMO Normandie, une campagne de mesures dans la zone d'étude a été réalisée par GINGER BURGEAP.

Conformément au guide méthodologique du Cerema (2019), cette campagne de mesure a été adaptée aux enjeux de l'étude, qui recommande la mesure du NO₂ comme incontournable car les oxydes d'azote sont considérés comme de bons indicateurs de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier et en milieu urbain.

3.3.1 Méthodologie du prélèvement et de l'analyse

La mesure par tubes à diffusion passive permet d'obtenir une concentration moyenne sur une période d'exposition dans une multiplicité de lieux. L'échantillonneur passif convient pour surveiller le respect des valeurs limites de longue durée, pour suivre les tendances sur plusieurs années et pour comparer simultanément plusieurs régions géographiques.

La figure suivante présente une vue de l'échantillonnage réalisé :

Figure 25 : Capteur passif



Le tube contient un absorbant adapté au dioxyde d'azote. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle. Celle-ci repose sur le principe de la diffusion passive des molécules sur le milieu absorbant. La quantité de polluant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est décrite par la loi de Fick simplifiée :

$$C = m / (Q.t)$$

Avec :

- C : concentration moyenne en polluant dans l'air pendant la période d'échantillonnage,
- m : masse du composé adsorbé sur le support,
- Q : facteur caractérisant la diffusion du polluant dans le capteur (déterminé par le fabricant),
- t : temps d'échantillonnage.

Les tubes sont disposés de façon à prélever l'air à hauteur des voies respiratoires (environ 1,5 mètres).

Les tubes passifs sont reconnus et décrits par la norme Européenne « Ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – requirements and test methods » [EN 13528:2002].

L'utilisation des tubes à diffusion passive PASSAM est optimale pour des conditions de températures journalières comprises entre 5°C et 30°C. Pour des températures moyennes journalières non comprises dans cet intervalle, une erreur relative de 20 % peut être notée.

Les échantillonneurs passifs sont protégés de la pluie par un boîtier. Ils ont été testés dans différentes configurations d'humidité relative : ils sont peu sensibles à des différences marquées d'humidité entre 0 % et 80%.

Le NO₂ est dosé en laboratoire après exposition par la méthode de Saltzman (spectrophotométrie).

3.3.2 Déroulement de la campagne

Le guide méthodologique du Cerema (2019) préconise la mise en place de deux campagnes de mesures, notamment avec pour objectif d'apprécier l'influence saisonnière sur les niveaux de pollution observés. Compte tenu de la proximité de la station « lfs-rue Paul Claude » du réseau de surveillance d'ATMO Normandie, une seule campagne de mesures a été réalisée. Les données de mesures en continu sur cette station de surveillance pourront servir à apprécier les variabilités saisonnières dans la zone étudiée.

Les données de cette campagne feront, dans la suite de cette étude, l'objet d'une comparaison avec celles du réseau de surveillance d'ATMO Normandie.

Cette campagne s'est déroulée entre le 20 Mai et le 03 Juin 2021, soit 15 jours d'exposition consécutifs.

3.3.3 Emplacement des points de mesures

Lors de la campagne de mesures, la caractérisation de la qualité de l'air dans l'environnement du projet a été réalisée à partir de 6 points de mesures :

- 1 point localisé au niveau de la station de surveillance de la qualité de l'air la plus proche et la plus représentative des émissions urbaines (Caen-Chemin vert) pour évaluer la robustesse des valeurs collectées durant cette campagne de mesure au regard des méthodes de référence utilisées par ATMO Normandie ;
- 5 points permettant de caractériser la pollution sur la zone d'étude dont un point localisé à proximité d'un lycée et d'un EHPAD pour une évaluation « établissement accueillant une population sensible ».

Parallèlement à cela, 1 doublon sur le point 1 ainsi qu'un blanc ont été réalisés afin de tester la répétabilité de la campagne pour le doublon et d'évaluer la fiabilité des résultats pour le blanc.

La figure suivante présente la localisation des 6 points de mesures dans le domaine d'étude (le blanc et le doublon n'ont pas été représentés) :

Figure 26 : Localisation des points de mesure

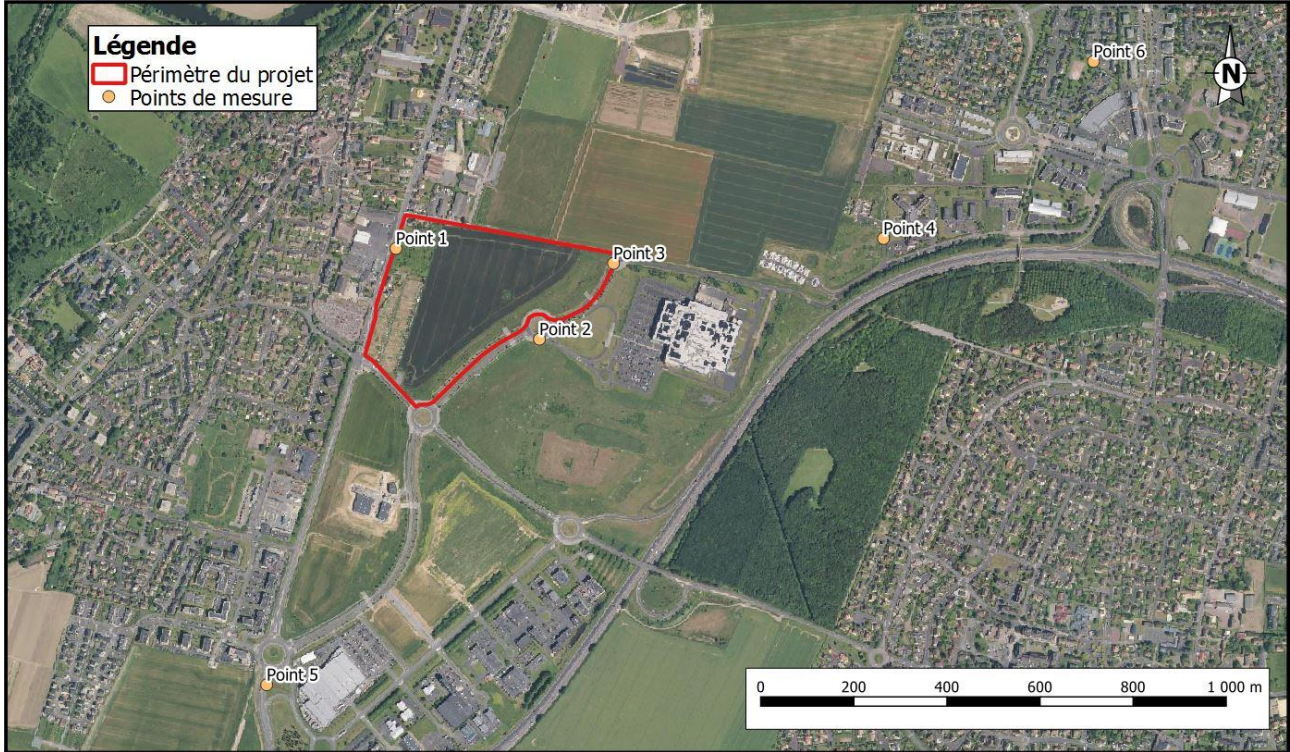


Tableau 29 : Localisation des points de mesure

Point de mesure	Localisation	Classification
Station Atmo Normandie « Ifs-rue Paul Claudel »	Rue Paul Claudel 14123 IFS.	Urbain
1	A proximité du 2 avenue d'Harcourt. Coordonnées GPS : 49.14661, -0.37327	Trafic
2	Avenue de Suisse Normande. Coordonnées GPS : 49.14416, -0.37155	Trafic
3	Portion de route qui passe devant l'entrée du IKEA. Coordonnées GPS : 49.14711, -0.36644	Trafic
4	10 rue Anton Tchekhov. Coordonnées GPS : 49.14805, -0.35863 Proche d'un Lycée et d'un EHPAD.	Urbain/Trafic
5	Avenue d'Harcourt. Coordonnées GPS : 49.13854, -0.3761	Trafic

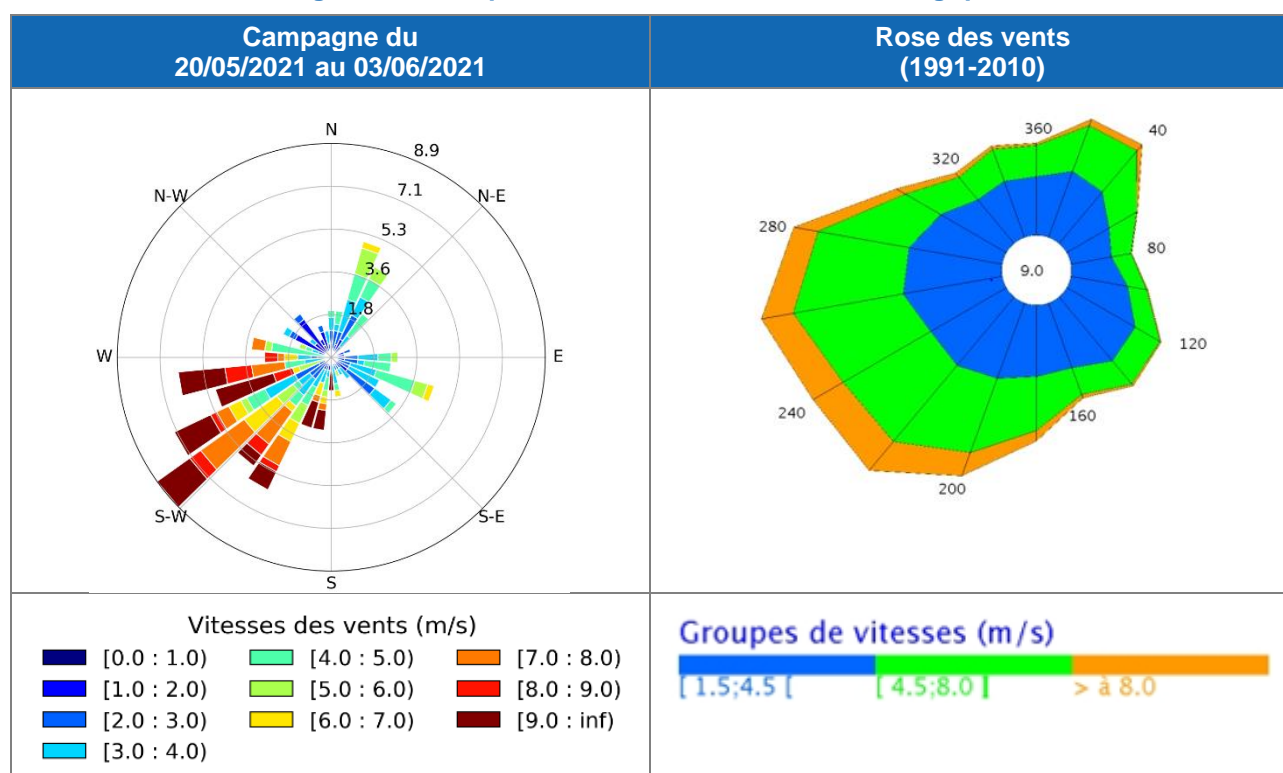
Point de mesure	Localisation	Classification
6	68 rue Paul Claudel (en face de la station ATMO). Coordonnées GPS : 49.15137, -0.35276	Urbain

3.3.4 Données météorologiques durant la campagne

3.3.4.1 Les vents

La figure 26 présente la rose des vents associée aux vents mesurés lors de la campagne de mesures sur la station Météo-France de Caen CARPIQUET, station météorologique la plus proche du domaine d'étude, ainsi que la rose des vents décennale issue de cette même station.

Figure 27 : Comparaison des conditions météorologiques



La rose des vents sur la période de campagne met en évidence des vents dominants Sud-Ouest/Ouest.

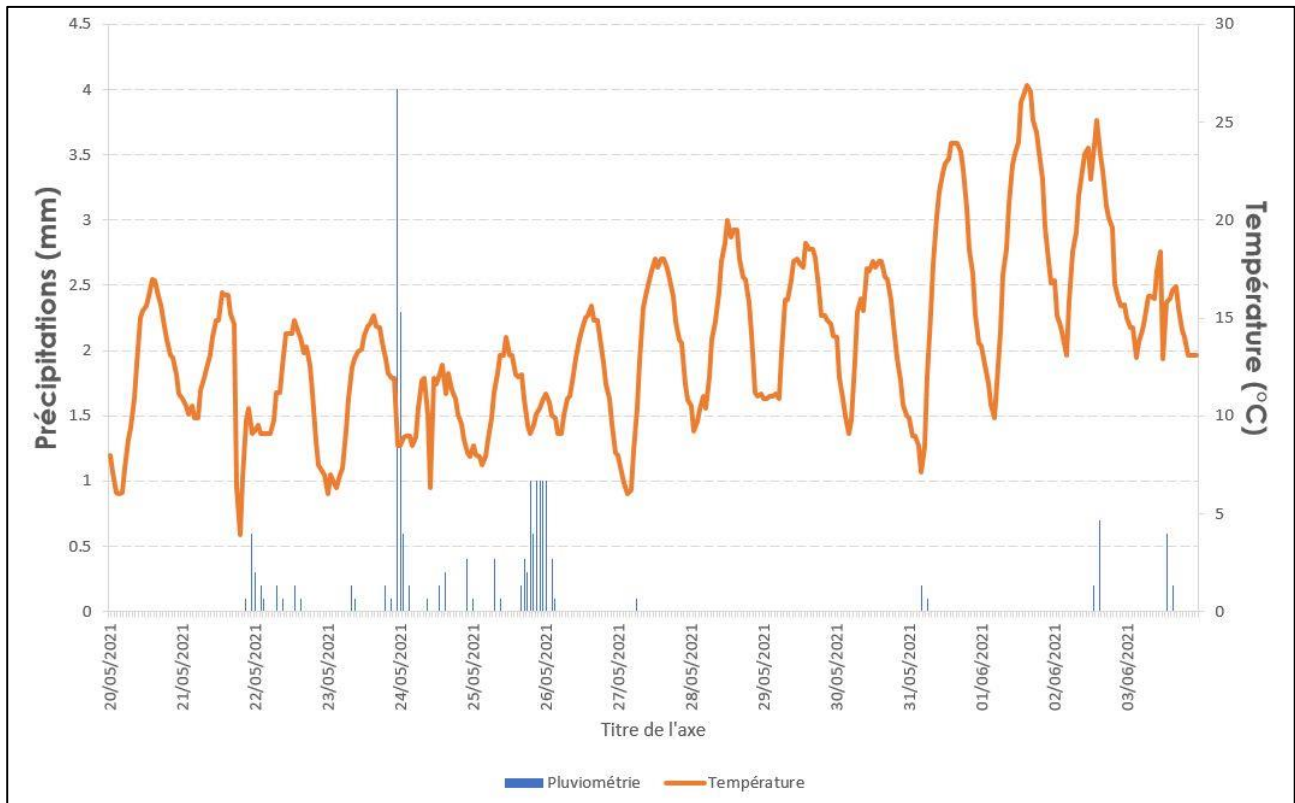
On observe également que toutes les composantes présentes dans la rose des vents décennale se retrouvent dans la rose des vents sur la période de la campagne. Compte tenu de la durée de la campagne de mesures, l'exposition des points de mesures est représentative des conditions de vents habituellement rencontrées dans la zone d'étude.

D'autre part, nous observons durant la campagne de mesure une majorité de vents plutôt fort (entre 5 et 9 m/s).

3.3.4.2 Températures et précipitations

Les graphiques suivants présentent l'évolution de la température également lors de la campagne de mesures.

Figure 28 : Températures et précipitations journalières mesurées lors de la campagne



Lors de la campagne de mesures, les températures ont oscillé entre 3.9 et 26.9°C avec une température moyenne sur la période de 13.8°C ce qui est comparable aux normales saisonnières (entre 12.8 et 15.6°C aux mois de Mai/Juin sur la période 1981-2010).

20.3 mm de précipitations ont été enregistrées durant cette période (2 semaines). La normale de saison (mensuelle) en Mai est en moyenne de 62.6 mm de précipitations (sur la période 1981-2010), la pluviométrie est donc sensiblement comparable aux moyennes de saison durant la campagne de mesure.

Ainsi, les conditions climatiques rencontrées lors de la campagne de mesures et notamment les températures relevées sont favorables à une utilisation optimale des capteurs passifs (températures moyennes journalières comprises entre 5 et 30°C). De plus ces conditions météorologiques sont représentatives des normales saisonnières.

3.3.5 Validité des points de mesures

3.3.5.1 Blanc

Un tube témoin appelé « blanc », a été réalisé pendant la durée d'échantillonnage de la campagne de mesures afin de contrôler la qualité des résultats en NO₂. Ce blanc, dont le bouchon n'a pas été ôté, a suivi le parcours des autres tubes lors de la pose, de la dépose et du transport des tubes au laboratoire.

Tableau 30 : Concentrations en µg/m³ - Blancs

Point	NO ₂
Blanc	<0.6

Le blanc est inférieur à limite de quantification, les tubes n'ont donc pas été contaminés et il n'est pas nécessaire de retrancher la valeur du blanc aux autres mesures.

3.3.5.2 Répétabilité de la mesure

Afin d'évaluer la répétabilité des mesures, un doublon a été réalisé sur le point n°2. Les concentrations en NO₂ ont été mesurées au moyen de deux tubes passifs placés dans le même support. Pour évaluer cette répétabilité, nous avons réalisé une comparaison des deux résultats en calculant l'écart normalisé avec la formule suivante :

$$\text{Ecart normalisé} = \frac{|0.3 \times C1 + 0.3 \times C2|}{\sqrt{C1^2 + C2^2}}$$

Tableau 31 : Concentrations en µg/m³ – Doublon point 2

Point	NO ₂
Point 1	11.6
Point 1 (Doublon)	13.4
Ecart normalisé	0.42
Moyenne mesurée	12.5

L'écart normalisé est inférieur à 1, la répétabilité de la mesure est alors vérifiée.

3.3.6 Résultats de la campagne de mesures

La carte suivante et le tableau 32 présentent les résultats de la campagne de mesures fournis par le laboratoire PASSAM dont le rapport d'analyse est présenté en Annexe.

Figure 29 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées lors de la campagne

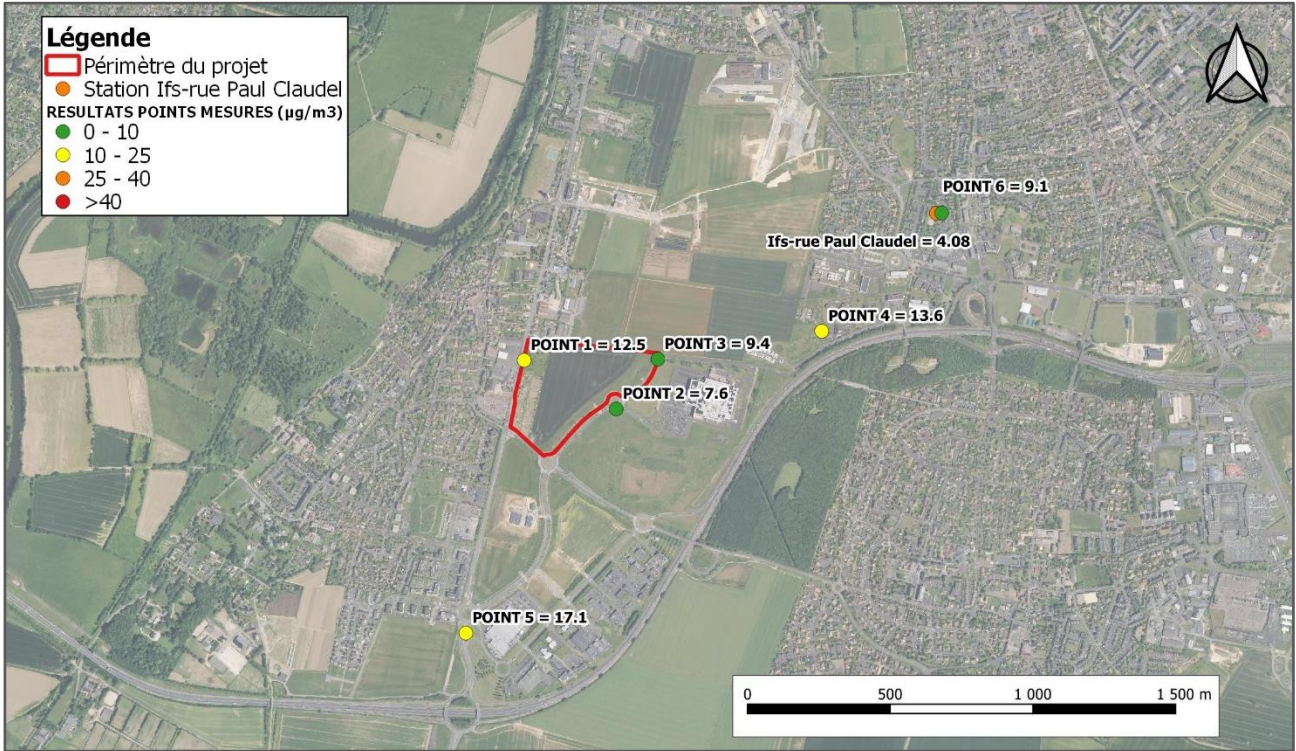


Tableau 32 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées lors de la campagne

Point de mesure	Concentration en µg/m ³
1	12.5
2	7.6
3	9.4
4	13.6
5	17.1
6	9.1

La valeur limite du NO₂ fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas dépassée pendant la campagne de mesures.

La concentration maximale est mesurée au point 5 (17.1 µg/m³), au niveau du rond-point au bout de l'avenue d'Harcourt Cette concentration peut être expliquée par un passage de voitures plus important à ce niveau-là.

A noter que le point 4, placé à proximité d'un lycée ainsi que de l'EPHAD, respecte également la valeur limite de 40 µg/m³ avec une concentration de 13.6 µg/m³.

Pour le NO₂, les concentrations sont plutôt homogènes et comprises entre 7.6 et 17.1 µg/m³.

3.3.7 Comparaisons aux données mesurées par ATMO Normandie

Rappelons que la station de mesures d'ATMO Normandie la plus proches de la zone d'étude est la station « Ifs-rue Paul Claudel ». Cette station permet le suivi en continu du dioxyde d'azote (NO₂).

Tableau 33 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées par la station ATMO lors de la campagne

Point de mesure	Concentration en µg/m ³
	NO ₂
Station ATMO Normandie « Ifs-rue Paul Claudel »	4.1

Durant la période de mesures (du 20/05/2021 au 03/06/2021) la concentration moyenne mesurée sur cette station de mesures est de 4.1 µg/m³.

La concentration de la station est inférieure à toutes les concentrations obtenues lors de la campagne de mesure.

La valeur mesurée par la station ATMO Normandie est là aussi inférieure à la valeur limite de 40 µg/m³.

A noter que les données de PM10 ne sont pas disponibles pour cette période.

3.4 Conclusions sur l'état initial de la qualité de l'air

D'après les mesures réalisées par ATMO Normandie en 2021 à proximité de la zone d'étude :

- En 2019, la station « Ifs-rue Paul Claudel » présente **une concentration moyenne annuelle (14 µg/m³) qui respecte la valeur limite** fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La valeur limite horaire autorise 18 heures de dépassement par an de la valeur de 200 µg/m³. Sur cette station, aucun dépassement n'a été observé.

En complément des mesures d'ATMO Normandie, GINGER BURGEAP a réalisé des mesures de NO₂ sur la zone d'étude du 20 Mai au 03 Juin 2021 afin de connaître les concentrations présentes sur la zone d'étude.

- Pour le NO₂, les concentrations sont plutôt faibles et homogènes. La valeur limite du NO₂ fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas dépassée pendant la campagne de mesures.

Enfin, les valeurs de la station ATMO citée précédemment ont également été relevées sur la période de la campagne de mesure :

- Pour la station « Ifs-rue Paul Claudel » présente **une concentration moyenne (4.1 µg/m³) qui respecte la valeur limite fixée** à 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

A noter que les concentrations en NO₂ respectent la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle en 2021 et sur la campagne de mesures réalisées par GINGER BURGEAP en 2021.

4. Estimation des émissions

L'estimation des émissions dues au trafic automobile est réalisée pour les polluants définis au paragraphe 0 et ce pour les 3 scénarii d'études à savoir :

- L'état initial – 2021 ;
- Scénario fil de l'eau – 2035 ;
- Scénario avec projet – 2035.

4.1 Méthodologie

4.1.1 Méthodologie générale

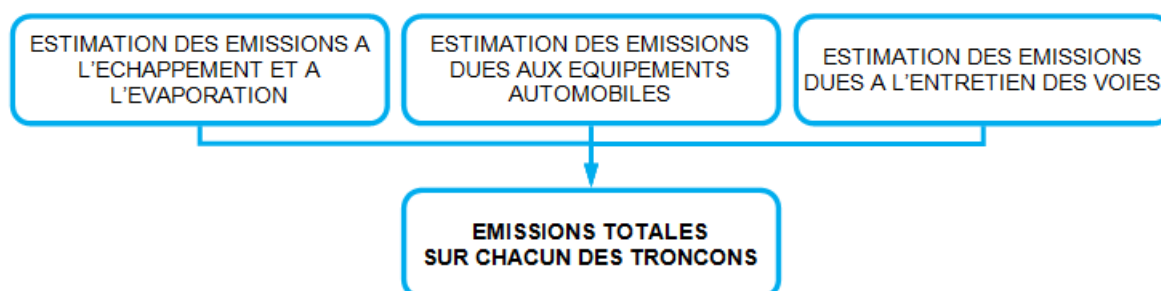
L'origine des émissions des polluants automobiles peut être multiple. Le tableau suivant présente les différentes sources d'émission prises en compte.

Tableau 34. Liste des origines des émissions de polluants

Polluant	Polluant émis à l'échappement et à l'évaporation	Polluant émis par les équipements automobiles	Polluant émis par l'entretien des voies
Oxydes d'azote	X		
PM10 / PM2.5	X	X	X
CO	X		
COVNM	X		
Benzène	X		
Dioxyde de soufre	X		
Nickel	X	X	X
Benzo(a)pyrène	X	X	
Arsenic		X	X

Le graphique ci-après présente le principe général de la méthodologie d'estimation des émissions.

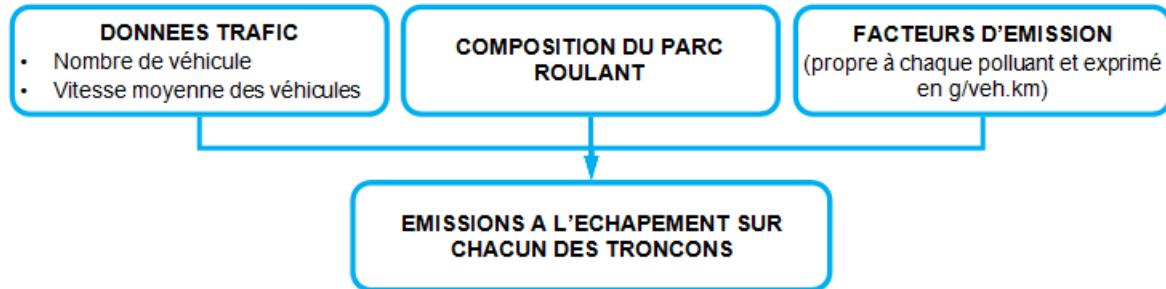
Figure 30 : Méthodologie générale d'estimation des émissions



4.1.2 Méthodologie – émissions à l'échappement et à l'évaporation

L'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation est réalisée à l'aide du logiciel ARIA TREFIC, basé sur la méthodologie **COPERT V**. Le graphique ci-dessous présente le principe général du mode de calcul du logiciel.

Figure 31 : Méthodologie d'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation



Ainsi, il est nécessaire de disposer, pour chaque tronçon étudié, de la longueur du tronçon, des trafics moyens journaliers (TMJA), de la répartition des véhicules par catégorie : VL⁷, VUL⁸, 2R⁹, BUS¹⁰ et PL¹¹) et de la vitesse moyenne des véhicules pour les 3 scénarii étudiés.

Le logiciel ARIA TREFIC permet également de calculer la consommation énergétique ainsi que les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES). Les émissions de GES regroupent les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) et sont exprimées en équivalent CO₂ (eqCO₂).

4.1.3 Méthodologie – émissions dues aux équipements automobiles

Les émissions sont quantifiées à l'aide de facteurs d'émission, exprimés en ng/véhicule.km. Aussi, pour la réalisation de ce calcul, il est nécessaire de disposer, pour chacun des tronçons étudiés :

- De la longueur du tronçon ;
- Des TMJA spécifiés (VL, VUL, 2R, BUS et PL).

4.1.4 Méthodologie – émissions dues à l'entretien des voies

Les émissions sont quantifiées à l'aide de facteurs d'émission, exprimés en g/km.an. Aussi, pour la réalisation de ce calcul, il est nécessaire de disposer de la longueur de chacun des tronçons étudiés.

⁷ VL : Véhicules légers

⁸ VUL : Véhicules Utilitaires Légers

⁹ 2R : 2 Roues (motos, scooters)

¹⁰ BUS : bus et cars

¹¹ PL : Poids lourds

4.2 Données d'entrée

4.2.1 Données trafic

Les données de trafic nécessaires à l'estimation des émissions pour chacun des tronçons routiers considérés sont :

- Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- La longueur des tronçons ;
- La vitesse moyenne des véhicules pour chacun des tronçons routiers considérés ;
- La répartition par catégorie de véhicules, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés.

Les caractéristiques des tronçons routiers pris en compte dans le cadre de cette étude sont présentées en Annexe.

▶ TMJA

Les trafics transmis par le bureau d'étude INGE-INFRA sont donnés en TMJO pour chaque tronçon routier considéré dans cette étude. Le coefficient moyen pour passer des TMJ « jours ouvrés » à des TMJA est de 0.885 (INGE-INFRA).

▶ Vitesses

Pour l'ensemble des scénarii pris en compte, les vitesses considérées ont été fournies par INGE-INFRA sur chaque tronçon routier considéré dans cette étude (moyenne des deux sens de circulation). Ainsi, les vitesses considérées sont présentées dans le tableau suivant :

id	Nom de la voie	Vitesses moyennes en km/h
1	Harcourt sud	55
2	Suisse normande sud	22
3	Marcel Cachin	23
4	Ifs ouest	37
5	Rond-point 1 sud	20
6	Ifs est	54
7	Suisse normande nord	47
8	Rond-point 2 Ikea	20
9	Route Ikea	30
10	Chemin fier a bras	34
11	Harcourt nord	32
12	Nouvelle rue fier à bras ouest	30
13	Nouvelle rue fier à bras est	30
14	Desserte 1 Ilot C	20
15	Desserte 2 Ilot C	20
16	Desserte 3 Ilot C	20

► Evolution des trafics 2021-2035

D'après le bureau d'étude ENGE-INFRA, l'extrapolation des trafics urbains 2021 à l'horizon 2035 répond à une logique de progression linéaire de **+0.7 % par an**.

Les données 2021 sont donc multipliées par un coefficient qui est égal à $(1.007)^{14}$ soit 1,1026. Ceci représente une évolution des trafics de **+10,26 %** entre 2021 et 2035. Cette évaluation défavorable ne tient pas compte de l'effet de report modal des transports collectifs et des voies douces. L'objectif du développement des transports collectifs étant, bien sûr, de limiter l'augmentation du trafic routier.

► Distances totales

Le tableau ci-après présente les distances parcourues totales¹² considérées dans le cadre de cette étude.

Tableau 35. Distances totales sur le domaine d'étude par scénario

	Longueur totale du réseau étudié	Distance parcourue totale
Scénario actuel – 2021	3,74 km	14 813 km/jour
Scénario futur sans projet – 2035	3,74 km	16 349 km/jour
Variation au fil de l'eau	0,0%	10,4%
Scénario futur avec projet – 2033	4,73 km	21 399 km/jour
Impact du projet	27%	31%

Entre l'état initial et le scénario « fil de l'eau – 2035 », aucune variation de la longueur totale du réseau étudié n'est observée. En effet il n'est prévu aucune création de voirie entre ces deux horizons. La vitesse moyenne de circulation est également inchangée entre ces deux horizons. Les variations des distances parcourues sont donc liées à des augmentations de fréquentation des axes.

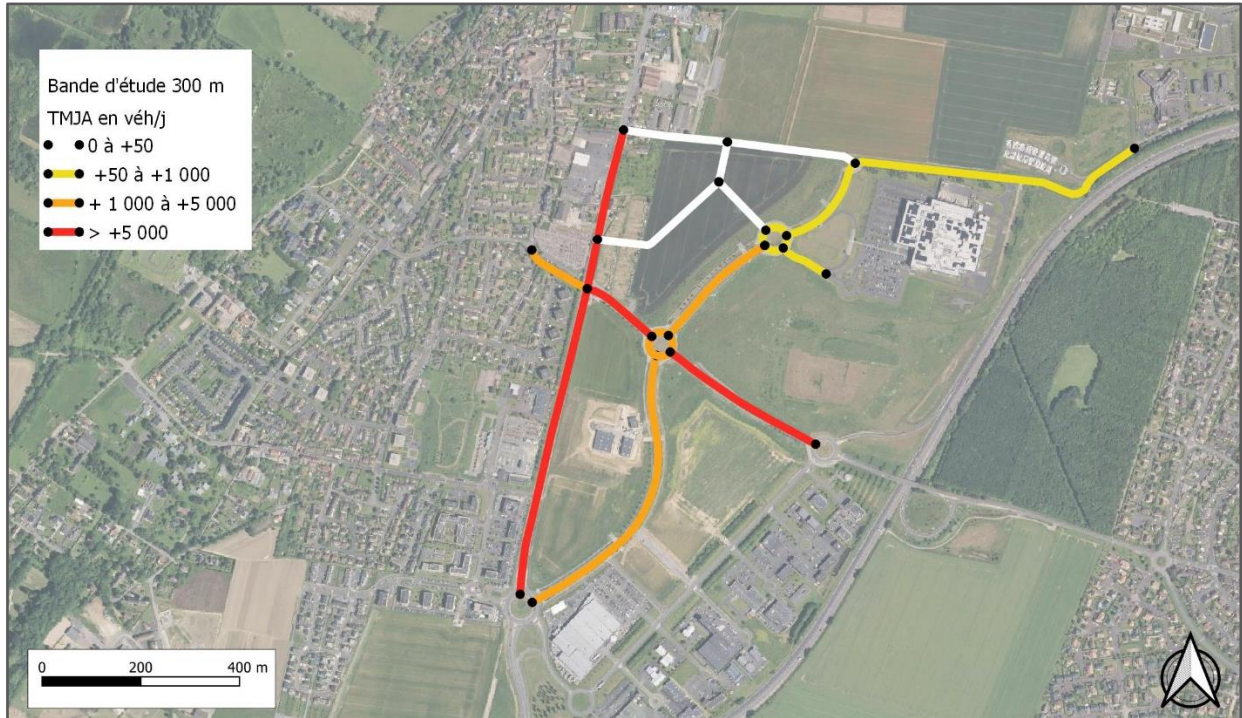
A l'horizon 2035, le projet engendre quant à lui une augmentation de 27% de la longueur du réseau étudié et une **variation des distances parcourues totales de 31%**. En effet en plus de l'augmentation du nombre de véhicules en circulation, le projet prévoit la création de nouvelles voiries telle que la rue du Fier à Bras ou les dessertes internes de l'Îlot C.

Les cartes suivantes indiquent les répartitions du nombre de véhicules moyens sur les axes routiers aux différents horizons de l'étude.

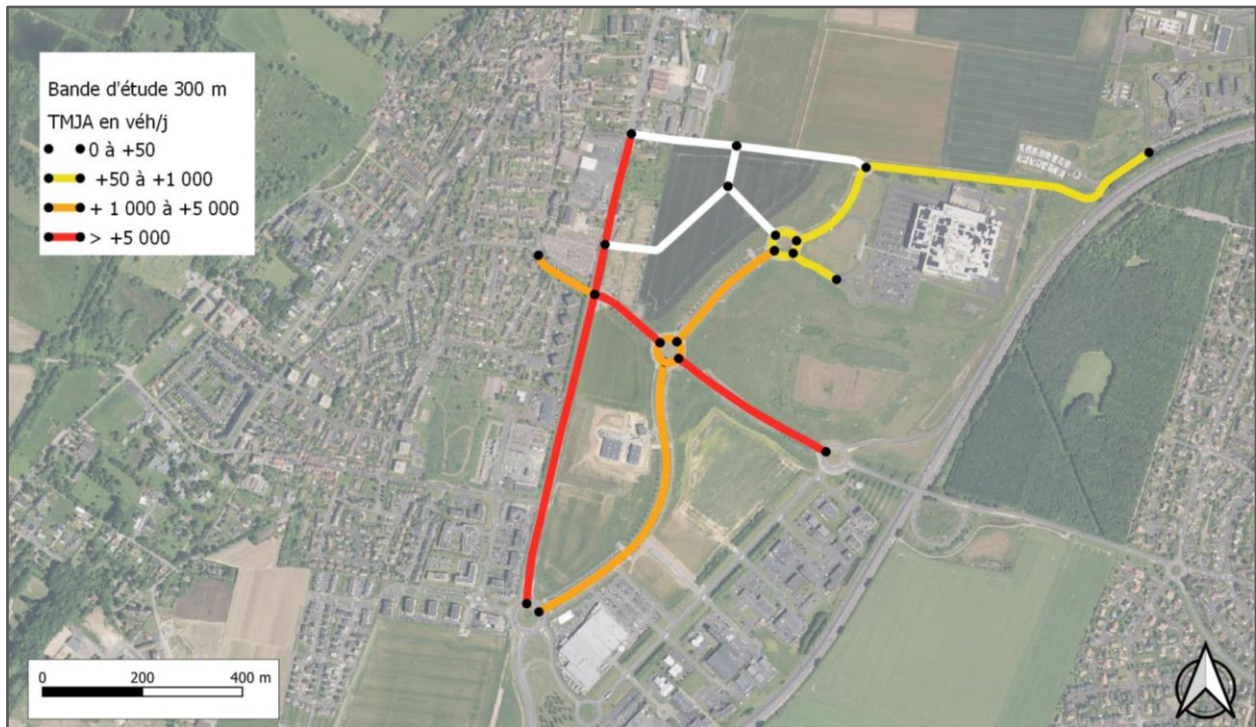
12 Distances parcourues totales = \sum (TMJA x longueur du tronçon)

Figure 32 : Trafics exprimés en TMJA pour les différents scénarios étudiés

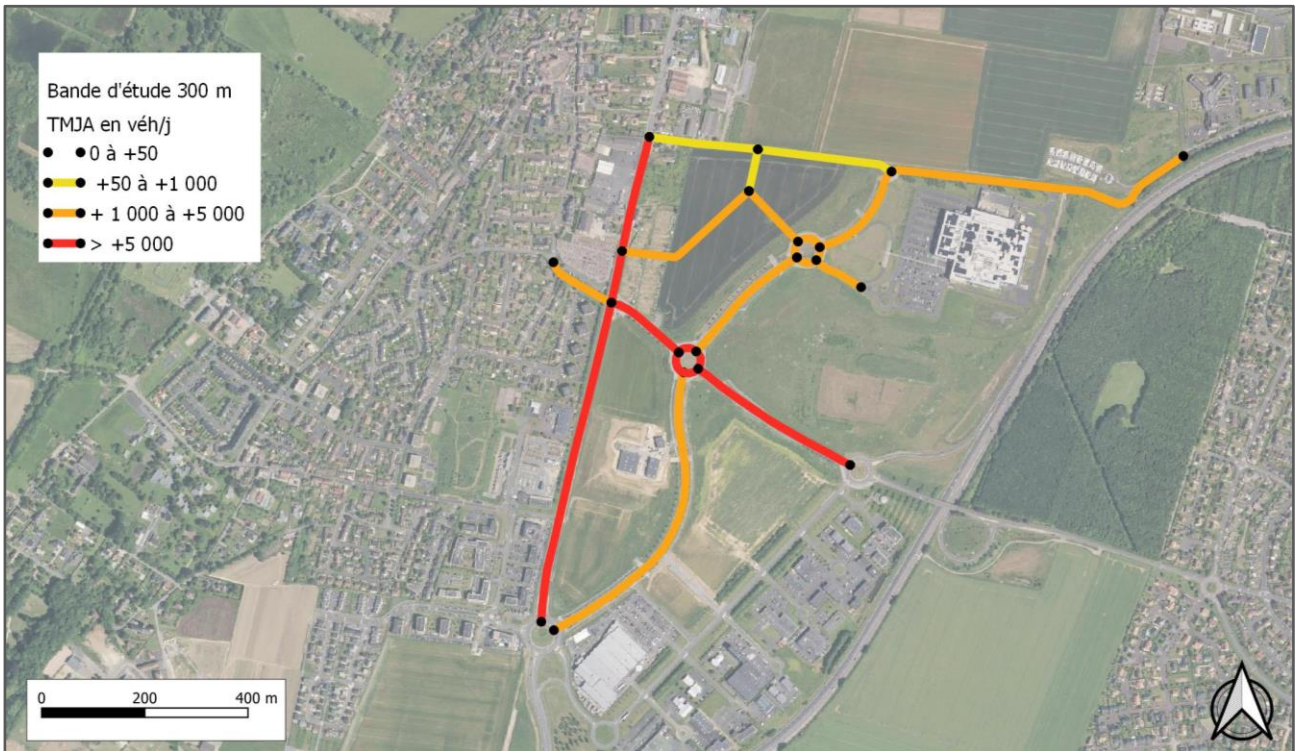
► Scénario ACTUEL 2021



► Scénario FIL DE L'EAU 2035



► Scénario PROJET 2035



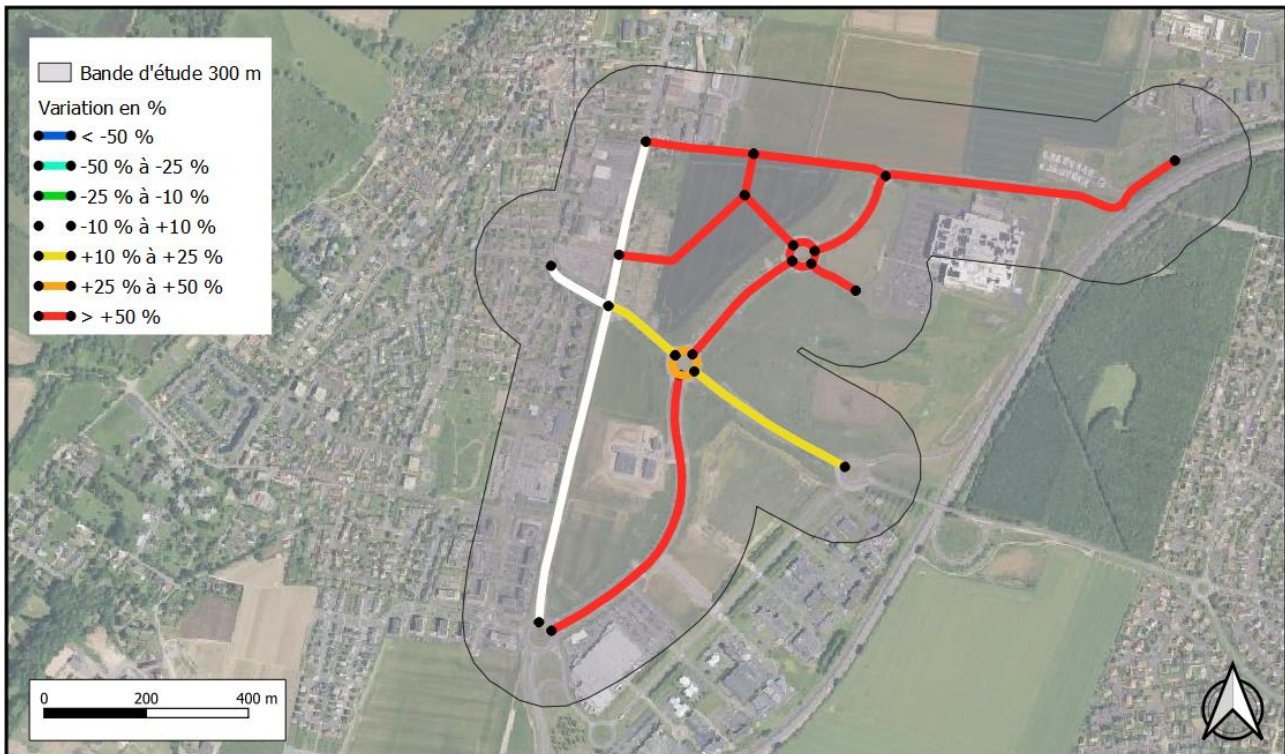
On note qu'avec une augmentation des trafics de seulement 10,26 % entre le scénario actuel 2021 et le scénario fil de l'eau 2035 les TMJA restent dans les mêmes ordres de grandeurs.

A l'horizon du projet, hormis les voiries du projet lui-même, le chemin du Fier à bras, la route menant au magasin d'ameublement IKEA et le rond-point associé semblent les plus impactés par la création de l'îlot.

On note sur la carte ci-dessous que les axes constitués de la rue d'ifs Est et Ouest ainsi que la rue Marcel Cachin sont les moins impactées par le projet.

Ci-dessous la variation relative des trafics entre l'horizon sans projet 2035 et l'horizon avec le projet 2035.

Figure 33 : Variation en % des trafics entre le scénario fil de l'eau 2035 et le scénario avec projet 2035



4.2.2 Répartition du parc automobile

Pour les calculs d'émissions à l'échappement et à l'évaporation, il est également nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile (nombre de véhicules essence ou diesel, catalysés ou non, année de mise en service du véhicule par rapport aux normes sur les émissions). Il est généralement admis que désagréger le parc roulant sur 5 catégories de véhicules permet de décrire avec suffisamment de précision l'état du trafic dans les études d'impact des infrastructures routières. Les catégories pour décrire le parc roulant sont les suivantes :

- Véhicules Particuliers (VP) : regroupant les véhicules utilisés par les particuliers, il s'agit des véhicules citadines et berlines ;
- Véhicules Utilitaires Léger (VUL) : cette catégorie regroupe les petits utilitaires et les très gros véhicules particuliers (gros SUV, 4x4, hummer, etc.) ;
- Poids Lourds (PL) : Il s'agit des véhicules de plus de 3,5 tonnes possédants généralement plus de deux essieux ;
- Bus et autocars (BUS) : Il s'agit d'une sous-catégorie de la classification PL, décrite de façon explicite, la catégorie BUS permet de représenter avec précision les modifications/créations plans de circulation des BUS ;
- Motos et scooters (2RM)¹³ : cette catégorie intègre l'ensemble des véhicules motorisés à deux roues.

La répartition du parc roulant dans ces différentes catégories présentées ci-dessus, a été réalisée sur la base de la répartition du parc roulant français en 2021 et 2035 (traduite au format COPERT V) et adapté à la zone

¹³ Les tricycles motorisés n'ont pas été considérés dans cette étude

d'étude en tenant compte de la part en PL fixée dans l'étude de mobilité (INGE-INFRA, 2021 et mise à jour 2022).

Ainsi, pour chaque tronçon, les pourcentages de chaque catégorie de véhicules ont été calculés à partir des données de comptages réalisés. A noter que l'étude INGE-INFRA 2021 n'a pas procédé aux comptages des deux roues. Cette catégorie a été intégrée dans nos calcul sur la base des données nationales et dans un environnement urbain.

Les données de distribution par catégorie de véhicules sont présentées en Annexe.

A partir de ces données d'activités (distribution par catégorie de véhicules et nombre de total de véhicules en circulation dans la zone d'étude), notre méthodologie, conforme au guide Cerema (2019), permet de calculer les émissions de polluants atmosphériques à partir des phénomènes émissifs principaux et décrits sur la figure suivante. Cette méthodologie repose sur des facteurs d'émission présentés dans le paragraphe suivant.

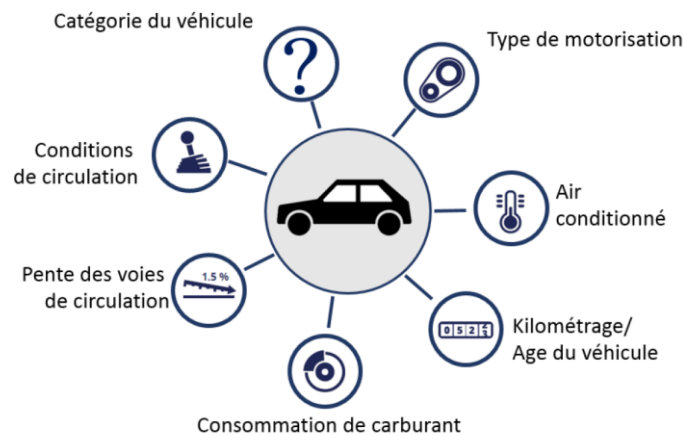


Figure 34 : Phénomènes pris en compte dans les émissions par échappement

4.2.3 Les facteurs d'émission

On appelle « facteur d'émission », les quantités de polluants rejetées par un véhicule et sur une distance donnée. Ces facteurs d'émissions varient selon le polluant considéré et selon l'origine des émissions.

4.2.3.1 Facteurs d'émissions à l'échappement et à l'évaporation

Pour les émissions à l'échappement et à l'évaporation, les facteurs d'émissions sont exprimés en g/véh.km. Ces facteurs proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

- De la nature des polluants ;
- Du type de véhicule (essence/diesel, VL/PL....) ;
- Du « cycle » (trajet urbain, autoroute, moteur froid/chaud) ;
- De la vitesse du véhicule ;
- De la température ambiante (pour les émissions à froid).

Les facteurs d'émissions que nous utiliserons pour la présente étude sont ceux recommandés par l'Union Européenne, c'est-à-dire ceux du programme **COPERT V**. En France, son utilisation est par ailleurs recommandée par le Cerema (2019) pour la réalisation des études d'impact du trafic routier. Pour les horizons futurs, les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule.

Dans le cadre de l'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation, il existe également des facteurs de surémissions dues aux démarrages à froid. Ces facteurs sont liés à la typologie des routes (autoroute, urbaine, rurale) et au parcours moyen.

En zone urbaine, la longueur moyenne d'un trajet est de l'ordre de 3 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid de l'ordre de 50 % alors que sur autoroute la longueur moyenne d'un trajet est de l'ordre de 60 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid de l'ordre de 10 %. En moyenne, en France, la longueur moyenne d'un trajet est de 12 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid moyen de l'ordre de 30 %.

L'aménagement au niveau l'îlot C qui accueillera des logements/bureaux et places de stationnement, engendrera des déplacements supplémentaires dans l'environnement du projet. Ainsi, dans le cadre de cette étude, le parcours moyen retenu sur la zone d'étude sera le **parcours moyen en zone urbaine soit 3 km**.

4.2.3.2 Facteurs d'émissions unitaires pour les émissions dues aux équipements automobiles

Les facteurs d'émission choisis pour les polluants émis par les équipements automobiles sont issus de la méthodologie EMEP publié en 2019¹⁴ qui propose une description précise de ce type d'émissions par type d'usure (freins et pneus) et couvrent les émissions de matière particulaire en incluant la spéciation du « black carbon », des métaux ainsi que des HAP principaux. Ils sont exprimés en g/véh.km et peuvent être émis par les pneumatiques et les garnitures de freins (notons que les émissions par les huiles lubrifiantes ne sont pas quantifiables, et par conséquent non prises en compte dans cette étude).

4.2.3.3 Facteurs d'émissions unitaires pour les émissions dues à l'entretien des voies

Les facteurs d'émission choisis pour les polluants émis par l'entretien des voies sont issus du document « Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières » (Ministère de la Santé - Novembre 2004).

Ils sont exprimés en g/km.an et sont émis uniquement par les fondants routiers (notons que les émissions par les glissières de sécurité ne sont pas quantifiables, et par conséquent non prises en compte dans cette étude).

4.3 Résultats des estimations des émissions totales de la zone d'étude

Le bilan des émissions totales de chacun des polluants est présenté dans le tableau suivant, et ce pour l'ensemble du domaine d'étude et pour les 3 scénarii. Les tableaux détaillés des émissions estimées sur chacun des tronçons selon le scénario considéré sont fournis en Annexe.

¹⁴ EMEP, Guidebook, 2019. Road transport : Automobile tyre and brake wear, automobile road abrasion

Tableau 36 : Émissions totales journalières des tronçons de routes étudiées

	NOx (kg/j)	SO2 (kg/j)	CO (kg/j)	Benzène (g/j)	COV (kg/j)
Etat Initial - 2021	6,40	0,07	16,08	145,23	2,62
Scénario Futur sans Projet - 2035	2,77	0,07	7,42	112,65	2,04
Impact sans Projet - 2035	-56,7%	-4,76%	-53,88%	-22,43%	-22,16%
Scénario Futur avec Projet - 2035	3,78	0,09	9,76	147,89	2,69
Impact du Projet - 2035	36,61%	37,85%	31,63%	31,28%	31,56%
	PM10 (kg/j)	PM2.5 (kg/j)	As (g/j)	Ni (g/j)	BaP (mg/j)
Etat Initial - 2021	0,59	0,39	0,21	0,44	14,87
Scénario Futur sans Projet - 2035	0,54	0,33	0,21	0,45	10,40
Impact sans Projet - 2035	-8,23%	-16,81%	0,4%	0,93%	-30,02%
Scénario Futur avec Projet - 2035	0,76	0,46	0,26	0,57	13,68
Impact du Projet - 2035	42,11%	41,62%	26,91%	27,41%	31,5%

BaP: Benzo(a)pyrène

Entre le scénario « actuel 2021 » et le scénario « futur sans projet 2035 », alors qu'aucune augmentation de la longueur du réseau n'est envisagée, on observe une diminution des émissions de la plupart des composés étudiés. Ces diminutions sont principalement liées à l'application des normes d'émissions Européenne les plus récentes, au renouvellement du parc automobile, à l'utilisation de nouvelles technologies moins polluantes (véhicules hybrides, etc.). Les émissions ne sont augmentées que pour le l'arsenic et le nickel dans des proportions relativement faibles.

Ainsi, nous pouvons noter des évolutions différenciées selon les polluants avec :

- Une baisse des émissions en monoxyde de carbone (53,88%), polluant caractéristique des véhicules essence pour lesquels l'évolution du parc roulant est accompagnée d'amélioration technologique ;
- Une baisse comprise entre 8,23% et 56,7% des émissions de Benzène, de COV, de NOX, de BaP et des PM : polluants pour lesquels l'évolution du parc roulant est accompagnée d'améliorations technologiques ;
- Une diminution des émissions en SO2 de 4,76% : les émissions de ce polluant sont directement liées à l'amélioration de la qualité du carburant et une baisse de la consommation de carburant.
- Des émissions en arsenic et nickel stables : pour ces polluants, Les émissions de ces métaux sont en grande partie dues au phénomène d'abrasion, et donc indirectement à distance totale parcourue. Ainsi les améliorations technologiques ne suffisent pas à compenser les émissions dues à l'abrasion, et ne conduisent pas à une diminution des émissions.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de 26,91 % à 42,11 % des émissions polluantes sur le domaine d'étude (variation entre le scénario « futur avec projet - 2035 » et le scénario « futur sans projet - 2035 »). Cette augmentation est directement liée à l'augmentation du nombre de véhicules en circulation sur les tronçons routiers et l'augmentation de la longueur du réseau.

Selon les polluants, la variation des émissions est différente car celles-ci peuvent être liées à l'entretien des voies et/ou à l'usure des équipements automobiles et/ou dues à l'échappement et l'évaporation, et ne dépendent pas des mêmes facteurs :

- Les émissions liées à l'entretien des voies vont dépendre uniquement de la longueur du tronçon : quel que soit le polluant, les émissions augmentent avec la longueur du tronçon ;
- Les émissions liées à l'usure des équipements automobiles vont dépendre :
 - Des distances parcourues : les émissions augmentent avec les distances parcourues ;
 - Du nombre de véhicules par catégorie : les facteurs d'émissions varient entre les VP, VUL, PL, bus et 2R ;
- Les émissions à l'échappement et à l'évaporation vont dépendre principalement :
 - Des distances parcourues : quel que soit le polluant, les émissions augmentent avec les distances parcourues ;
 - Du nombre de véhicules par catégorie : les facteurs d'émissions varient entre les VP, VUL, PL, bus et 2R ;
 - Des vitesses de circulation : selon le polluant, les émissions évoluent différemment avec la vitesse. Pour les COVNM, les émissions diminuent lorsque la vitesse augmente, alors que pour les autres polluants, la vitesse n'influe pas de manière significative sur les émissions, si celle-ci est comprise entre 40 et 90 km/h (l'évolution des émissions en fonction de la vitesse présente un point d'inflexion vers 65 km/h).

4.4 Bilan de la consommation énergétique

Le tableau suivant présente les résultats de la consommation énergétique journalière sur le domaine d'étude. Le total est exprimé en Tonne Equivalent Pétrole par jour (TEP/j).

Tableau 37 : Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude

	Consommation énergétique
	TEP /j
Etat Initial - 2021	0,90
Scénario Futur sans Projet - 2035	0,94
Impact sans Projet - 2035	4,49%
Scénario Futur avec Projet - 2035	1,29
Impact du Projet - 2035	37,43%

D'ici à 2035 (différence entre le scénario « futur sans projet – 2035 » et le scénario « actuel – 2021 », la consommation énergétique totale augmente de 4,49%. Cette augmentation est directement liée au à l'augmentation du nombre de véhicules en circulation et les distances parcourues totales **(+31%)**.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de la consommation énergétique totale de 37,43% en 2035 (différence entre les scénarii futurs avec projet - 2035 et futur sans projet - 2035) liée à l'augmentation des distances parcourues totales (+31%).

4.5 Bilan des gaz à effet de serre

Le tableau suivant présente les résultats des émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) sur le domaine d'étude. Ces émissions de GES regroupent les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O). Le total est exprimé en équivalent CO₂. Pour convertir les émissions en équivalent CO₂, nous avons utilisé le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) sur 100 ans du GIEC des gaz étudiés.

Tableau 38 : Bilan de gaz à effet de serre sur le domaine d'étude

	GES
	T eq CO ₂ / j
Etat Initial - 2021	2,91
Scénario Futur sans Projet - 2035	3,03
Impact sans Projet - 2035	3,90%
Scénario Futur avec Projet - 2035	4,16
Impact du Projet - 2035	37,31%

D'ici à 2035 (différence entre le scénario « futur sans projet – 2035 » et le scénario « actuel – 2021 »), les émissions en GES augmentent de 3,90 %. Cette augmentation est directement liée au à l'augmentation du nombre de véhicules en circulation.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation des émissions de GES totale de 37,31 % en 2035 (différence entre les scénarii « futur avec projet – 2035 » et « futur sans projet – 2021 ») liée à l'augmentation des distances parcourues totales (+ 31 %).

5. Monétarisation des coûts collectifs

Le décret n°2003-767 introduit les notions de monétarisation et d'analyse des coûts collectifs.

Dans le cadre d'une étude « air et santé », les effets monétarisés sont ceux **en lien avec les thèmes liés relatifs à la pollution atmosphérique**, à savoir :

- Les coûts liés à la pollution de l'air ;
- Les coûts liés aux gaz à effet de serre.

Dans le cadre de cette étude, ces coûts ont été calculés en tenant compte de la Note technique du 27 juin 2014 qui présente la méthode d'évaluation des projets de transports et notamment les outils de calcul de monétarisation des coûts. Elle remplace l'instruction-cadre du 25 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005.

5.1 Coûts liés à la pollution locale de l'air

Les coûts liés aux effets sur la santé de la pollution de l'air dépendent de la concentration de polluants et de la densité de la population dans les zones impactées. Cela conduit à retenir des valeurs de coûts différentes selon le milieu considéré (en campagne, en milieu urbain diffus...).

Le tableau suivant précise les coûts de pollution (en €/100.véh.km) pour chacune des catégories de véhicules et pour chacun des seuils d'urbanisation.

Tableau 39 : Coûts de pollution (en €/100 véh.km)

Catégorie de véhicule	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Inter urbain
VP	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
VUL	32,3	8,7	3,4	2,4	1,6
PL	186,6	37	17,7	9,4	6,4
2 roues	8,7	2,5	1	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Source : Note technique relative à l'évaluation des projets de transport du 27 juin 2014 et Fiches outils associées

Le choix du seuil d'urbanisation est défini dans le tableau ci-après.

Tableau 40 : Densité de population du projet

Paramètre	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette (hab/km ²)	< 37	37 - 450	450 - 1500	1500 – 4500	> 4500
Densité moyenne (hab/km ²)	25	250	750	2250	6750

Source : Note technique relative à l'évaluation des projets de transport du 27 juin 2014 et Fiches outils associées

Une évolution temporelle de ces valeurs (par rapport à l'année de référence 2010) doit être prise en compte sur la base de :

- L'évolution du PIB par tête : l'instruction de 2014 propose une augmentation de +1,8%/an jusqu'en 2030.
- L'évolution des émissions individuelles : l'instruction de 2014 propose une réduction annuelle de 6% (liée au développement des véhicules Euro/EURO 5 et 6). Aucune information n'est cependant disponible pour une projection plus lointaine que 2020. Ainsi, en l'absence d'informations complémentaires, nous avons également considéré une réduction de -6 %/an au-delà de 2020.

Compte-tenu de la densité de population sur la zone d'étude (733 hab/km²), le calcul des coûts collectifs liés à la pollution de l'air a été effectué à partir des coefficients d'un **milieu urbain**.

Le tableau ci-dessous présente les coûts, liés à la pollution de l'air, estimés dans le cadre de cette étude, (le détail des calculs est présenté en annexe).

Tableau 41 : Valeur de la pollution atmosphérique (€/jour)

Coûts lié à la pollution de l'air (€/jour)		
Actuel - 2021	Futur sans projet - 2035	Futur avec projet - 2035
226 €/jour	138 €/jour	190 €/jour

Les coûts liés à la pollution de l'air à l'horizon du projet sont évalués à 190 €/j. Le projet contribuerait à une augmentation supplémentaire des coûts collectifs d'environ 52 €/j soit une augmentation des coûts collectifs d'environ 37,7%. Les coûts sont supérieurs avec le projet en raison de l'augmentation du trafic liée au projet.

A noter que les coûts liés à la pollution de l'air sont en baisse entre 2021 et 2035, de par la diminution des émissions atmosphériques induites par la modernisation du parc roulant.

5.2 Coûts liés à l'effet de serre

Les coûts liés à l'effet de serre additionnel sont calculés sur la base d'une valeur du coût de la tonne de CO₂, et d'une évolution de cette dernière dans le temps préconisé par la note technique de 2014 et le rapport « L'évaluation socioéconomique des investissements publics » du CGSP¹⁵ de 2013 à savoir :

- Une valeur de 32 € la tonne de CO₂ en 2010 ;
- Une valeur de 56 € la tonne de CO₂ en 2020 ;
- Une valeur de 100 € la tonne de CO₂ en 2030 ;
- Au-delà de 2030, la valeur de la tonne de CO₂ croît selon le taux d'actualisation pris en compte pour le calcul de la valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) soit, en première approche 4,5% si la VAN-SE est sensible au risque systémique, 4% sinon.

En l'absence de valeurs entre 2010, 2020 et 2030, il a été considéré une augmentation linéaire.

Les résultats des coûts des nuisances liées à l'effet de serre additionnel sont présentés dans le tableau suivant (le détail des calculs est présenté en annexe).

Tableau 42 : Résultats du calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Coûts lié à l'effet de serre additionnel (€/jour)		
Actuel - 2021	Futur sans projet - 2035	Futur avec projet - 2035
173 €/jour	377 €/jour	518 €/jour

Les coûts liés à l'effet de serre additionnel à l'horizon du projet sont évalués à 518 €/j. Le projet contribuerait à une augmentation supplémentaire des coûts collectifs d'environ 141 €/j soit une augmentation des coûts d'environ 37,4 %. Les coûts sont supérieurs avec le projet en raison de l'augmentation du trafic liée au projet.

A noter que les coûts liés à l'effet de serre sont également en hausse entre 2021 et 2035, en raison de la hausse du coût de la tonne de CO₂.

¹⁵ CGPS : Commissariat Général à la Stratégie et la Perspective

6. Analyses des incertitudes

La quantification des émissions se base sur de nombreuses hypothèses qui engendrent des incertitudes.

Ces hypothèses, non exhaustives, sont :

- La vitesse de circulation des véhicules (vitesses limites de circulation actuelles). De plus, la vitesse prise en compte est considérée comme constante. Elle ne tient pas compte des accélérations et décélérations en début et fin de tronçons ;
- Le nombre de véhicules pris en compte pour les différents scénarii (actuel, futur avec et sans projet), données issues de l'étude trafic réalisée par INGE-INFRA en 2021 et mise à jour en 2022 ;
- Les facteurs d'émissions utilisés par TREFIC (facteurs COPERT V) ;
- La répartition du parc automobile ;

Les principales incertitudes, pouvant modifier les résultats de l'étude, sont le nombre de véhicules roulant ainsi que la répartition du parc automobile pour les différents scénarii, et en particulier pour les scénarii futurs. Ces incertitudes sont, en l'état actuel des connaissances, non quantifiables.

De plus, en l'absence de facteur d'émissions, les émissions liées aux huiles lubrifiantes et aux glissières de sécurité n'ont pas été prises en compte dans cette étude compte tenu du manque de données pour les quantifier.

7. Mesures de lutte contre la pollution atmosphérique

7.1 Mesures destinées à limiter les impacts du projet

Dans le cadre de ce projet, compte tenu des impacts non significatifs en termes de qualité de l'air et de santé aucune mesure compensatoire n'est envisagée.

Toutefois, il est important de savoir que la pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesure compensatoire quantifiable mais plusieurs types d'actions peuvent être envisagés pour limiter, à proximité d'une voie donnée, la pollution :

- **La réduction ou la préservation par la « matière grise »** (éloignement des sites sensibles, à forte densité de population pour les projets neufs...), qui consiste à étudier les mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques ;
- **La réduction des émissions polluantes à la source** : indépendamment des mesures envisageables sur le véhicule lui-même, on peut influencer les émissions polluantes par une modification des conditions de circulation (limitation de vitesse à certaines périodes ou en continu, restrictions pour certains véhicules...). Ces mesures relèvent de la législation des transports ;
- **La limitation de la dispersion des polluants** : on distingue deux types de pollution, la pollution gazeuse et la pollution particulaire.

La pollution gazeuse ne peut pas être éliminée par un obstacle physique à l'inverse des ondes sonores, qui peuvent être stoppées par un écran ou un talus antibruit. On pourra tout au plus limiter les situations à risques en facilitant sa dilution ou déviation du panache de polluants d'un endroit vers un autre. De nouveaux procédés « digesteurs de NOX » au niveau des murs et revêtements de chaussées peuvent cependant être mis en place suivant leurs performances techniques.

La diffusion de la pollution particulaire peut, quant à elle, être piégée en intégrant des écrans physiques ou végétaux (mur anti-bruit, barrière végétale) mais également en agissant directement sur le tracé (adaptation des profils en long, modulation du profil en travers, utilisation d'enrobés drainants).

- **Le suivi, la surveillance et l'information**. Dans le cadre de très gros projets (études de niveau I...) ou dans le cas où des problèmes de pollution sont à attendre (dépassement des objectifs de qualité de l'air, milieu fortement urbanisé...), des capteurs de mesures de la pollution peuvent être installés à demeure. L'implantation de ce type de station vient compléter le dispositif de surveillance des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et peut être réalisé en liaison avec celles-ci. Le maître d'ouvrage pourra ainsi réaliser le suivi de l'impact de l'infrastructure, associé à l'AASQA qui en assurera la surveillance et la diffusion de l'information. Ces stations sont majoritairement équipées d'analyseurs en continu, pour les polluants tels que les NOX, le benzène ou les particules PM10.

7.2 Mesures destinées à limiter les impacts du projet en phase chantier

En phase chantier, les travaux d'aménagements du quartier seront principalement constitués par :

- Les terrassements : décapage des zones à déblayer, dépôt et compactage des matériaux sur les zones à remblayer ;
- Les travaux de voiries et réseaux divers ;
- Les constructions de bâtiments ;
- La construction des parkings.

La réalisation du projet pourrait provoquer des perturbations de trafic. Les principaux impacts sur la qualité de l'air du projet en phase chantier se traduiront donc par :

- Des envolées de poussières dues aux travaux (les poussières soulevées par les engins durant les phases de terrassement/remblai et de manipulation des matériaux) : ces émissions seront dues à la fragmentation des particules du sol ou du sous-sol. Elles seront d'origines naturelles et essentiellement minérales ;
- Des émissions de monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, oxydes d'azote, composés organiques volatiles et métaux lourds (plomb, cadmium, vanadium) liées à la circulation des engins de chantier et des poids lourds (chargement et le transport des matériaux).

En ce qui concerne les envolées de poussières, celles-ci seront fortement dépendantes des conditions météorologiques. Le risque d'envolées sera en pratique limité aux longues périodes sèches et venteuses, peu fréquentes compte tenu de la climatologie du site. Afin d'en limiter l'impact, et donc la pollution de l'air ou les dépôts sur la végétation aux alentours qui pourraient en résulter, il est conseillé d'arroser les pistes par temps sec et venteux.

En ce qui concerne l'émission des gaz d'échappement issus des engins de chantier, celle-ci sera limitée car les véhicules utilisés respecteront les normes d'émission en vigueur en matière de rejets atmosphériques (utilisation d'engin de chantier récents soumis à norme de pollution plus contraignante). Les effets de ces émissions, qu'il s'agisse des poussières ou des gaz, sont négligeables compte tenu de leur faible débit à la source.

CONCLUSION

SEDELKA réalise un projet d'aménagement de l'îlot C en partie nord-ouest de la ZAC Normandika à Fleury-sur-Orne (14).

Ce projet prévoit, un secteur à dominante de logements, côté bourg (essentiellement dans l'emprise hors ZAC), un campus / technopôle (au nord-est), un secteur à dominante d'activités tertiaires, bureaux, dans la partie « ZAC » et une « coulée verte » centrale avec des jardins familiaux.

Le Code de l'Environnement, et notamment ses articles L122-1 et suivants, prévoit que « les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages, qui par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences ». Les articles R122-1 à R122-16 du Code de l'Environnement en précisent les modalités d'application.

Dans ce cadre, GINGER BURGEAP a réalisé en 2021 le volet « Air et Santé » du projet. Le projet ayant depuis fait l'objet de modifications importantes, les autorités ont demandé que soient mise à jour l'étude d'impact et les différentes études qui la compose.

Ce rapport est donc la mise à jour du volet « Air et Santé » de l'étude RICENO01183-01 (Novembre 2021).

Les méthodes et le contenu du volet « Air et Santé » sont définis par le « Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières » (Cerema – Février 2019). Ainsi, cette étude comprend :

- Une description fine de la qualité de l'air actuelle sur la base de données bibliographiques et des résultats d'une campagne de mesures réalisées in situ ;
- Une évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air à partir de l'estimation des émissions liées au trafic routier ;
- Une estimation des coûts collectifs ;
- Un rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé ;
- Une proposition de mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

L'évaluation des impacts du projet sera réalisée sur la base de l'étude des 3 scénarii suivants :

- A l'état actuel, hors projet en 2021,
- A l'horizon « N » de la mise en service du projet en considérant :
 - Un scénario sans projet en 2035,
 - Un scénario avec projet en 2035.

▶ Etat actuel de la qualité de l'air

D'après les mesures réalisées par ATMO Normandie en 2021 à proximité de la zone d'étude :

- En 2021, la station « Ifs-rue Paul Claudel » présente une **concentration moyenne annuelle (10 µg/m³) qui respecte la valeur limite** fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La valeur limite horaire autorisée 18 heures de dépassement par an de la valeur de 200 µg/m³. Sur cette station, aucun dépassement n'a été observé.

En complément des mesures d'ATMO Normandie, GINGER BURGEAP a réalisé des mesures de NO₂ sur la zone d'étude du 20 Mai au 03 Juin 2021 afin de connaître les concentrations présentes sur la zone d'étude.

- Pour le NO₂, les concentrations sont plutôt homogènes. La valeur limite du NO₂ fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas dépassée pendant la campagne de mesures.

Enfin, les valeurs de la station ATMO citée précédemment ont également été relevées sur la période de la campagne de mesure :

- Pour la station « Ifs-rue Paul Claudel » présente une **concentration moyenne (4.1 µg/m³) qui respecte la valeur limite** fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

Ainsi les concentrations en NO₂ respectent la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle en 2021 et sur la campagne de mesures réalisées par GINGER BURGEAP en 2021.

► Estimation des émissions liées au trafic routier

Entre le scénario « actuel 2021 » et le scénario « futur sans projet 2035 », alors qu'aucune augmentation de la longueur du réseau n'est envisagée, on observe une diminution des émissions de la plupart des composés étudiés. Ces diminutions sont principalement liées à l'application des normes d'émissions Européenne les plus récentes, au renouvellement du parc automobile, à l'utilisation de nouvelles technologies moins polluantes (véhicules hybrides, etc.). Les émissions ne sont augmentées que pour l'arsenic et le nickel dans des proportions relativement faibles.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de 26,91 % à 42,11 % des émissions polluantes sur le domaine d'étude (variation entre le scénario « futur avec projet - 2035 » et le scénario « futur sans projet - 2035 »). Cette augmentation est directement liée à l'augmentation des distances parcourues totales (+ 31 %) et au changement du nombre de véhicules en circulation sur les tronçons routiers. Les vitesses relativement faibles (comprises entre 20 km/h et 55 km/h) sur les différents tronçons du domaine d'étude peuvent également expliquer ces augmentations.

► Impact du projet sur les coûts collectifs

A l'échelle globale du domaine d'étude, le projet engendre une augmentation des distances parcourues totales de 31%, ce qui conduit à une augmentation de la consommation énergétique et des émissions polluantes. Ces augmentations n'impactent pas les concentrations de manière significative mais impactent les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre additionnel.

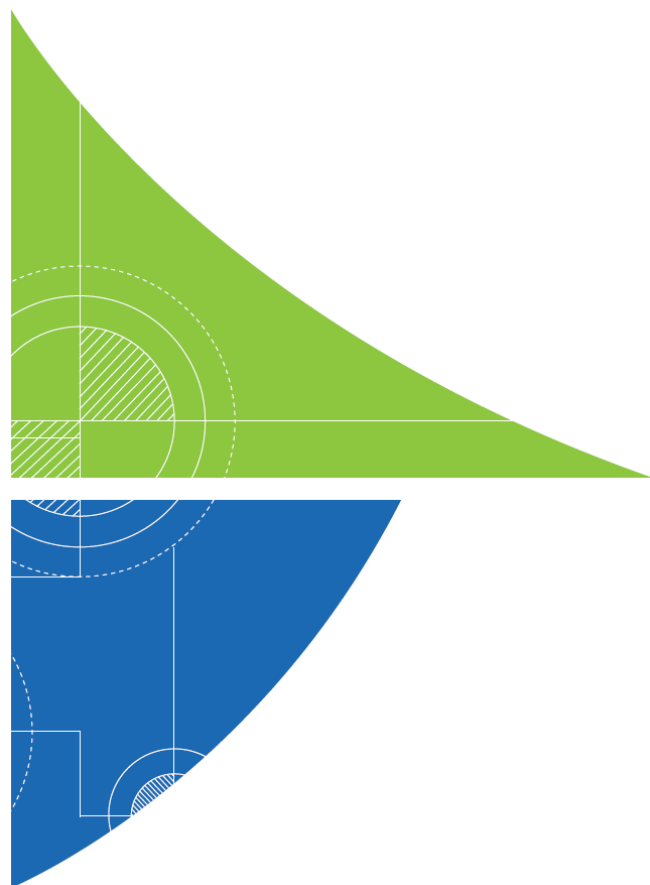
Le projet contribuerait à une augmentation des coûts collectifs en 2035 de 141 €/j (+37,4%) pour l'effet de serre et de 52 €/j (+37,7%) pour la pollution de l'air.

► Mesures de réduction d'évitement et de compensation

Malgré l'impact limité des émissions atmosphérique liées au projet sur la qualité de l'air, il peut néanmoins être envisagé de mettre en place certaines mesures compensatoires spécifiques pour limiter la pollution à proximité des voies de circulation telles que la réduction ou la préservation par la « matière grise » (choix de mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques), la réduction à la source, la limitation de la dispersion atmosphérique ainsi que l'information la surveillance et le suivi de la qualité de l'air.

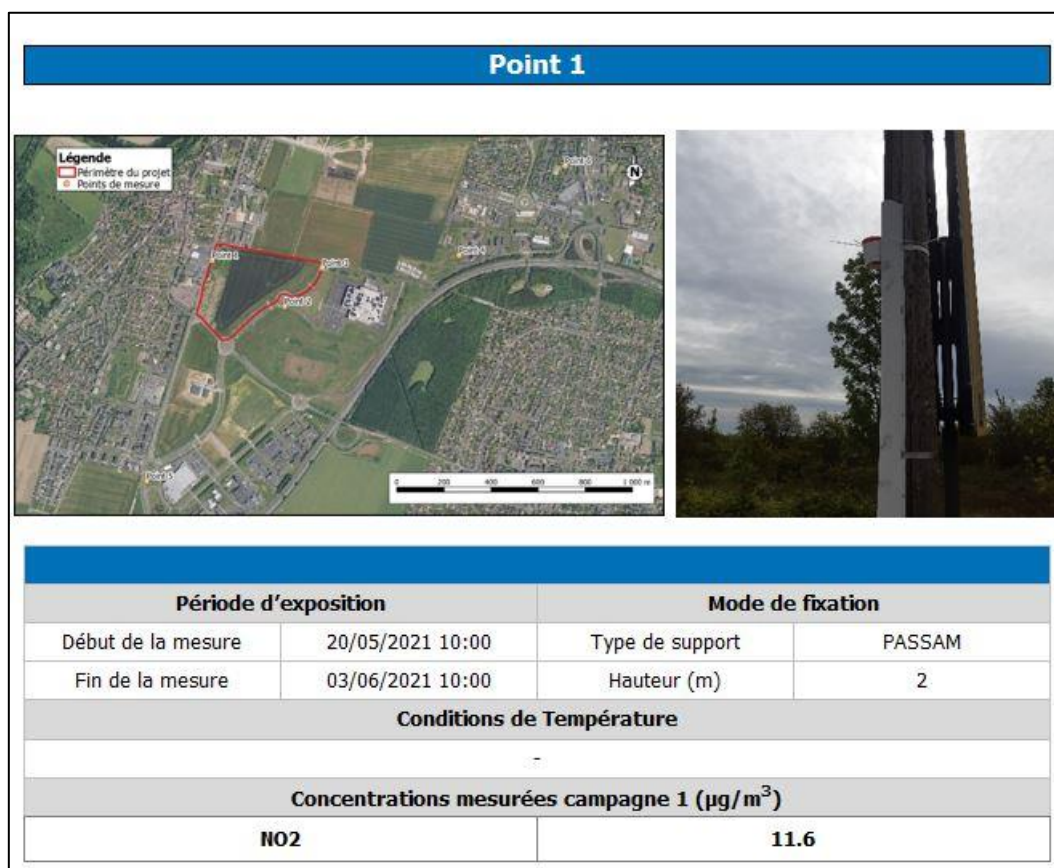
D'autres mesures pourront être envisagées en phase chantier, phase classiquement la plus impactante sur la qualité de l'air. Les mesures de réduction usuelles (arrosage des pistes par temps sec et venteux, aires de lavage pour les engins de chantier, nettoyage régulièrement les voies d'accès au chantier, etc.) devraient suffire à limiter ces impacts.

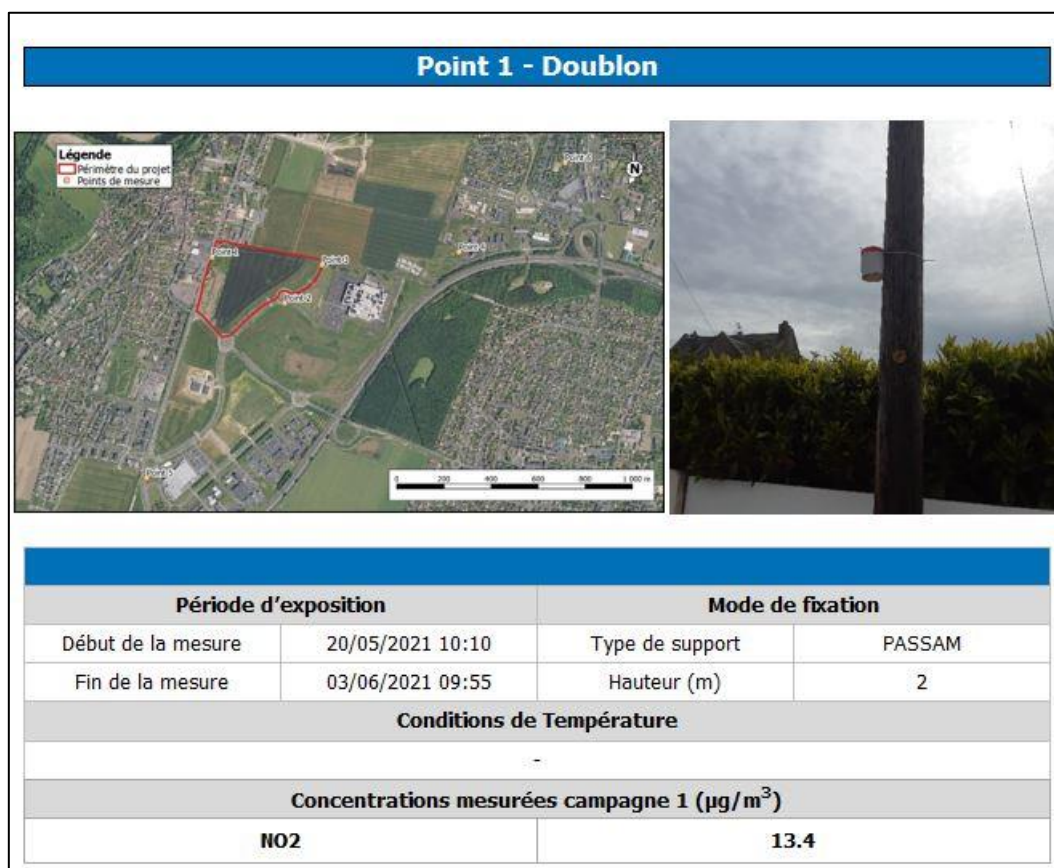
ANNEXES

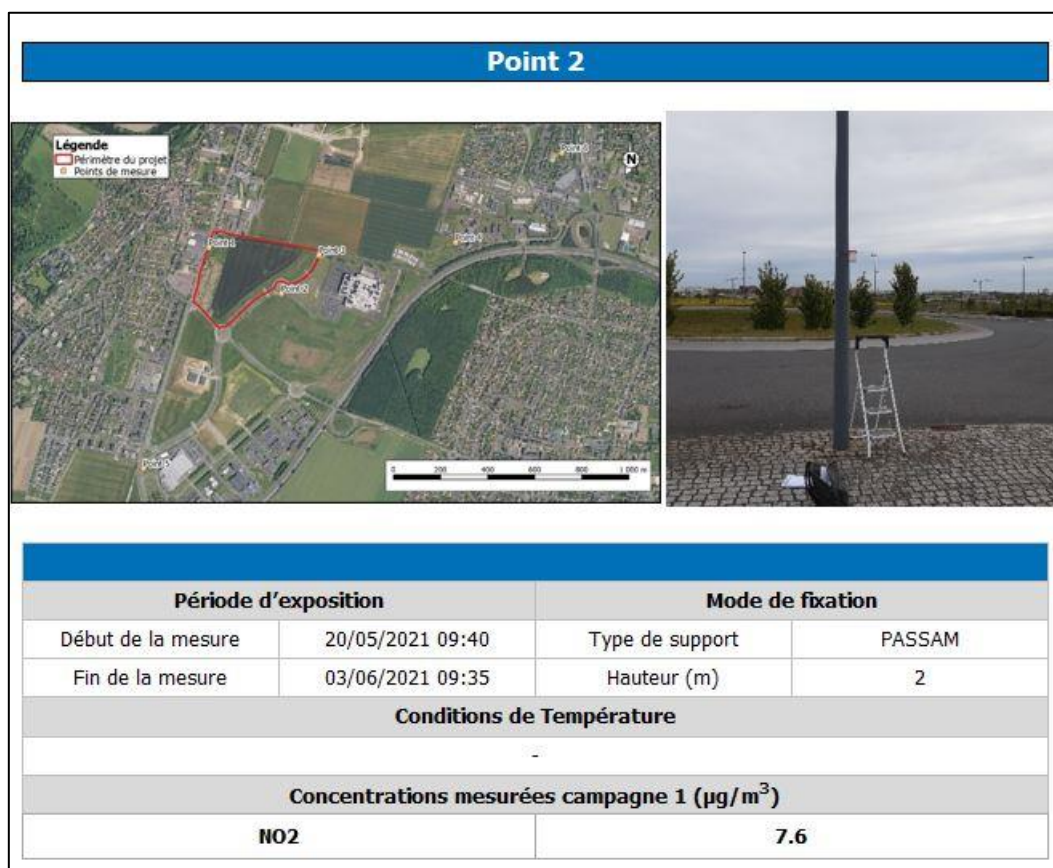


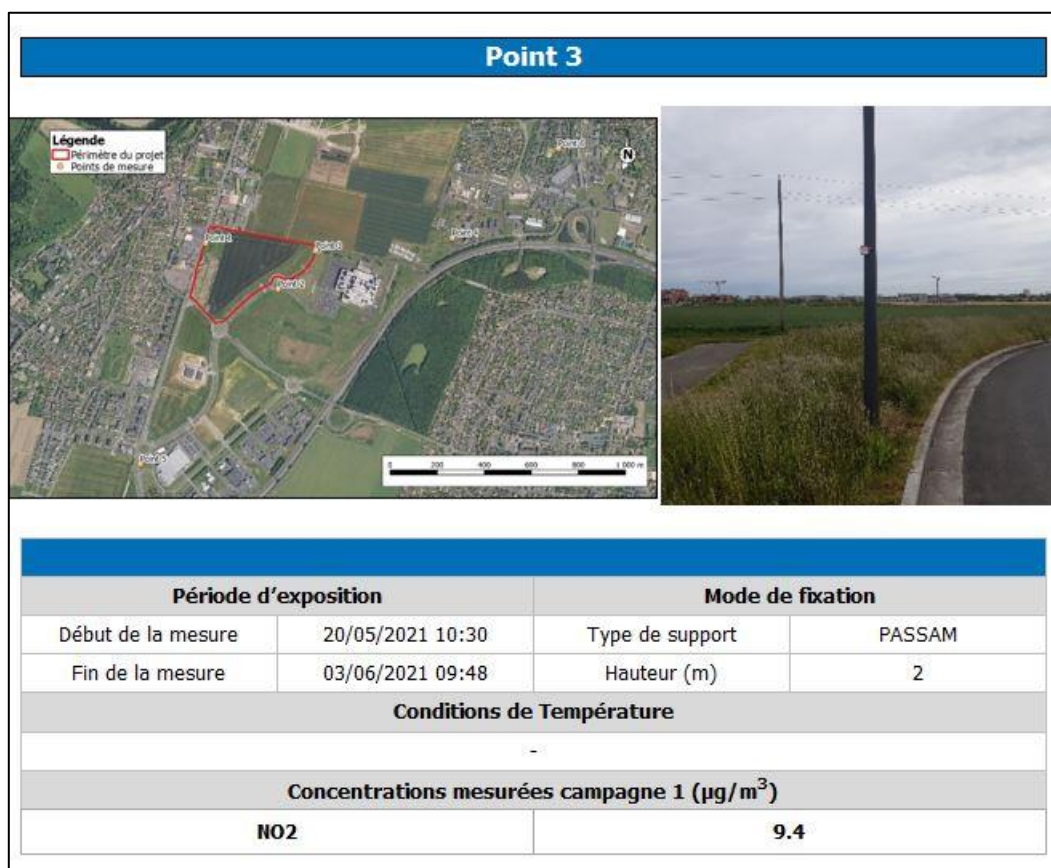
Annexe 1. Fiches de mesures

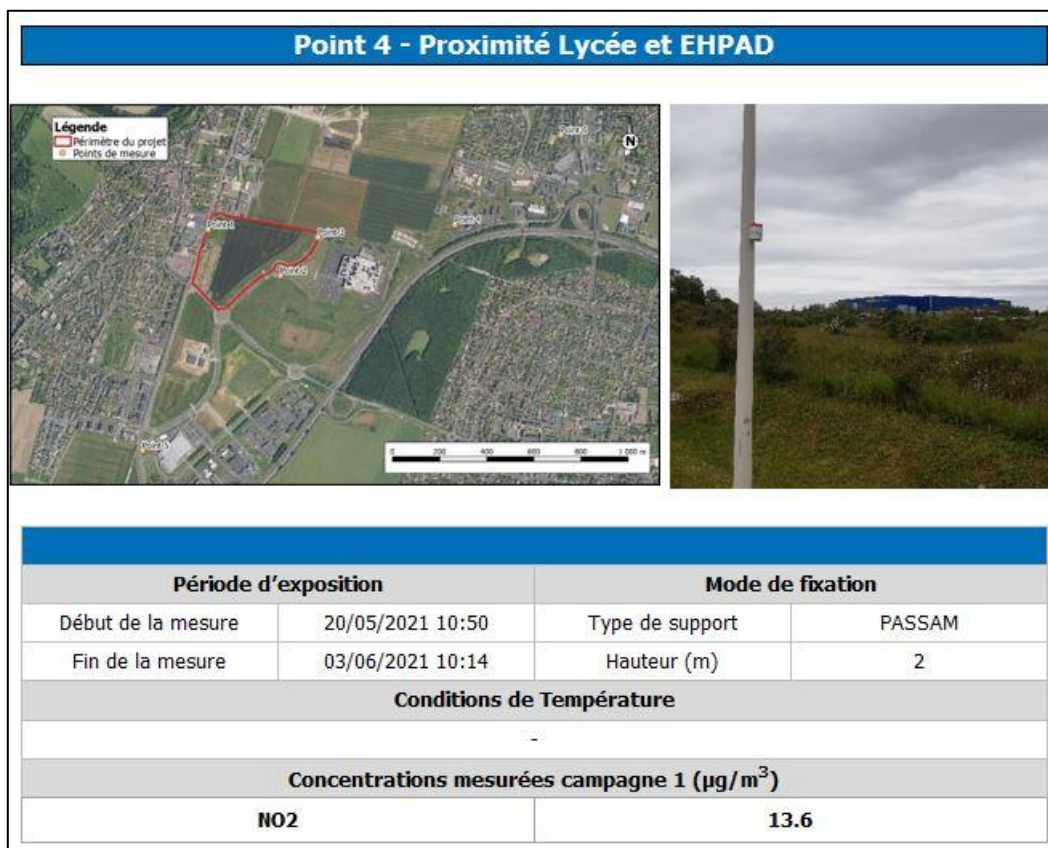
Cette annexe contient 7 pages.

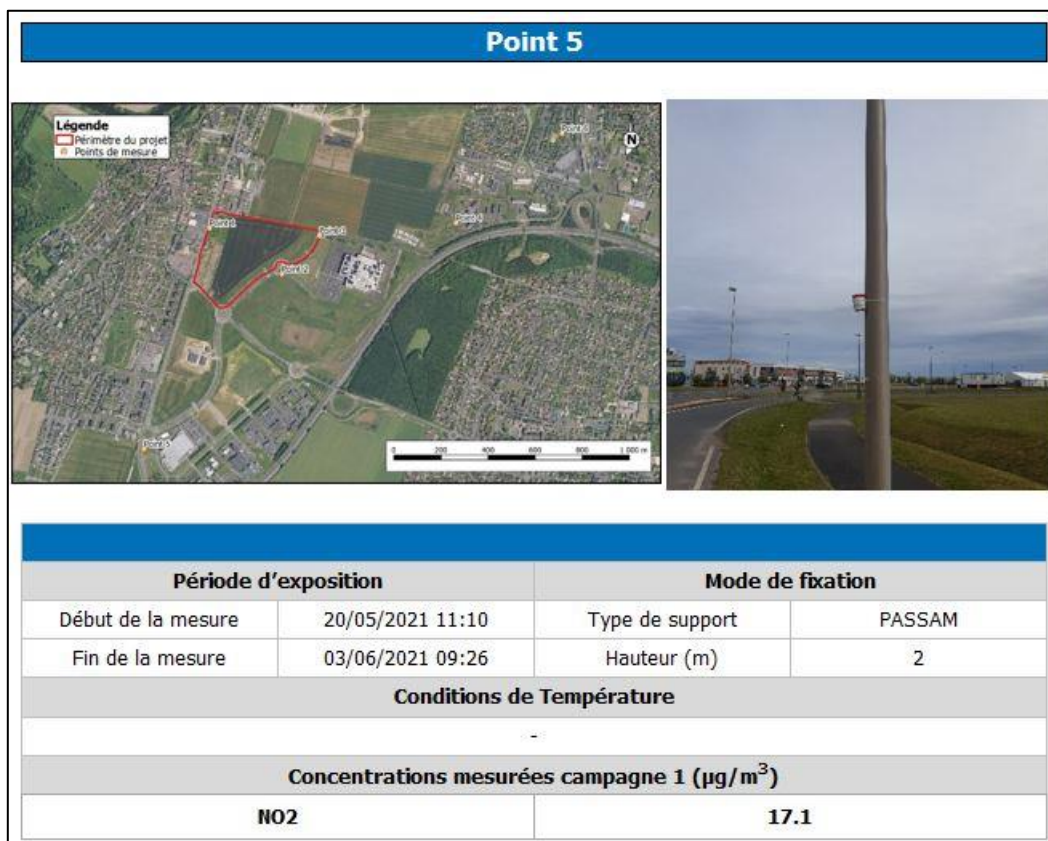


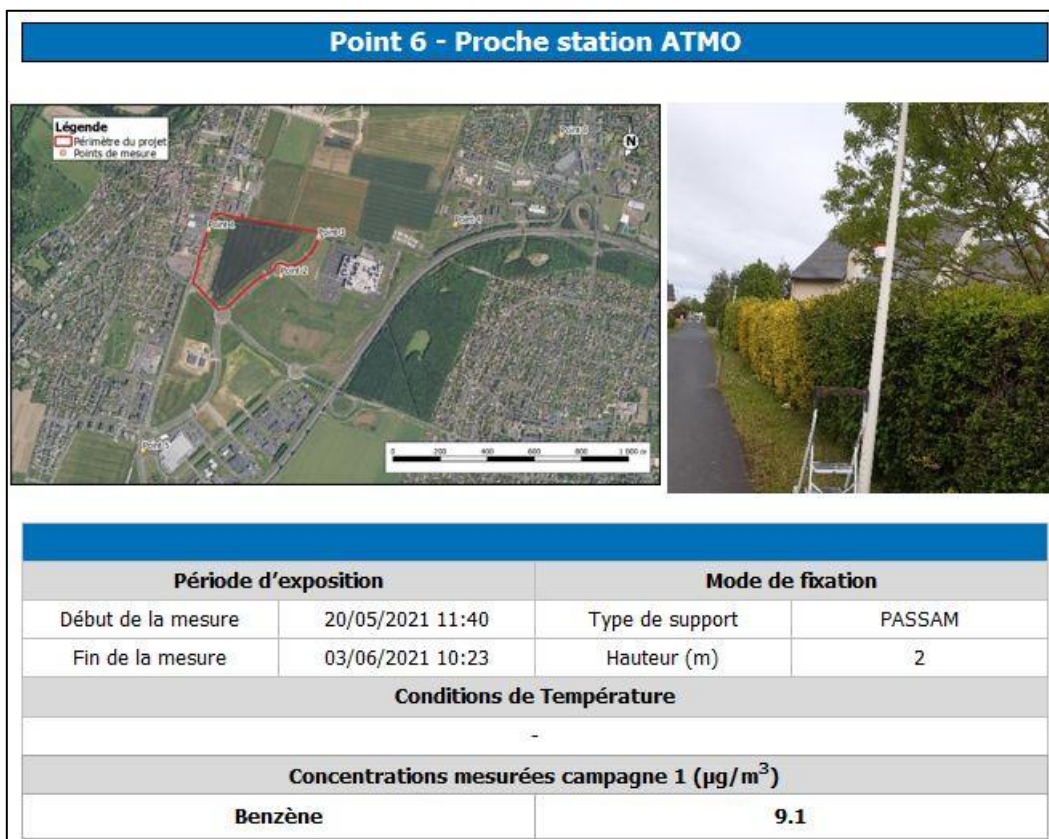












Annexe 2. Résultats d'analyses

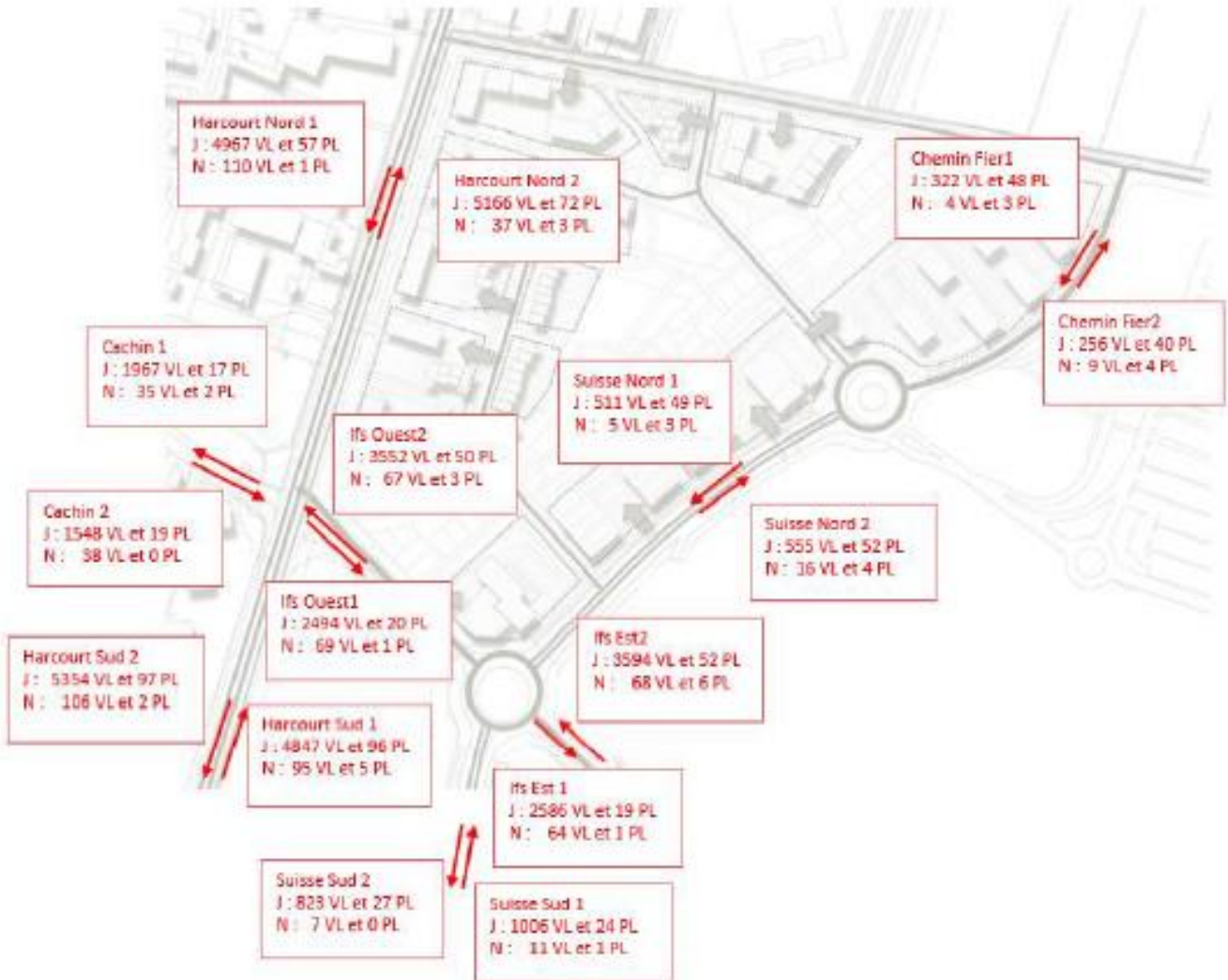
Cette annexe contient 7 pages.

site de mesure	échantillonneur passif		période de mesure				temps d'expo. [h]	mesure			résultat	
	ID	lot no.	début		fin			blanc [ABS]	dilution	valeur [ABS]	m analyte/ sampler [ug]	C NO2 [ug/m3]
			date	heure	date	heure						
Point 2	FBUC 21	44292	20/05/2021	09:40	03/06/2021	09:35	335.9	0.004	1	0.063	0.13	7.6
Point 1	25	44292	20/05/2021	10:00	03/06/2021	10:00	336.0	0.004	1	0.094	0.20	11.6
Point 1 Doublon	23	44292	20/05/2021	10:10	03/06/2021	09:55	335.8	0.004	1	0.108	0.23	13.4
Point 3	26	44292	20/05/2021	10:30	03/06/2021	09:48	335.3	0.004	1	0.077	0.16	9.4
Point 4	24	44292	20/05/2021	10:50	03/06/2021	10:14	335.4	0.004	1	0.109	0.23	13.6
Point 5	22	44292	20/05/2021	11:10	03/06/2021	09:26	334.3	0.004	1	0.136	0.29	17.1
Point 6	28	44292	20/05/2021	11:40	03/06/2021	10:23	334.7	0.004	1	0.074	0.16	9.1
Blanc de terrain	29	44292	20/05/2021		03/06/2021		336.0	0.004	1	0.004	< 0.01	< 0.6

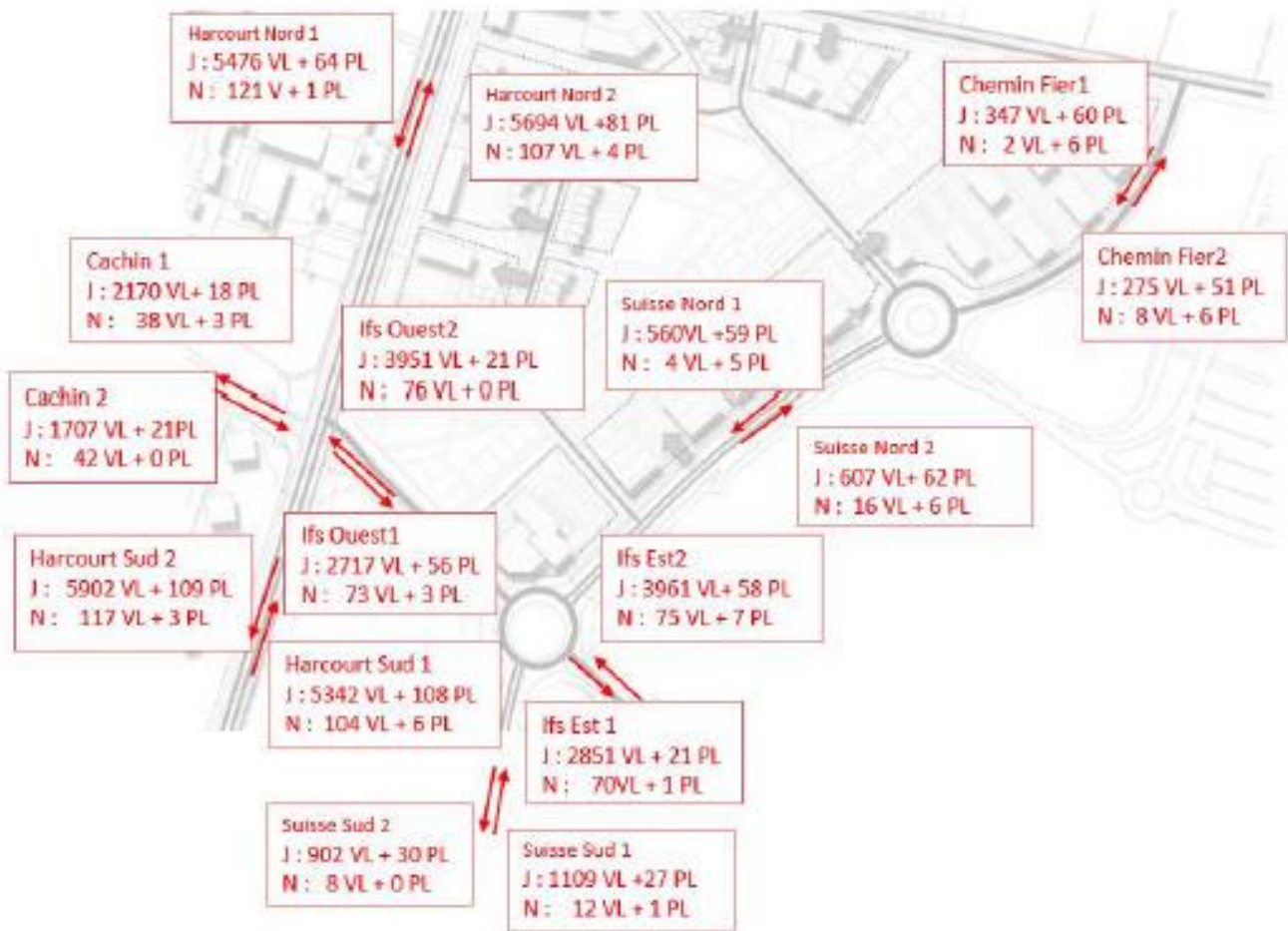
Annexe 3. Données trafic INGE-INFRA

Cette annexe contient 3 pages.

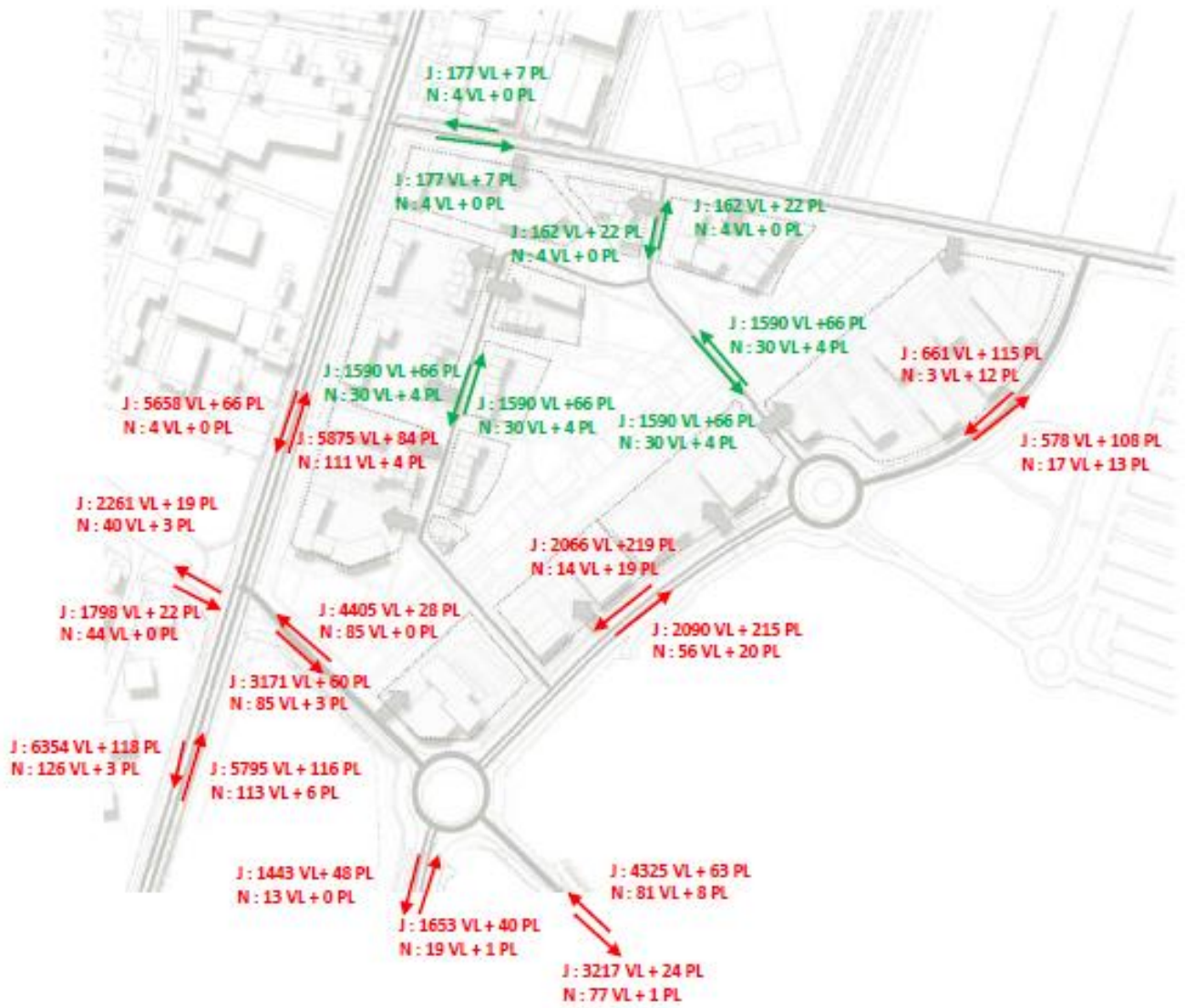
Carte des trafics routiers à l'horizon actuel 2021



Carte des trafics routiers à l'horizon fil de l'eau 2035



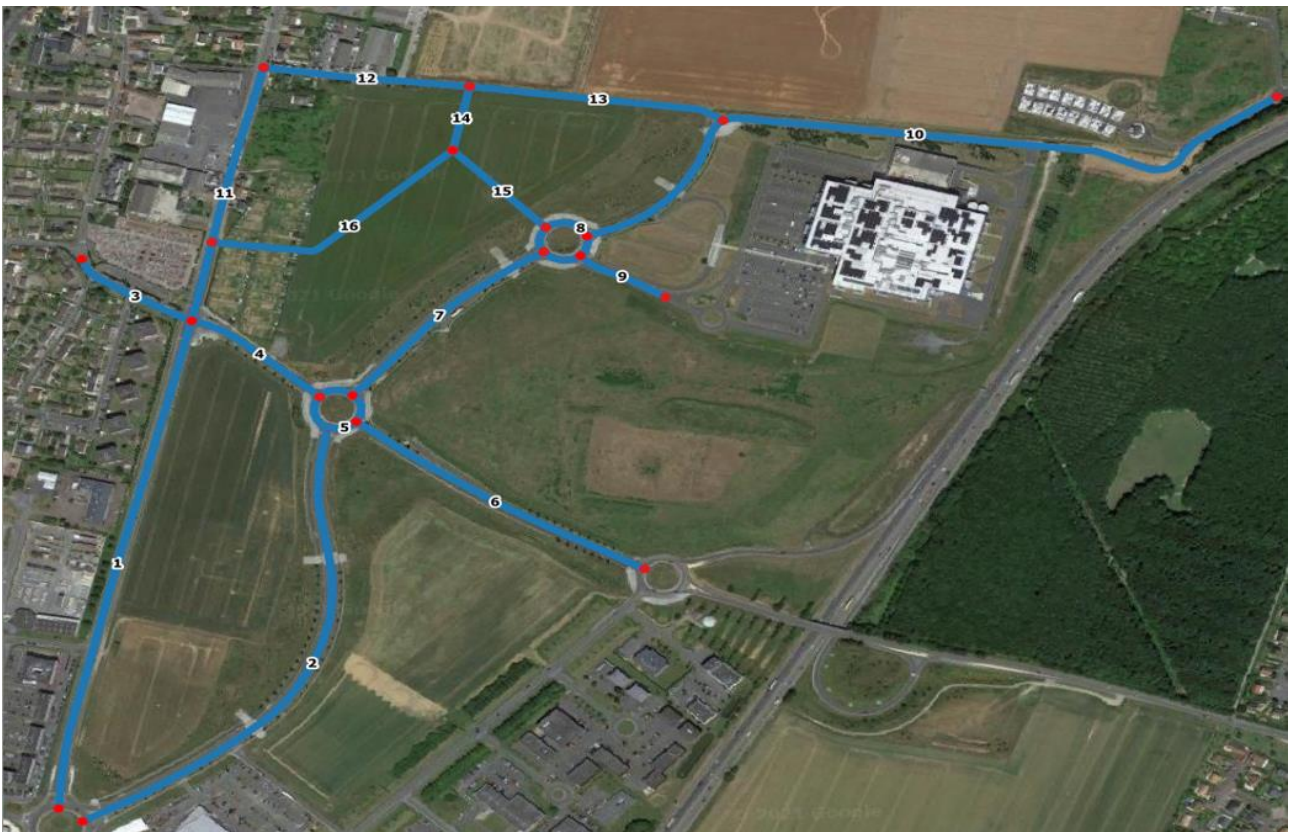
Carte des trafics routiers à l'horizon du projet 2035



Annexe 4. Caractéristiques des tronçons

Cette annexe contient 1 page.

Id_initial	Longueur du tronçon (m)	Scénario	Type de zone	Type de voie	Nombre de voie
1	634	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
2	619	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 2 voies
3	140	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Voirie de quartier, voie résidentielle	2 x 1 voie
4	164	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
5	154	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Connecteurs de zone	2 x 1 voie
6	349	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
7	269	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 2 voies
8	155	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Connecteurs de zone	2 x 1 voie
9	102	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
10	820	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
11	330	ACTU-REF-PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
12	212	PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
13	265	PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Structurante : Voirie locale	2 x 1 voie
14	83	PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Voirie de quartier, voie résidentielle	2 x 1 voie
15	136	PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Voirie de quartier, voie résidentielle	2 x 1 voie
16	296	PRO	1 : urbain HP (Heure de Pointe)	Autre : Voirie de quartier, voie résidentielle	2 x 1 voie



Annexe 5. Monétarisation

Cette annexe contient 1 page.

Scénario actuel :

Coûts liés à la pollution de l'air											Coûts liés à l'effet de serre additionnel			
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global	Tronçon	Consommation Energétique Teq CO2/jour	Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)				
1	0.634	7089	4.49E+03	4.77E+01	2117	1.34E+03	2.85E+01	177	1.12E+02	1.24E+01	8.85E+01	1	1.034066315	6.14E+01
2	0.619	1259	7.79E+02	8.26E+00	376	2.33E+02	4.94E+00	46	2.85E+01	3.14E+00	1.63E+01	2	0.263684053	1.56E+01
3	0.14	2446	3.42E+02	3.63E+00	730	1.02E+02	2.17E+00	34	4.76E+00	5.26E-01	6.32E+00	3	0.105098724	6.24E+00
4	0.164	4213	6.91E+02	7.33E+00	1259	2.06E+02	4.38E+00	65	1.07E+01	1.18E+00	1.03E+01	4	0.173960068	1.03E+01
5	0.154	2643	4.07E+02	4.32E+00	790	1.22E+02	2.58E+00	63	1.06E+01	1.17E+00	8.07E+00	5	0.138960073	8.25E+00
6	0.349	4303	1.50E+03	1.59E+01	1285	4.48E+02	9.51E+00	69	2.41E+01	2.66E+00	2.81E+01	6	0.338984318	2.00E+01
7	0.269	741	1.99E+02	2.11E+00	221	5.94E+01	1.26E+00	96	2.58E+01	2.85E+00	6.23E+00	7	0.063098737	3.74E+00
8	0.155	371	5.75E+01	6.10E-01	111	1.72E+01	3.65E-01	48	7.44E+00	8.21E-01	1.80E+00	8	0.026407073	1.57E+00
9	0.102	340	3.47E+01	3.68E-01	101	1.03E+01	2.19E-01	12	1.22E+00	1.35E-01	7.21E-01	9	0.010139895	6.02E-01
10	0.82	403	3.30E+02	3.50E+00	121	9.32E+01	2.10E+00	84	6.89E+01	7.60E+00	1.32E+01	10	0.141018005	8.37E+00
11	0.33	7005	2.31E+03	2.45E+01	2093	6.91E+02	1.46E+01	118	3.89E+01	4.30E+00	4.35E+01	11	0.620235852	3.68E+01
12	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	12	0	0.00E+00
13	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	13	0	0.00E+00
14	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	14	0	0.00E+00
15	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	15	0	0.00E+00
16	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	16	0	0.00E+00

Scénario fil de l'eau 2035 :

Coûts liés à la pollution de l'air											Coûts liés à l'effet de serre additionnel			
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global	Tronçon	Consommation Energétique Teq CO2/jour	Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)				
1	0.634	7813	4.95E+03	2.88E+01	2334	1.48E+03	1.72E+01	200	1.27E+02	7.69E+00	5.37E+01	1	1.082085709	1.35E+02
2	0.619	1384	8.57E+02	4.98E+00	414	2.56E+02	2.39E+00	51	3.16E+01	1.91E+00	9.87E+00	2	0.268951945	3.35E+01
3	0.14	2697	3.78E+02	2.20E+00	806	1.13E+02	1.31E+00	37	5.18E+00	3.14E-01	3.82E+00	3	0.107565797	1.34E+01
4	0.164	4645	7.62E+02	4.43E+00	1388	2.28E+02	2.65E+00	71	1.16E+01	7.05E-01	7.78E+00	4	0.179873269	2.24E+01
5	0.154	2900	4.47E+02	2.60E+00	866	1.33E+02	1.59E+00	96	1.48E+01	8.95E-01	5.04E+00	5	0.14922283	1.77E+01
6	0.349	4741	1.65E+03	9.62E+00	1416	4.94E+02	5.79E+00	77	2.69E+01	1.63E+00	1.70E+01	6	0.352185932	4.39E+01
7	0.269	809	2.18E+02	1.27E+00	242	6.51E+01	7.57E-01	117	3.15E+01	1.91E+00	3.93E+00	7	0.066337835	8.27E+00
8	0.155	410	6.36E+01	3.70E-01	123	1.91E+01	2.22E-01	53	8.22E+00	4.97E-01	1.09E+00	8	0.02731878	3.40E+00
9	0.102	376	3.84E+01	2.23E-01	112	1.14E+01	1.33E-01	13	1.33E+00	8.03E-02	4.36E-01	9	0.010524005	1.31E+00
10	0.82	431	3.53E+02	2.06E+00	129	1.06E+02	1.23E+00	109	8.94E+01	5.41E+00	8.70E+00	10	0.14777468	1.84E+01
11	0.33	7767	2.56E+03	1.49E+01	2320	7.66E+02	8.90E+00	133	4.39E+01	2.66E+00	2.65E+01	11	0.642885647	8.01E+01
12	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	12	0	0.00E+00
13	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	13	0	0.00E+00
14	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	14	0	0.00E+00
15	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	15	0	0.00E+00
16	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	16	0	0.00E+00

Scénario projet 2035 :

Coûts liés à la pollution de l'air											Coûts liés à l'effet de serre additionnel			
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global	Tronçon	Consommation Energétique Teq CO2/jour	Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)				
1	0.634	8442	5.35E+03	3.11E+01	2522	1.60E+03	1.86E+01	215	1.96E+02	8.25E+00	5.80E+01	1	1.17E+00	1.46E+02
2	0.619	2132	1.32E+03	7.67E+00	637	3.94E+02	4.59E+00	79	4.83E+01	2.96E+00	1.52E+01	2	4.14E-01	5.16E+01
3	0.14	2824	3.95E+02	2.30E+00	843	1.18E+02	1.37E+00	39	5.46E+00	3.31E-01	4.00E+00	3	1.13E-01	1.40E+01
4	0.164	5278	8.66E+02	5.03E+00	1577	2.59E+02	3.01E+00	81	1.33E+01	8.04E-01	8.85E+00	4	2.04E-01	2.55E+01
5	0.154	3689	5.99E+02	3.48E+00	1162	1.79E+02	2.09E+00	163	2.62E+01	1.71E+00	7.27E+00	5	1.92E-01	2.40E+01
6	0.349	5248	1.83E+03	1.07E+01	1567	5.47E+02	6.36E+00	85	2.97E+01	1.80E+00	1.88E+01	6	3.30E-01	4.86E+01
7	0.269	2680	7.75E+02	4.51E+00	860	2.31E+02	2.69E+00	419	1.13E+02	6.82E+00	1.40E+01	7	2.36E-01	2.94E+01
8	0.155	1367	2.12E+02	1.23E+00	408	6.32E+01	7.38E-01	178	2.76E+01	1.67E+00	3.64E+00	8	3.13E-02	1.14E+01
9	0.102	1737	1.77E+02	1.03E+00	519	5.29E+01	6.16E-01	63	6.43E+00	3.89E-01	2.04E+00	9	4.87E-02	6.06E+00
10	0.82	858	7.04E+02	4.09E+00	256	2.10E+02	2.44E+00	220	1.80E+02	1.09E+01	1.75E+01	10	2.94E-01	3.67E+01
11	0.33	7938	2.62E+03	1.52E+01	2371	7.82E+02	9.10E+00	136	4.49E+01	2.72E+00	2.71E+01	11	6.57E-01	8.18E+01
12	0.212	247	5.24E+01	3.05E-01	74	1.57E+01	1.82E-01	12	2.54E+00	1.54E-01	6.41E-01	12	1.42E-02	1.77E+00
13	0.265	247	6.55E+01	3.81E-01	74	1.96E+01	2.28E-01	12	3.18E+00	1.93E-01	8.01E-01	13	1.78E-02	2.22E+00
14	0.083	226	1.88E+01	1.09E-01	68	5.64E+00	6.58E-02	39	3.24E+00	1.96E-01	3.71E-01	14	6.63E-03	8.27E-01
15	0.136	2208	3.00E+02	1.75E+00	660	8.98E+01	1.04E+00	124	1.69E+01	1.02E+00	3.81E+00	15	9.72E-02	1.21E+01
16	0.296	2208	6.54E+02	3.80E+00	660	1.95E+02	2.27E+00	124	3.67E+01	2.22E+00	8.30E+00	16	2.12E-01	2.64E+01