PROJET D'EXTENSION
DU TRAMWAY



DOSSIER D'ENQUETE PUBLIQUE PREALABLE A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE

TOME C : EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Pièce C3 : Annexes

TRAMWAY 2028

Financé par PRÉFET DU CALVADOS

Caen la mer NORMANDIE COMMUNAUTÉ URBAINE

ETUDE AIR ET SANTE

ÉTUDE AIR ET SANTÉ

PROJET D'EXTENSION DU TRAMWAY DE CAEN LA MER

7 mai 2024



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s)	Laurent Ducros
Volume du document	Étude Air et Santé
Version	0

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Visé par	Modifications
0	07/05/2024	L. Ducros	G. Deiber	

SOMMAIRE

1 - PRÉAMBULE 7
1.1 - Objet de l'étude 7
1.2 - Rappel réglementaire 9
1.3 - Cadre réglementaire de l'étude 9
1.3.1 - Niveau de l'étude 9
1.3.2 - Contenu de l'étude 9
1.3.3 - Horizons d'étude 10
1.3.4 - Zone et bande d'étude 10
1.4 - Notions générales sur les polluants atmosphériques 12
1.4.1 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques 12
1.4.1.1 - Les oxydes d'azote (NO_x) 12
1.4.1.2 - Le monoxyde de carbone (CO) 12
1.4.1.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2) 12
1.4.1.4 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) 12
1.4.1.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 12
1.4.1.6 - Les particules en suspension 12
1.4.1.7 - Les métaux lourds 13
1.4.2 - Réglementation dans l'air ambiant 13
2 - CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT INITIAL 15
2.1 - Populations et lieux vulnérables 15
2.1.1 - Densité de population générale 15
2.1.2 - Populations 18
2.1.3 - Établissements vulnérables 19
2.2 - Émissions polluantes 21
2.2.1 - Émissions polluantes à l'échelle de la région Normandie 21
2.2.1.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2) 22
2.2.1.2 - Les particules PM10 et PM2,5 23
2.2.1.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2) 23
2.2.1.4 - Les métaux lourds 23
2.2.1.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 24
2.2.1.6 - Le benzène (C_6H_6) 24
2.2.1.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) 25
2.2.1.8 - L'ammoniac (NH_3) 25
2.2.1.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES) 25
2.2.1.10 - L'ozone (O_3) 26
2.2.2 - Émissions polluantes à l'échelle du département du Calvados 26
2.2.2.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2) 27
2.2.2.2 - Les particules PM10 et PM2,5 28
2.2.2.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2) 28
2.2.2.4 - Les métaux lourds 28
2.2.2.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 29
2.2.2.6 - Le benzène (C_6H_6) 29
2.2.2.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) 30
2.2.2.8 - L'ammoniac 30
2.2.2.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES) 30
2.2.3 - Émissions polluantes à l'échelle de l'EPCI 31
2.2.3.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2) 32
2.2.3.2 - Les particules PM10 et PM2,5 33
2.2.3.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2) 33
2.2.3.4 - Les métaux lourds 33
2.2.3.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 34
2.2.3.6 - Le benzène (C_6H_6) 35
2.2.3.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) 35
2.2.3.8 - L'ammoniac 35
2.2.3.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES) 35
2.2.4 - Sources d'émissions dans la zone d'étude 36
2.3 - Qualité de l'air 39
2.3.1 - Surveillance permanente de la région Normandie 39
2.3.1.1 - Réseau de surveillance 39
2.3.1.2 - Qualité de l'air en région Normandie 39
2.3.1.3 - Qualité de l'air dans la Communauté Urbaine Caen la mer 41
2.3.1.4 - Indice ATMO 43
2.3.1.5 - Procédure d'information et alerte dans la région Normandie 44
2.3.2 - Dans la zone d'étude 46
2.3.2.1 - Réseau ATMO Normandie 46
2.3.2.2 - Études récentes d'ATMO Normandie 48
2.3.3 - Documents de planification en Normandie pour l'air et la santé 48
2.3.3.1 - Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PRÉPA) 48
2.3.3.2 - Le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) 49
2.3.3.3 - Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) 50
2.3.3.4 - Le Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) 52
2.3.3.5 - Le Plan National et le Plan Régional Santé Environnement (PNSE4 et PRSE4) 52
2.3.4 - Mesures in situ de la qualité de l'air 53
2.3.4.1 - Moyens de mesures 53
2.3.4.2 - Choix et répartition des sites 54
2.3.4.3 - Condition météorologique 57
2.3.4.4 - Résultats des mesures et interprétation 57
2.4 - Synthèse de l'état initial 59
3 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR 60
3.1 - Méthodologie 60
3.1.1 - Réseau routier et trafics 60
3.1.1.1 - Descriptif des trafics 60
3.1.1.2 - Kilométrage parcouru 68

3.1.2 - Évaluation des émissions routières 69
3.1.3 - Évaluation des teneurs en polluants 69
3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air 72
3.2.1 - Bilan des émissions routières sur le domaine d'étude 72
3.2.1.1 - Analyse comparative des bilans des émissions entre l'État initial 2023 et le Fil de l'eau à l'horizon 2028 72
3.2.1.2 - Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2028 75
3.2.1.3 - Analyse comparative des bilans des émissions entre le Fil de l'eau 2028 et le Fil de l'eau 2048 77
3.2.1.4 - Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2048 79
3.2.1.5 - Synthèse du bilan des émissions routières 81
3.2.2 - Évaluation des teneurs dans l'air ambiant 83
3.2.2.1 - Cartographies des teneurs en polluants 83
3.2.2.2 - Teneurs en polluants dans la bande d'étude 89
3.2.2.3 - Comparaison aux normes de qualité de l'air 93
3.3 - Synthèse de l'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air 94

4 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EXPOSITION DES POPULATIONS . 95
4.1 - Méthodologie 95
4.2 - Estimation de la population dans la bande d'étude 95
4.3 - Résultats de l'IPP 95
4.4 - Synthèse de l'IPP 101

5 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT 102
5.1 - Pollution sensible 102
5.1.1 - Odeurs 102
5.1.2 - Transparence de l'air 102
5.1.3 - Nuages de poussière 102
5.2 - Pollution atmosphérique et environnement 103
5.2.1 - Effets sur les sols 103
5.2.2 - Effets sur la flore 103
5.2.2.1 - Ozone 103
5.2.2.2 - Pluies acides 103
5.2.2.3 - Bio-indicateurs 103
5.2.3 - Effets sur la faune 103
5.2.4 - Effets sur les bâtiments 104
5.2.5 - Effets sur l'économie 104
5.3 - Gaz à effet de serre 104
5.3.1 - Dérèglement climatique 104
5.3.2 - Actions des GES 105
5.3.3 - Calcul des émissions de GES liées au projet 105
5.3.4 - Consommation énergétique 107

6 - MESURES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE PROXIMITÉ 109
6.1 - Mesures envisagées pour réduire l'impact sur l'air et la santé 109
6.1.1 - Réduction des émissions polluantes par la limitation des vitesses set l'usage des transports en commun à l'échelle de l'agglomération de Caen 109
6.1.1.1 - Réduction des vitesses de circulation 109
6.1.1.2 - Transport en commun à Caen 109
6.1.2 - Autres mesures de réduction des impacts 110
6.2 - Mesures envisagées en phase chantier 110

7 - MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE 111
7.1 - Méthodologie 111
7.1.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique 111
7.1.1.1 - Valeurs de référence 111
7.1.1.2 - Répartition des véhicules et carburants aux horizons de l'étude 111
7.1.1.3 - Répartition de l'urbanisation aux horizons de l'étude 111
7.1.1.4 - Croissance du PIB 112
7.1.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre 112
7.1.2.1 - Valeurs de référence 112
7.1.2.2 - Coûts de la tonne de CO_2 aux horizons d'étude 112
7.1.3 - Monétarisation des effets amont-aval 112
7.1.4 - Prise en compte des risques 112
7.2 - Résultats de la monétarisation 113
7.2.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution 113
7.2.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre 113
7.2.3 - Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont-aval 113
7.2.4 - Synthèse 113

8 - CONCLUSION 115

9 - ANNEXE – RÉSEAU ROUTIER RETENU 117

TABLEAUX

Tableau 1 – Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet 9
Tableau 2 – Critères de détermination de la largeur de la bande d'étude 10
Tableau 3 – Critères nationaux de la qualité de l'air 14
Tableau 4 – Densité de population des IRIS et des zones d'habitats (en hab/km²) 15
Tableau 5 – Population des IRIS et dans la bande d'étude (en nombre d'habitants) 18
Tableau 6 – Établissements vulnérables dans les communes 19
Tableau 7 – Émissions polluantes pour la région Normandie en 2019 21
Tableau 8 – Émissions polluantes pour le département du Calvados en 2019 26
Tableau 9 – Émissions polluantes pour la Communauté Urbaine de Caen la mer en 2019 31
Tableau 10 – Émissions atmosphériques industrielles dans les communes concernées 37
Tableau 11 – Correspondance entre concentrations en polluants et indices ATMO 43
Tableau 12 – Déclenchements de procédures préfectorales en 2022 45
Tableau 13 – Nouveaux seuils d'information et d'alerte en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant 45
Tableau 14 – Teneurs moyennes annuelles en 2022 pour les stations Atmo NORMANDIE retenues 46

Tableau 15 – Réduction des émissions par rapport à 2005 (source : Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer – PRÉPA) 49
Tableau 16 – Critères de localisation des sites de mesures Egis 55
Tableau 17 – Températures et précpitations durant la campagne de mesures 57
Tableau 18 – Résultats des mesures in situ de la qualité de l'air – dioxyde d'azote 58
Tableau 19 – Comparaison aux mesures d'Atmo Normandie – Dioxyde d'azote en moyenne du 8 janvier au 5 février 2024 58
Tableau 20 – Kilométrage parcouru 68
Tableau 21 – Principaux paramètres pour la dispersion atmosphérique dans ADMS Roads 71
Tableau 22 – Bilan des émissions routières à l'État initial – 2023 73
Tableau 23 – Bilan des émissions routières au Fil de l'eau – 2028 74
Tableau 24 – Bilan des émissions routières à l'État projeté – 2028 76
Tableau 25 – Bilan des émissions routières au Fil de l'eau – 2048 78
Tableau 26 – Bilan des émissions routières à l'État projeté – 2048 80
Tableau 27 – Teneurs moyennes et maximales dans la bande d'étude 89
Tableau 28 – Teneurs moyennes des polluants 89
Tableau 29 – Comparaison aux normes de la qualité de l'air 93
Tableau 30 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude – État initial 2023 96
Tableau 31 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude – Fil de l'eau 2028 97
Tableau 32 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude – État projeté 2028 98
Tableau 33 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude – Fil de l'eau 2048 99
Tableau 34 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude – État projeté 2048 100
Tableau 35 – Tableau des principaux PRG à 100 ans 105
Tableau 36 – Bilan des émissions de dioxyde de carbone du réseau routier étudié (en t/jour) 106
Tableau 37 – Consommation énergétique (en t/jour) 108
Tableau 38 – Valeurs de référence de la pollution atmosphérique pour le mode routier 111
Tableau 39 – Répartition des véhicules et carburants aux horizons de l'étude 111
Tableau 40 – Répartition de l'urbanisation dans la bande d'étude 111
Tableau 41 – Valeurs de référence de la tonne de dioxyde de carbone 112
Tableau 42 – Taux d'évolution du prix en €2018 de la tonne de dioxyde de carbone 112
Tableau 43 – Coût de la tonne de CO_2 en €2018 112
Tableau 44 – Valeurs tutélaires des émissions atmosphériques en €2023 pour 100 véh.km 112
Tableau 45 – Taux d'actualisation des risques liés à la construction 113
Tableau 46 – Monétarisation des coûts annuels liés à la pollution atmosphérique 113
Tableau 47 – Monétarisation des coûts collectifs annuels liés à l'effet de serre 113
Tableau 48 – Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont-aval 113
Tableau 49 – Synthèse des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont-aval 114
Tableau 50 – Trafics du groupe de tronçons Beaulieu 117
Tableau 51 – Trafics du groupe de tronçons Guillou - Detolle - Bayeux 117
Tableau 52 – Trafics du groupe de tronçons La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu 117
Tableau 53 – Trafics du groupe de tronçons Mémorial 118
Tableau 54 – Trafics du groupe de tronçons Maréchal Leclerc 118
Tableau 55 – Trafics du groupe de tronçons Orne – Bassins 118
Tableau 56 – Trafics du groupe de tronçons RD22 – La Folie-Couvrechef – Le Chemin Vert 118
Tableau 57 – Trafics du groupe de tronçons RD220 119
Tableau 58 – Trafics du groupe de tronçons Verdun – Château – Plaisance 119

FIGURES

Figure 1 – Plans de localisation du projet 8
Figure 2 – Zone et bandes d'étude 11
Figure 3 – Densité des IRIS à l'horizon 2020 16
Figure 4 – Densité des zones d'habitation à l'horizon 2020 17
Figure 5 – Établissements et lieux vulnérables dans les communes 20
Figure 6 – Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de la région Normandie en 2019 (en %) 22
Figure 7 – Évolution des émissions d'oxydes d'azote (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 23
Figure 8 – Évolution des émissions de PM10 (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 23
Figure 9 – Évolution des émissions de PM2,5 (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 23
Figure 10 – Évolution des émissions de dioxyde de soufre (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 23
Figure 11 – Évolution des émissions de plomb (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 23
Figure 12 – Évolution des émissions de cadmium (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 24
Figure 13 – Évolution des émissions de nickel (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 24
Figure 14 – Évolution des émissions d'arsenic (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 24
Figure 15 – Évolution des émissions de benzo(a)pyrène (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 24
Figure 16 – Évolution des émissions de benzène (en kg) en région Normandie entre 2005 et 2019 25
Figure 17 – Évolution des émissions de COVNM (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 25
Figure 18 – Évolution des émissions d'ammoniac (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 25
Figure 19 – Évolution des émissions de dioxyde de carbone (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 25
Figure 20 – Évolution des émissions de méthane (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 26
Figure 21 – Évolution des émissions de protoxyde d'azote (en tonnes) en région Normandie entre 2005 et 2019 26
Figure 22 – Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions du département du Calvados en 2019 (en %) 27
Figure 23 – Évolution des émissions d'oxydes d'azote (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 28
Figure 24 – Évolution des émissions de PM10 (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 28
Figure 25 – Évolution des émissions de PM2,5 (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 28
Figure 26 – Évolution des émissions de dioxyde de soufre (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 28
Figure 27 – Évolution des émissions de plomb (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 29
Figure 28 – Évolution des émissions de cadmium (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 29
Figure 29 – Évolution des émissions de nickel (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 29
Figure 30 – Évolution des émissions d'arsenic (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 29
Figure 31 – Évolution des émissions de benzo(a)pyrène (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 29
Figure 32 – Évolution des émissions de benzène (en kg) dans le calvados entre 2005 et 2019 30
Figure 33 – Évolution des émissions de COVNM (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 30
Figure 34 – Évolution des émissions d'ammoniac (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 30
Figure 35 – Évolution des émissions de dioxyde de carbone (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 30
Figure 36 – Évolution des émissions de méthane (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 31
Figure 37 – Évolution des émissions de protoxyde d'azote (en tonnes) dans le calvados entre 2005 et 2019 31
Figure 38 – Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de la Communauté Urbaine de Caen la mer en 2019 (en %) 32
Figure 39 – Évolution des émissions d'oxydes d'azote (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 33
Figure 40 – Évolution des émissions de PM10 (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 33
Figure 41 – Évolution des émissions de PM2,5 (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 33

Figure 42 – Évolution des émissions de dioxyde de soufre (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 33
Figure 43 – Évolution des émissions de plomb (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 34
Figure 44 – Évolution des émissions de cadmium (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 34
Figure 45 – Évolution des émissions de nickel (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 34
Figure 46 – Évolution des émissions d'arsenic (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 34
Figure 47 – Évolution des émissions de benzo(a)pyrène (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 35
Figure 48 – Évolution des émissions de benzène (en kg) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 35
Figure 49 – Évolution des émissions de COVNM (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 35
Figure 50 – Évolution des émissions d'ammoniac (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 35
Figure 51 – Évolution des émissions de dioxyde de carbone (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 36
Figure 52 – Évolution des émissions de méthane (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 36
Figure 53 – Évolution des émissions de protoxyde d'azote (en tonnes) dans la Communauté Urbaine de Caen la mer entre 2005 et 2019 36
Figure 54 – Sources d'émissions atmosphériques 38
Figure 55 – Réseau de surveillance ATMO Normandie 39
Figure 56 – Concentrations moyennes annuelles 2022 en dioxyde d'azote pour la région Normandie 40
Figure 57 – Concentrations moyennes annuelles 2022 en PM10 pour la région Normandie 40
Figure 58 – Concentrations moyennes annuelles 2022 en PM2,5 pour la région Normandie 41
Figure 59 – Modélisations des Concentrations moyennes annuelles 2022 en dioxyde d'azote dans la CU Caen la mer 42
Figure 60 – Modélisation des Concentrations moyennes annuelles 2022 en PM10 dans la CU Caen la mer 42
Figure 61 – Modélisations des Concentrations moyennes annuelles 2022 en PM2,5 dans la CU Caen la mer 43
Figure 62 – Répartition des indices ATMO en nombre de jours pour quelques EPCI en 2022 44
Figure 63 – Localisation des stations Atmo NORMANDIE et de la station Météo France 47
Figure 64 – Objectifs de développement durable du SRADDET 50
Figure 65 – Périmètre du futur Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) 51
Figure 66 – Périmètre du PCAET du pôle métropolitain Caen Normandie Métropole 52
Figure 67 – Disposition des capteurs de dioxyde d'azote dans le boîtier 54
Figure 68 – Plan d'échantillonnage 56
Figure 69 – Roses des vents de la campagne de mesures Egis et des normales sur 30 ans pour la station Météo Caen – Carpiquet 57
Figure 70 – Trafics de l'état initial 2023 pour le réseau routier retenu 61
Figure 71 – Trafics du fil de l'eau 2028 pour le réseau routier retenu 62
Figure 72 – Trafics de l'état projeté 2028 pour le réseau routier retenu 63
Figure 73 – Trafics du fil de l'eau 2048 pour le réseau routier retenu 64
Figure 74 – Trafics de l'état projeté 2048 pour le réseau routier retenu 65
Figure 75 – Groupes de tronçons 67
Figure 76 – Évolution du kilométrage parcouru 68
Figure 77 – Évolution des émissions totales par polluant et par état 82
Figure 78 – Dispersion du dioxyde d'azote – État de référence 2023 84
Figure 79 – Teneurs en dioxyde d'azote – Fil de l'eau 2028 85
Figure 80 – Teneurs en dioxyde d'azote – État projeté 2028 86
Figure 81 – Teneurs en dioxyde d'azote – Fil de l'eau 2048 87
Figure 82 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat projeté 2048 88
Figure 83 – Teneurs moyennes en NO_2 avec la part du trafic et du bruit de fond 89
Figure 84 – Teneurs moyennes en PM10 avec la part du trafic et du bruit de fond 90
Figure 85 – Teneurs moyennes en PM2,5 avec la part du trafic et du bruit de fond 90
Figure 86 – Teneurs maximales en NO_2 avec la part du trafic et du bruit de fond 90
Figure 87 – Teneurs maximales en PM10 avec la part du trafic et du bruit de fond 90
Figure 88 – Teneurs maximales en PM2,5 avec la part du trafic et du bruit de fond 91
Figure 89 – Evolution des surconcentrations moyennes en NO_2 par groupe de tronçons 92
Figure 90 – Evolution des surconcentrations maximales en NO_2 par groupe de tronçons 92
Figure 91 – Teneurs maximales en dioxyde d'azote 93
Figure 92 – Teneurs maximales en PM10 93
Figure 93 – Teneurs maximales en PM2,5 94
Figure 94 – IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude 101
Figure 95 – Comparaison de situation sans et avec une pollution provoquant un smog à Paris 102
Figure 96 – Ré-envol des résidus de stockage d'une usine de production d'alumines 103
Figure 97 – Impact foliaire de l'ozone 103
Figure 98 – Impact des pluies acides sur une forêt de conifères 103
Figure 99 – Impact de la pollution atmosphérique sur les matériaux 104
Figure 100 – Emissions de NOx d'un véhicule léger en fonction de la vitesse 109
Figure 101 – Emissions de NOx d'un poids lourd en fonction de la vitesse 109

1 - PRÉAMBULE

1.1 - Objet de l'étude

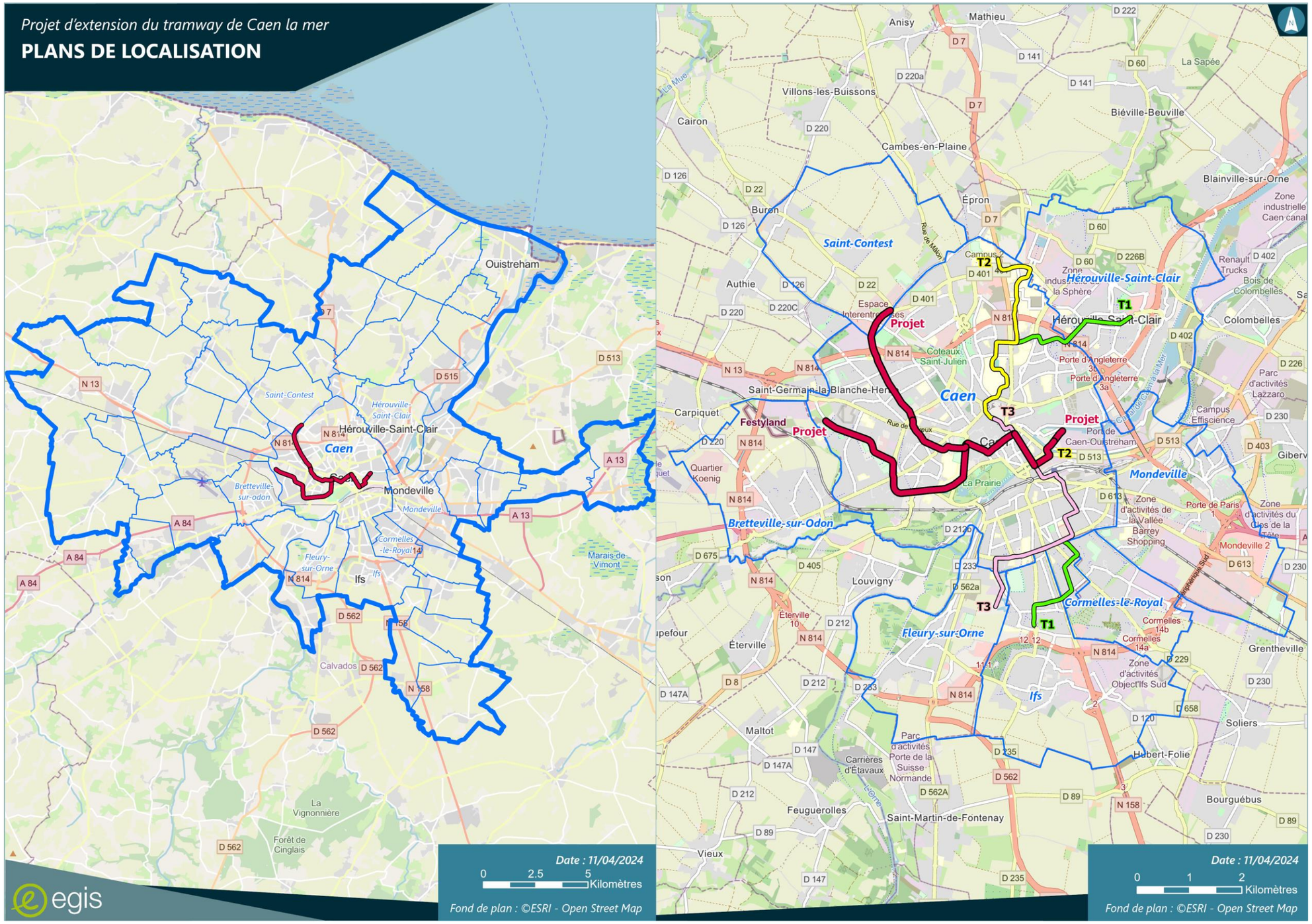
Le présent document a pour objet l'étude Air et Santé du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

Ce projet est localisé dans le département du Calvados (14), sur les communes de Caen, de Bretteville-sur-Odon et de Saint-Contest (*Cf.* Figure 1).

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer est un projet de transport urbain. Il s'intègre dans le réseau global des transports urbains de l'agglomération caennaise, composé d'un réseau de trois lignes de tramway existantes et d'un réseau de lignes de bus. Il repose sur un axe structurant est-ouest vers le quartier du Chemin Vert, au-delà du périphérique vers Saint-Contest (Parc Athéna), et vers le quartier de Beaulieu. La desserte Est sera complétée par un prolongement de la ligne T2 vers le futur écoquartier Nouveau Bassin situé sur la Presqu'île.

FIGURE 1 – PLANS DE LOCALISATION DU PROJET

Source : Egis



1.2 - Rappel réglementaire

En matière de pollution atmosphérique, la réglementation française est transcrite au travers de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Loi LAURE) du 30 décembre 1996, codifiée aux articles L.220-1 et L.220-2 du Code de l'environnement, qui définit « le droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ».

La méthodologie des études air et santé des études d'impact s'inscrit dans le référentiel réglementaire et s'appuie sur les documents suivants :

- Le Code de l'environnement, avec en particulier :
  - l'article L.122-1 (partie législative) imposant que les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact ;
  - l'article R.122-5 (partie réglementaire) décrivant le contenu attendu d'une étude d'impact et prévoyant qu'une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement soit réalisée, en particulier sur l'air et la santé. Ainsi, conformément à cet article, le volet « air et santé » des études environnement doit fournir dans le cadre des études préalables les éléments techniques nécessaires à la réalisation de l'étude d'impact présentée à l'enquête publique ;
- La circulaire Direction Générale de la Santé (DGS) n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- La directive européenne n°2008/50/CE du 21 mai 2008 relative à la qualité de l'air ambiant et à un air pur pour l'Europe et qui fusionne les Directives 1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE ;
- La résolution législative du Parlement européen du 24 avril 2024 sur la proposition de directive du Parlement européen et du Conseil concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (texte non encore voté) ;
- L'avis de l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012 ;
- Le guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – InVS - février 2000 ;
- Le guide méthodologique pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées – Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) – 2021 ;
- Le guide de recommandations sur l'échantillonnage spatial intitulé « Adaptation des plans d'échantillonnage aux objectifs des campagnes », Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) – 2007 ;
- La note de la DGS n°2014-307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- La note technique relative à l'évaluation des projets de transport, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) – 27 juin 2014 ;
- L'étude d'impact - Projets d'infrastructures linéaires de transport – Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) – décembre 2020 ;
- L'instruction technique relative aux modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national – DGITM – 8 novembre 2018 ;
- La note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019.

1.3 - Cadre réglementaire de l'étude

L'étude air et santé est réalisée en lien avec la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, bien que le présent projet (réalisation d'une ligne de tramway) **ne soit pas directement concerné par sa stricte application au regard du périmètre pour lequel cette note a été établie (à savoir des projets routiers neufs et des projets d'aménagement d'infrastructures routières existantes).**

1.3.1 - Niveau de l'étude

La note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA fixent le cadre et le contenu des études air et santé en fonction des enjeux du projet, selon quatre niveaux d'études (I à IV). L'étude de niveau I a le contenu le plus détaillé. Ces niveaux sont définis en fonction des trafics attendus à terme sur l'infrastructure et de la densité de population à proximité de celle-ci (*Cf.* Tableau 1).

Au vu des densités de population des zones traversées par le projet et de la nature du projet (tramway) qui engendre globalement une réduction des trafics par rapport à une situation sans projet (*Cf.* 3.1.1 - Réseau routier et trafics), la note méthodologique suscitée préconise la réalisation d'une **étude air et santé de niveau II**.

Par ailleurs, en raison de la nature du projet (Extension d'une ligne de tramway qui a vocation à développer le report modal des véhicules légers vers les transports en commun et ainsi améliorer la qualité de l'air dans la zone d'étude), le niveau d'étude ne sera pas réhaussé pour les établissements au droit du projet.

TABLEAU 1 – NIVEAU D'ÉTUDE EN FONCTION DU TRAFIC, DE LA DENSITÉ DE POPULATION ET DE LA LONGUEUR DU PROJET

Trafic à l'horizon d'étude / Densité dans la bande d'étude	>50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Source : Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019

1.3.2 - Contenu de l'étude

Conformément à **la note technique du 22 février 2019 et au guide méthodologique** relatifs aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières du CEREMA, l'étude air et santé de niveau II comprend :

- La **caractérisation de l'État initial** de la zone d'étude, avec notamment des mesures *in situ* de la qualité de l'air ;
- L'**évaluation de l'impact du projet** sur la qualité de l'air avec :
  - Une estimation des émissions polluantes induites par le trafic routier (conformément à la méthodologie COPERT) ;
  - Une estimation des teneurs en dioxyde d'azote dans la bande d'étude (modélisation gaussienne de la dispersion atmosphérique des émissions des polluants avec le modèle ADMS Road) ;

- L'**évaluation de l'exposition des populations** résidant dans la bande d'étude à l'aide de l'Indice Pollution Population (IPP) ;
- Une **analyse portant sur les effets directs et indirects d'autres critères** tels que :
  - La pollution sensible : odeurs, transparence de l'air, nuages de poussières, *etc.* ;
  - Les impacts de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments… ;
  - Les émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) ;
  - La consommation énergétique ;
- Des propositions, le cas échéant, de **mesures réductrices et compensatoires** en phase d'exploitation et en phase chantier ;
- Une analyse des effets induits du projet sur l'ensemble de l'aire d'étude (amélioration-dégradation) sous la forme d'une **analyse des coûts collectifs** de l'impact sur la qualité de l'air et l'effet de serre et des **avantages / inconvénients induits pour la collectivité** (destinée à alimenter le volet socio-économique de l'étude).

1.3.3 - Horizons d'étude

D'après la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, l'étude air et santé est menée pour cinq scénarios situés à trois horizons d'étude différents. Ces scénarios sont usuellement :

- Un ***État initial*** ;
- Un état sans projet à la date de mise en service du projet, le ***Fil de l'eau*** ;
- Un état avec projet à la date de mise en service du projet, l'***État projeté*** ;
- Un état sans projet à la date de mise en service du projet + 20 ans, le ***Fil de l'eau + 20 ans*** ;
- Un état avec projet à la date de mise en service du projet + 20 ans, l'***État projeté + 20 ans***.

Concernant spécifiquement le projet d'extension du tramway de Caen la mer, le phasage de l'opération implique les scénarios suivants :

- L'***État initial*** 2023 ;
- Le ***Fil de l'eau*** 2028 ;
- L'***État projeté*** 2028 ;
- Le ***Fil de l'eau*** 2048 ;
- L'***État projeté*** 2048.

L'état au fil de l'eau correspond à un horizon lointain dans l'hypothèse où le projet envisagé ne serait pas réalisé et considérant les autres évolutions prévisibles des infrastructures. L'état projeté correspond au même horizon lointain avec la réalisation du projet.

La comparaison des résultats obtenus pour ces scénarios permet d'apprécier l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé à échéance de sa mise en service et son exploitation.

1.3.4 - Zone et bande d'étude

Conformément à la note technique et au guide méthodologique précités, la zone d'étude et le réseau routier étudié sont déterminés par le projet et par le réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une variation (augmentation ou diminution) de trafic, supérieure à 10% pour les tronçons dont le trafic est supérieur à 5 000 véh/jour à l'horizon de mise en service. Pour les tronçons dont le trafic est inférieur à 5 000 véh/jour, la variation retenue est de 500 véhicules minimum (en valeur absolue). En milieu urbain, la règle des ±10 % peut être appliquée sur l'heure de pointe la plus chargée (HPM ou HPS).

Le réseau routier retenu contient également les projets d'infrastructure routière existants ou approuvés, présents dans la zone d'étude, même s'ils ne sont pas impactants pour le projet ou, impactés par celui-ci.

La bande d'étude est définie autour de chaque voie du réseau routier retenu. La largeur de la bande d'étude est réglementairement comprise entre 100 et 300 m de part et d'autre des axes routiers (bande d'étude de 200 à 600 m de large) pour les polluants gazeux comme il est précisé dans le Tableau 2, et de 200 m de part et d'autre des axes routiers pour les polluants particulaires. L'étude peut ainsi être réalisée suivant deux largeurs de bande distinctes.

En revanche, les analyses des différents scénarios sont toujours conduites avec les deux mêmes bandes d'étude, celle pour les polluants gazeux et celle pour les polluants particulaires.

TABLEAU 2 – CRITÈRES DE DÉTERMINATION DE LA LARGEUR DE LA BANDE D'ÉTUDE

TMJA à l'horizon d'étude	Largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe
> 50 000 véh	300 m
de 25 000 à 50 000 véh	200 m
de 10 000 à 25 000 véh	150 m
≤ 10 000 véh	100 m

Source : Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019

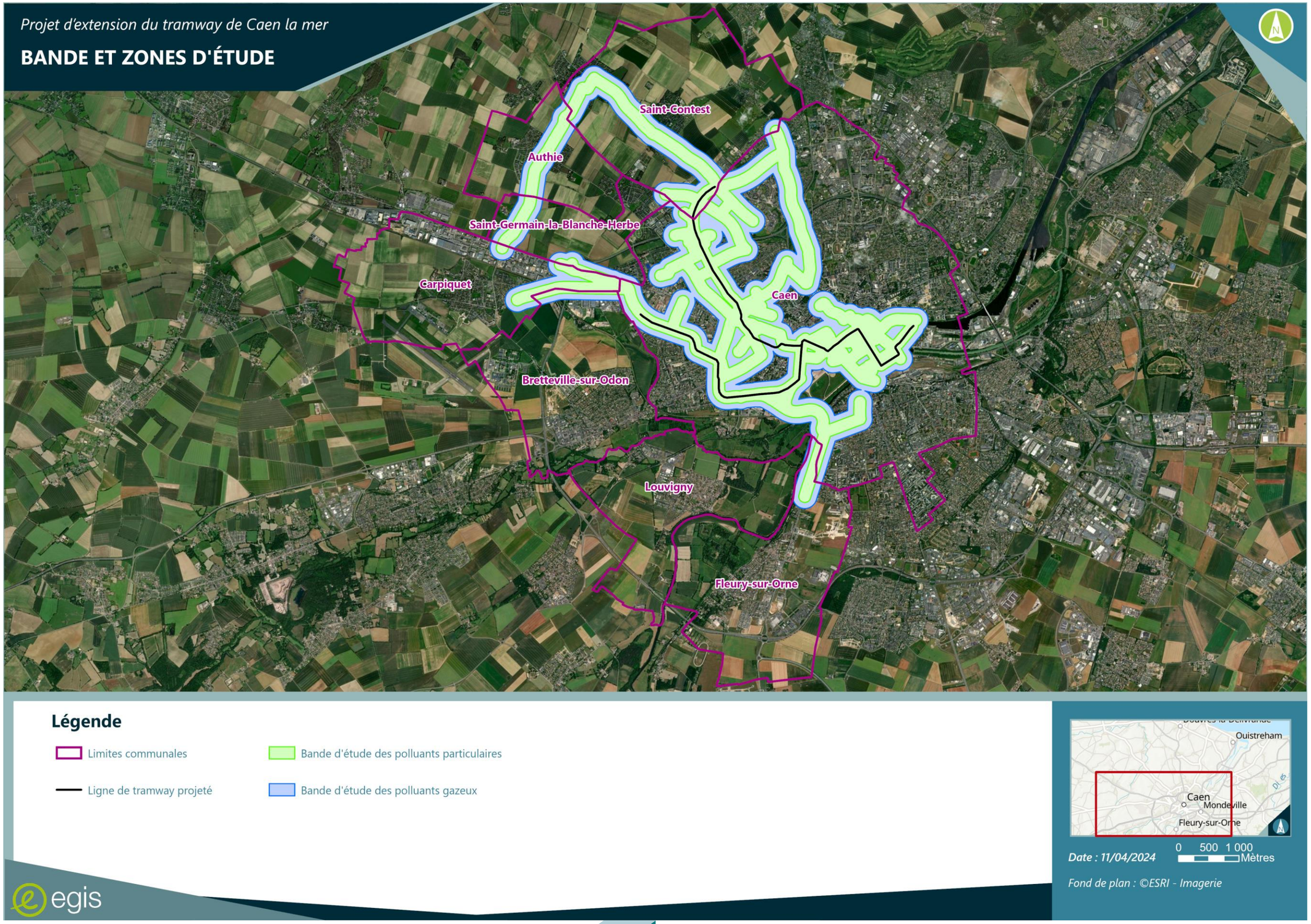
Au regard des données de trafic, la bande d'étude des polluants gazeux possède une largeur de 400 m et est centrée sur l'axe de projet (200 m de part et d'autre de l'axe).

La bande d'étude des polluants particulaires possède une largeur de 200 m et est centrée sur l'axe de projet (100 m de part et d'autre de l'axe).

La zone d'étude (ensemble des communes interceptées par les bandes d'étude) et les deux bandes d'étude sont représentés sur la Figure 2.

FIGURE 2 – ZONE ET BANDES D'ÉTUDE

Source : Egis



1.4 - Notions générales sur les polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont donc choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle, routière, etc.) et parce que leurs effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé sont avérés.

Ce paragraphe rappelle successivement les sources et les effets sanitaires des principaux polluants atmosphériques, puis la réglementation relative à la qualité de l'air ambiant.

1.4.1 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques

1.4.1.1 - Les oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote (NO et NO_2) sont formés lors des processus de combustion, par oxydation de l'azote contenu dans le combustible et par quelques processus industriels. Lors de la combustion, la proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO_2 (dioxyde d'azote) varie en fonction du procédé et, notamment, de la température. Le NO, qui est émis majoritairement, s'oxyde en NO_2 et ce, d'autant plus rapidement que la température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO_2 est également formé à partir des émissions de NO. Cette transformation chimique est étroitement dépendante de la présence d'ozone.

Les principales sources d'oxydes d'azote sont le transport routier et les installations de combustion. Le pot catalytique a permis depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile. De plus, les véhicules diesel, en forte progression ces dernières années, rejettent davantage de NOx que les véhicules essences. Le dioxyde d'azote est un polluant indicateur du transport routier.

Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO_2. À des fortes teneurs (supérieures à 200 µg/m³), sur des courtes durées, le dioxyde d'azote est un gaz toxique entrainant une inflammation importante des voies respiratoires. Le NO n'est pas considéré comme un polluant nuisible pour la santé.

1.4.1.2 - Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone se forme lors des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul, bois). Ces principales sources sont le trafic routier et le chauffage résidentiel.

Le monoxyde de carbone agit comme un gaz asphyxiant. À des fortes teneurs et en milieu confiné, il se combine avec l'hémoglobine du sang empêchant l'oxygénation de l'organisme. Il peut alors causer des intoxications (maux de tête, vertiges, voire coma) et peut être mortel en cas d'exposition prolongée à des concentrations élevées.

1.4.1.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

Le dioxyde de soufre est un sous-produit de la combustion du soufre contenu dans les matières organiques. Les émissions de SO_2 sont ainsi 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 en charbon de ce secteur.

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires L'inflammation de l'appareil respiratoire entraine de la toux, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires.

1.4.1.4 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Les COVNM regroupent un ensemble de composés formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures), associés parfois à d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, les halogènes (brome, chlore, fluor, etc.), le phosphore ou l'oxygène. Ces composés se caractérisent par une grande volatilité dans les conditions normales de température et de pression.

Ils proviennent des transports et de nombreux procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants, imprimerie, etc.) mais également d'usages domestiques (utilisation de solvants, application de peinture).

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, une diminution de la capacité respiratoire, ou des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (formaldéhyde, benzène, etc.).

Le **benzène (C_6H_6)** est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Il peut être d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, pétrole ou gaz naturel), mais il a surtout une origine anthropique (gaz d'échappement, manufactures, industrie, fumée de tabac). Il est émis majoritairement par le trafic routier, notamment les véhicules à motorisation essence dont les deux roues motorisées.

Le benzène est classé parmi les « cancérogènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë groupe I, Classification du CIRC). Sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est connue depuis longtemps. Elle touche toutes les lignées sanguines et peut se manifester par une anémie ou, plus rarement, une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs) ou une thrombopénie (plaquettes).

1.4.1.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP se forment lors des combustions incomplètes et sont ainsi majoritairement émis par le chauffage (bois, charbon, fioul), par les combustions non maitrisées (déchet vert, barbecue), ainsi que par le trafic routier, notamment les véhicules diesel et les véhicules à essence non catalysés. Ils peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'air ambiant.

Le **benzo(a)pyrène ($C_{20}H_{12}$)** est formé lors de combustion incomplète ou de la pyrolyse de matériaux organiques. Ainsi, il est présent dans les suies et fumées de toutes origines, dans les gaz d'échappement des moteurs à explosion, dans la fumée de cigarette, etc.

Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est reconnu comme cancérogène catégorie 1 pour l'homme. Par ailleurs, l'Union européenne l'a classé comme toxique pour la reproduction, catégorie 2 (fertilité et développement).

1.4.1.6 - Les particules en suspension

Les particules constituent un mélange complexe de par la variété de leurs compositions chimiques et de leurs tailles. La surveillance réglementaire porte sur les particules PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm) et PM2,5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Les sources de particules sont multiples. Elles sont émises par la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), le secteur résidentiel et tertiaire, le trafic routier, l'industrie (incinération, sidérurgie), l'agriculture, les chantiers et les carrières. Les particules PM2,5 sont majoritairement formées par les phénomènes de combustion (secteur résidentiel et tertiaire, trafic routier), tandis que les activités mécaniques (secteur agricole, chantier) favorisent la formation des particules de taille plus importante (PM10). Les sources indirectes de particules résultent essentiellement de la transformation chimique des polluants gazeux et des processus de remise en suspension des poussières déposées au sol.

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. De plus, les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques. L'ensemble des particules fines, ainsi que la pollution de l'air extérieur, est classé comme cancérigènes certains (groupe 1) pour l'homme par l'OMS depuis 2016.

1.4.1.7 - Les métaux lourds

Les métaux lourds proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole), de la combustion des ordures ménagères, ainsi que de certains procédés industriels (métallurgie des métaux non ferreux notamment).

Dans le cadre des études air et santé des infrastructures de transport routier de niveau II, deux métaux sont retenus : le nickel et l'arsenic.

Le **nickel (Ni)** est présent naturellement dans l'environnement. Dans l'industrie, il est principalement émis par la combustion du fioul lourd, qui contient des traces de ce métal, mais aussi par les aciéries électriques dans le but d'améliorer leurs propriétés mécaniques et leur résistance à la corrosion et à la chaleur. Il est également utilisé pour la préparation d'alliages non ferreux (pour la fabrication d'outils, d'ustensiles de cuisine et de ménage), dans les revêtements électrolytiques des métaux et comme catalyseur en chimie organique.

Le nickel, absorbé par voie respiratoire en exposition chronique, provoque un effet inflammatoire sur les muqueuses nasales et les bronches. Le nickel est considéré comme agent potentiellement cancérogène par le CIRC, en revanche les oxydes de nickel sont classés dans le groupe 1, c'est-à-dire reconnus cancérogènes pour l'homme par le CIRC et l'Union européenne. L'exposition aiguë est responsable de troubles digestifs et généraux assez limités, une détresse respiratoire est possible après inhalation. Il n'est pas irritant pour la peau. Le nickel est un sensibilisant cutané (eczéma) et respiratoire (rhinite, asthme), l'inhalation répétée provoque des bronchites chroniques. Le nickel provoque un risque accru de tumeurs de la cavité nasale et des poumons.

L'**arsenic (As**) provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd contenants des traces de ce métal, ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières utilisées dans la production de verre, de métaux non ferreux ou de la métallurgie des ferreux.

L'arsenic est essentiellement absorbé par voie digestive, mais aussi par voie respiratoire et à un moindre degré par voie cutanée. L'exposition aiguë par ingestion peut provoquer des atteintes digestives parfois graves, des atteintes neurologiques centrale et périphérique, cardiovasculaire, hépatique ou rénale pouvant aller jusqu'à la mort. Par inhalation, on observe une irritation respiratoire et conjonctivale. L'exposition cutanée peut être responsable d'atteintes neurologiques. Des irritations cutanées et de graves brûlures oculaires sont possibles lors de contacts cutanés ou muqueux. Une exposition répétée ou prolongée pourrait entrainer des signes cutanés, muqueux, phanériens (cheveux, poils et ongles) et des atteintes neurologiques ou hématologiques L'augmentation du nombre de cancers du poumon et de la peau est décrite dans plusieurs études.

1.4.2 - Réglementation dans l'air ambiant

Les critères nationaux de la qualité de l'air sont définis aux articles R.221-1 à R.221-3 du Code de l'environnement. Les principales valeurs mentionnées dans la réglementation française sont synthétisées dans le Tableau 3.

Les définitions de ces valeurs seuils sont rappelées ci-après.

- **Valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, à atteindre sur une période donnée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Valeur cible** : niveau 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 ;
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel des effets limités et transitoires sont constatés sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée ;
- Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

À titre indicatif, les **recommandations de l'OMS** sont présentées dans ce tableau. Il s'agit de valeurs guide pour la protection de la santé humaine qui à ce jour ne sont pas réglementaires. Elles sont non réglementaires, donc non contraignantes ;

À titre indicatif également, les **propositions inscrites dans la résolution législative du Parlement européen du 24 avril 2024 sur la proposition de directive du Parlement européen et du Conseil concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe** (texte non encore voté) **pour les Valeurs limites à atteindre au 1er janvier 2030** sont indiquées dans ce tableau. Il s'agit encore de valeurs non promulguées qui sont *de facto* non contraignantes mais qui donnent une indication des réglementations européennes et françaises à venir.

TABLEAU 3 – CRITÈRES NATIONAUX DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Polluants	Recommandations OMS	Valeurs limites	Objectif de qualité ou valeur cible	Seuils d'information et d'alerte	Valeurs limites à atteindre au 1er janvier 2030 Adoptées par le Parlement européen le 24 avril 2024 (en attente du vote du Conseil européen)
Dioxyde d'azote NO_2	En moyenne annuelle 10 µg/m³ En moyenne journalière 25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle 40 µg/m³ En moyenne horaire *depuis le 1er janvier 2010* 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an (P99,8)	En moyenne annuelle 40 µg/m³	En moyenne horaire information et recommandation : 200 µg/m³ alerte : 400 µg/m³ sur 3 h consécutives et 200 µg/m³ si dépassement J-1 et risque pour J+1	En moyenne annuelle 20 µg/m³ En moyenne journalière 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile En moyenne horaire 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus d'une fois par année civile
Dioxyde de soufre SO_2	En moyenne journalière 40 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne journalière 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an (P99,2) En moyenne horaire *depuis le 1er janvier 2005* 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 h par an (P99,7)	En moyenne annuelle 50 µg/m³	En moyenne horaire information et recommandation : 300 µg/m³ alerte : 500 µg/m³ sur 3 h consécutives	En moyenne annuelle 20 µg/m³ En moyenne journalière 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile En moyenne horaire 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus d'une fois par année civile
Benzène C_6H_6		En moyenne annuelle 5 µg/m³	En moyenne annuelle 2 µg/m³		En moyenne annuelle 3,4 µg/m³
Monoxyde de carbone CO	En moyenne journalière 4 000 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne sur 8 heures 10 000 µg/m³			En moyenne sur 8 heures 10 000 µg/m³ En moyenne journalière 4 000 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 µm PM10	En moyenne annuelle 15 µg/m³ En moyenne journalière 45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle *depuis le 1er janvier 2005* 40 µg/m³ En moyenne journalière *depuis le 1er janvier 2010* 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 j par an (P90,4)	En moyenne annuelle 30 µg/m³		En moyenne annuelle 20 µg/m³ En moyenne journalière 45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm PM2,5	En moyenne annuelle 5 µg/m³ En moyenne journalière 15 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle 25 µg/m³ depuis 2015	En moyenne annuelle Objectif de qualité : 10 µg/m³ Valeur cible : 20 µg/m³		En moyenne annuelle 10 µg/m³ En moyenne journalière 25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
Plomb Pb		En moyenne annuelle *depuis le 1er janvier 2002* 0,5 µg/m³	En moyenne annuelle 0,25 µg/m³		En moyenne annuelle 0,5 µg/m³
Arsenic As			En moyenne annuelle Valeur cible : 6 ng/m³		En moyenne annuelle 6 ng/m³
Cadmium Cd			En moyenne annuelle Valeur cible : 5 ng/m³		En moyenne annuelle 5 ng/m³
Nickel Ni			En moyenne annuelle Valeur cible : 20 ng/m³		En moyenne annuelle 20 ng/m³
Benzo(a)pyrène			En moyenne annuelle Valeur cible : 1 ng/m³		En moyenne annuelle 1 ng/m³
Ozone O_3	Max jour de la moyenne sur 8 h 100 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an Pic saisonnier* 60 µg/m³		Objectif de qualité (santé) Max jour de la moyenne sur 8 h 120 µg/m³ Valeur cible (santé) Max jour de la moyenne sur 8 h à na pas dépasser plus de 25 j/an en moyenne sur 3 ans 120 µg/m³	En moyenne horaire information et recommandation : 180 µg/m³ alerte : seuil 1 - 240 µg/m³ sur 3 h consécutives seuil 2 - 300 µg/m³ sur 3 h consécutives seuil 3 - 360 µg/m³	Valeur cible Max jour de la moyenne sur 8 h 100 µg/m³

Source : Articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement - Organisation Mondiale de la Santé (OMS) - https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0542&from=EN
**Moyenne de la concentration moyenne quotidienne maximale d'ozone sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d'ozone a été la plus élevée*

2 - CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT INITIAL

La caractérisation de l'état initial (ou état actuel) a pour objectif de fournir une description détaillée de la qualité de l'air et de ses effets en l'absence de tout projet. Elle comprend notamment :

- Un **inventaire des établissements vulnérables** (établissements scolaires et de soins notamment) et des lieux vulnérables, ainsi que des populations ;
- Un **bilan de la qualité de** l'air dans la zone d'étude sur la base des documents de planification existants (SRADDET, PPA notamment) et des études et mesures du réseau de surveillance de qualité de l'air locale, ATMO Normandie ;
- Un **inventaire des sources de pollution** sur la base des recensements des principaux émetteurs industriels effectués par la DREAL ;
- Une **campagne de mesures *in situ*** de la qualité de l'air.

2.1 - Populations et lieux vulnérables

Le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA précise quelles sont les populations vulnérables :

- Jeunes enfants ;
- Personnes âgées ;
- Enfants ou adultes atteints de problèmes pulmonaires et/ou cardiaques chroniques.

Les établissements vulnérables sont alors déduits :

- Établissements dédiés à la Petite Enfance : crèches, multi-accueil, micro-crèches…
- Établissements scolaires : écoles maternelles, élémentaires et primaires (maternelle + élémentaire) ;
- Instituts spécialisés : accueil d'enfants handicapés ou en réinsertion ;
- Maisons de retraite : Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées non dépendantes (EHPA) ou Dépendantes (EHPAD), Résidence autonomie… ;
- Établissements de soins : hôpitaux, cliniques,….

Ce paragraphe a pour objet d'évaluer les cibles potentielles des émissions polluantes situées dans le domaine d'étude, défini à ce jour à proximité immédiate du projet dans une bande d'étude maximale de 200 m de part et d'autre du projet.

Les densités et les populations communales ont été estimées en 2023 sur la base des données de population INSEE les plus récentes disponibles à l'IRIS[1] (2020).

Les populations situées dans la bande d'étude ont ensuite été déterminées, sous SIG, en interceptant la bande d'étude et les communes avec une clef de répartition spatiale (données d'occupation des sols Open Street Map et orthophotos), afin de localiser les populations sur les zones bâties.

2.1.1 - Densité de population générale

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer est localisé sur les communes de Caen, Bretteville-sur-Odonet et Saint-Contest, dans des zones urbaines et périurbaines.

Les densités de population des IRIS de ces communes, ainsi que celles interceptées par la bande d'étude, sont données dans le Tableau 4 et sont représentées sur la Figure 3. La population de ces IRIS a été ensuite ramenée aux seules zones d'habitations (via Corine Land Cover 2018 mise à jour par les orthophotographies les plus récentes). Les densités de population des zones d'habitations sont également données dans le Tableau 4 et sont représentées sur la Figure 4.

TABLEAU 4 – DENSITÉ DE POPULATION DES IRIS ET DES ZONES D'HABITATS (EN HAB/KM²)

Commune	IRIS	Densité des communes ou Iris (hab/km²)	Densité des zones bâtis dans les bandes d'étude
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	515	2 469
Bretteville-sur-Odon	14101 0000 - Commune non irisée	623	
Caen	14118 0101 - Préfecture	8 359	17 844
	14118 0102 - Le Château	7 368	11 182
	14118 0201 - Saint-Jean	10 620	11 740
	14118 0202 - Théâtre	10 020	12 753
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	5 296	8 004
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	5 217	6 072
	14118 0303 - Quartier Branville	8 725	8 725
	14118 0401 - Bas de Venoix	1 970	3 573
	14118 0402 - La Prairie	83	2 225
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	3 864	7 912
	14118 0502 - Le Beau Site	4 553	4 553
	14118 0601 - La Haie Vigne	5 667	6 335
	14118 0701 - Beaulieu	3 651	5 464
	14118 0702 - Quartier Malherbe	3 649	5 400
	14118 0801 - Saint-Paul	3 751	5 303
	14118 0802 - Les Coutures	5 953	9 247
	14118 0803 - La Maladrerie	4 411	7 283
	14118 0804 - Authie Sud	5 195	5 195
	14118 0901 - Chemin Vert	4 113	7 825
	14118 0902 - Champagne	8 719	27 271
	14118 0903 - Méridien	5 995	7 010
	14118 0904 - Chardonneret	12 955	15 019
	14118 1001 - Verte Vallée	2 880	5 954
	14118 1101 - Jardin des Plantes	5 109	6 353
	14118 1102 - Saint-Nicolas	6 640	8 394
	14118 1201 - Université	4 559	11 128
	14118 1202 - Saint-Julien	6 289	6 871
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	6 266	9 308
	14118 1401 - Pierre Heuzé Nord	8 436	
	14118 1402 - Lebisey	3 285	
	14118 1403 - Pierre Hauzé Sud	8 414	
	14118 1404 - Zone Activité Nord-Est	392	
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	4 177	4 272
	14118 1502 - Saint-Gilles	6 207	9 279
	14118 1503 - Quartier Calmette	4 719	
	14118 1601 - Le Port	1 868	7 234
	14118 1701 - Le Marais	4 363	
	14118 1702 - La Demi-Lune	4 749	
	14118 1703 - Claude Decaen	5 487	
	14118 1704 - Sainte-Thérèse	5 366	
	14118 1801 - La Guérinière Est	10 207	
	14118 1802 - La Guérinière Ouest	9 926	
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	8 301	16 593
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	3 791	5 234
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	8 849	11 579
	14118 2001 - Mont Coco	1 393	20 269
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	2 656	5 251
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	15 592	20 455
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	226	8 882
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	3 181	8 293
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	12 779	19 006
	MOYENNE CAEN	**5 809**	**9 507**
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	523	3 146
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	554	3 916
Louvigny	14383 0000 - Commune non irisée	473	
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	314	2 291
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	921	4 937
	MOYENNE DES 8 COMMUNES	**1 216**	**4 378**

Source : INSEE

[1] *L'IRIS est la maille de base des statistiques infracommunales. Les communes d'au moins 10 000 habitants et la plupart des communes de 5 000 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS, des secteurs de densité homogène de population de l'ordre de 2 000 habitants.*

FIGURE 3 – DENSITÉ DES IRIS À L'HORIZON 2020

Source : INSEE - Egis

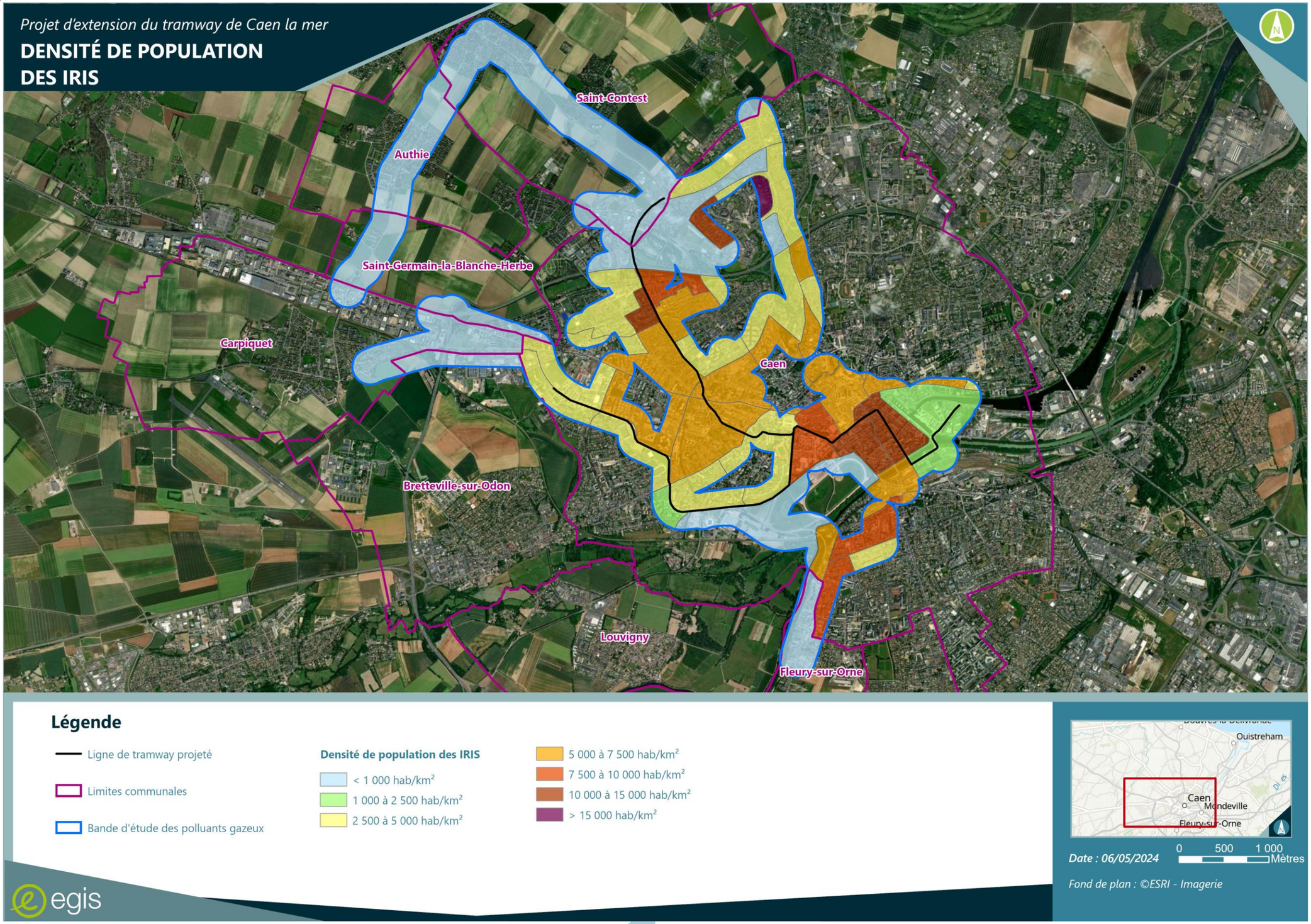
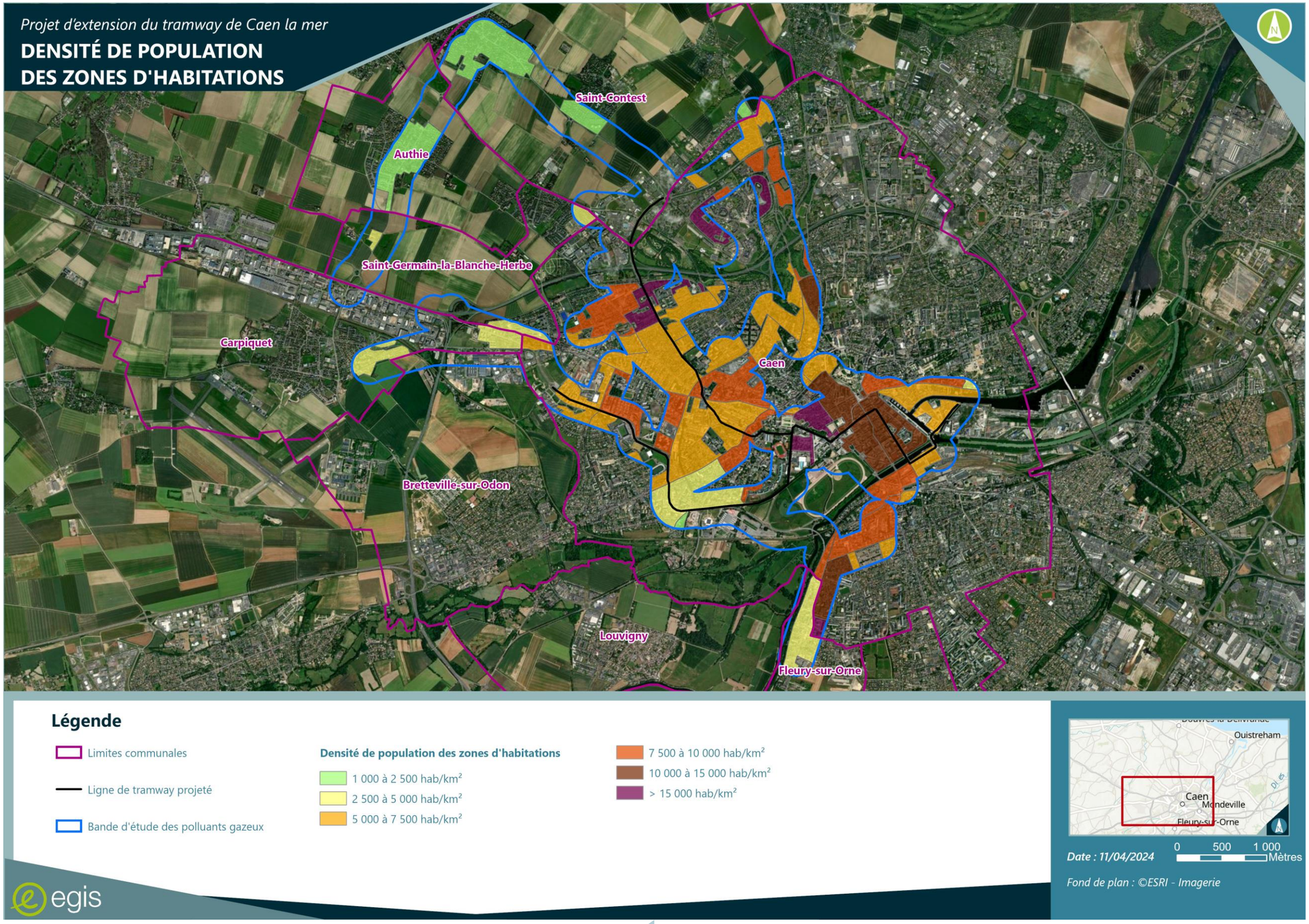


FIGURE 4 – DENSITÉ DES ZONES D'HABITATION À L'HORIZON 2020

Source : INSEE - Egis



2.1.2 - Populations

Les populations des IRIS interceptés par les bandes d'étude des polluants gazeux et des polluants particulaires (200 m) sont données dans le Tableau 5.

Sur la base de ces estimations, la population en 2020 dans la bande d'étude des polluants gazeux (bande de 400 m centrée sur le réseau routier retenu) est de 54 335 habitants, soit 43 % de la population totale des communes concernées. Elles sont réparties ainsi :

- Authie : 745 habitants (sur 1 666 habitants – 45 % – dans la commune) ;
- Caen : 50 207 habitants (sur 107 250 habitants – 47 % – dans la commune) ;
- Carpiquet : 699 habitants (sur 3 137 habitants – 22 % – dans la commune) ;
- Fleury-sur-Orne 859 habitants (sur 4 981 habitants – 17 % – dans la commune) ;
- Saint-Contest : 1 193 habitants (sur 2 515 habitants – 47 % – dans la commune) ;
- Saint-Germain-la-Blanche-Herbe : 632 habitants (sur 2 405 habitants – 26 % – dans la commune).

La population en 2020 située dans la bande d'étude des polluants particulaires (bande de 200 m centrée sur le réseau routier retenu) s'établit à 33 038 habitants, soit 26 % de la population totale des communes concernées. Elles sont réparties ainsi :

- Authie : 396 habitants (sur 1 666 habitants – 24 % – dans la commune) ;
- Caen : 30 729 habitants (sur 107 250 habitants – 29 % – dans la commune) ;
- Carpiquet : 519 habitants (sur 3 137 habitants – 17 % – dans la commune) ;
- Fleury-sur-Orne 584 habitants (sur 4 981 habitants – 12 % – dans la commune) ;
- Saint-Contest : 631 habitants (sur 2 515 habitants – 25 % – dans la commune) ;
- Saint-Germain-la-Blanche-Herbe : 179 habitants (sur 2 405 habitants – 7 % – dans la commune).

TABLEAU 5 – POPULATION DES IRIS ET DANS LA BANDE D'ÉTUDE (EN NOMBRE D'HABITANTS)

Commune	IRIS	Population des communes ou Iris (hab)	Population des zones bâtis dans la bande d'étude
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	1666	745
Bretteville-sur-Odon	14101 0000 - Commune non irisée	4 069	
Caen	14118 0101 - Préfecture	2 766	2 543
	14118 0102 - Le Château	2 339	2 088
	14118 0201 - Saint-Jean	2 977	2 977
	14118 0202 - Théâtre	2 305	2 305
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	2 164	1 518
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	1 276	120
	14118 0303 - Quartier Branville	2 325	2 003
	14118 0401 - Bas de Venoix	1 176	345
	14118 0402 - La Prairie	180	34
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	2 207	1 177
	14118 0502 - Le Beau Site	1 454	1 272
	14118 0601 - La Haie Vigne	3 239	3 239
	14118 0701 - Beaulieu	1 964	389
	14118 0702 - Quartier Malherbe	2 420	484
	14118 0801 - Saint-Paul	1 187	789
	14118 0802 - Les Coutures	3 026	2 103
	14118 0803 - La Maladrerie	2 734	1 746
	14118 0804 - Authie Sud	2 244	2 098
	14118 0901 - Chemin Vert	2 635	1 999
	14118 0902 - Champagne	1 627	1 481
	14118 0903 - Méridien	1 682	1 235
	14118 0904 - Chardonneret	1 294	1 294
	14118 1001 - Verte Vallée	2 021	1 275
	14118 1101 - Jardin des Plantes	2 071	810
	14118 1102 - Saint-Nicolas	2 299	2 042
	14118 1201 - Université	2 444	815
	14118 1202 - Saint-Julien	1 666	1 202
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	3 296	205
	14118 1401 - Pierre Heuzé Nord	1 495	
	14118 1402 - Lebisey	2 632	
	14118 1403 - Pierre Hauzé Sud	2 547	
	14118 1404 - Zone Activité Nord-Est	308	
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	1 775	58
	14118 1502 - Saint-Gilles	2 383	1 034
	14118 1503 - Quartier Calmette	3 567	
	14118 1601 - Le Port	2 500	2 249
	14118 1701 - Le Marais	1 947	
	14118 1702 - La Demi-Lune	2 433	
	14118 1703 - Claude Decaen	2 419	
	14118 1704 - Sainte-Thérèse	2 108	
	14118 1801 - La Guérinière Est	2 471	
	14118 1802 - La Guérinière Ouest	3 039	
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	2 079	462
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	2 052	267
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	2 896	1 695
	14118 2001 - Mont Coco	1 226	
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	1 735	873
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	1 716	1 088
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	324	324
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	1 998	918
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	2 582	1 651
	SOMME CAEN	107 250	50 207
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	3 137	699
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	3 519	859
Louvigny	14383 0000 - Commune non irisée	2 666	
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	2 515	1 193
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	2 405	632
	SOMME DES 8 COMMUNES	**127 227**	**54 335**

Source : INSEE

2.1.3 - Établissements vulnérables

Un inventaire des établissements recevant des populations vulnérables a été effectué dans les communes retenues et dans la bande d'étude (400 m).

Comme précisé ci-dessus, le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA précise quelles sont les populations vulnérables :

- Jeunes enfants ;
- Personnes âgées ;
- Enfants ou adultes atteints de problèmes pulmonaires et/ou cardiaques chroniques.

Les établissements vulnérables sont alors déduits :

- Établissements dédiés à la Petite Enfance : crèches, multi-accueil, micro-crèches…
- Établissements scolaires : écoles maternelles, élémentaires et primaires (maternelle + élémentaire) ;
- Instituts spécialisés : accueil d'enfants handicapés ou en réinsertion ;
- Maisons de retraite : Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées non dépendantes (EHPA) ou Dépendantes (EHPAD), Résidence autonomie… ;
- Établissements de soins : hôpitaux, cliniques,….

Aucun établissement vulnérable n'est retenu dans les communes de Bretteville-sur-Odon, Louvigny et Fleury-sur-Orne.

Les établissements vulnérables sont représentés sur la Figure 5.

Sur la base de cet inventaire, 59 établissements vulnérables ont été identifiés dans la bande d'étude (*Cf.* Tableau 6) :

- 18 établissements Petite Enfance ;
- 16 écoles :
  - 1 école maternelle ;
  - 3 écoles élémentaires ;
  - 12 écoles primaires ;
- 3 établissements de soins ;
- 13 instituts spécialisés ;
- 9 maisons de retraite.

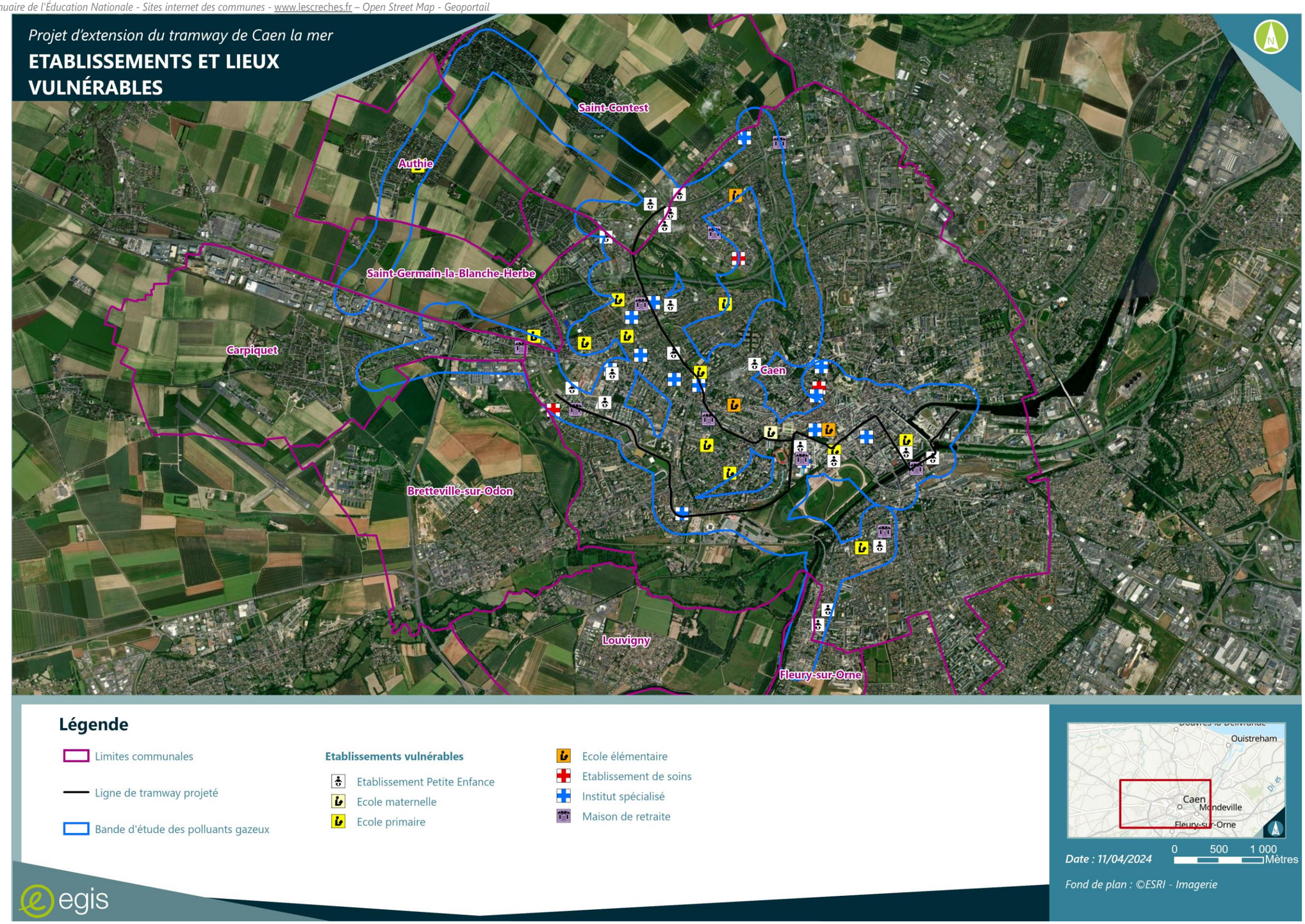
TABLEAU 6 – ÉTABLISSEMENTS VULNÉRABLES DANS LES COMMUNES

Commune	Type d'établissement	Nom de l'établissement	Adresse de l'établissement
Authie	Ecole primaire	Ecole primaire Bill Baillie	7 Place des 37 Canadiens
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS D'AUTHIE		**1**	
Carpiquet	Maison de retraite	EHPAD Résidence Médicis	3 chemin de Saint-Germain
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS DE CARPIQUET			
Saint-Contest	Établissement Petite Enfance	Micro-crèches Doucalinou Les Choupinous et les Roudoudous	5 rue René Cassin
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS DE SAINT-CONTEST			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	Ecole primaire	Groupe scolaire Marco Polo	Rue Albert Camus
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS DE SAINT-GERMAIN-LA-BLANCHE-HERBE			
Caen	Établissement Petite Enfance	Halte-garderie Barbapapa	17 rue Pierre Corneille
		Micro-crèche Aux Petits Pas	25 bis rue du Général Moulin
		Micro-crèche Aux Petits pas 2	4 avenue Père Charles de Foucauld
		Micro-crèche Doucalinou Les Bibous	12 rue de Bailey
		Micro-crèche Doucalinou Les Tinous	20 rue de Bailey
		Micro-crèche Hapili Beaulieu	34 rue Nicolas Oresme
		Micro-crèche Hapili Rives de l'Orne	52 quai Amiral Hamelin
		Micro-crèche Little Stars	8 rue de la Folie
		Micro-crèche Nuage	46 boulevard Maréchal Lyautey
		Micro-crèche Rosalie	20 rue de Villons-les-Buissons
		Multi-accueil Centre-Ville et crèche familiale Frémentel	6 rue Frémentel
		Multi-accueil Happy Babies	52 rue Saint-Gabriel
		Multi-accueil Ilôt Câlin	54 bis rue Louis Robillard
		Multi-accueil Jaune Lisa Lind	1 rue de Stockholm
		Multi-accueil Madiba	2 rue Louis Borderieux
		Multi-accueil Mandarine	22 allée Geneviève Prieur
		Multi-accueils L'Arche de Noé et La Prairie des Bambins	2 boulevard Yves Guillou
	École maternelle	Ecole maternelle Duc Rollon	10 impasse du Duc Rollon
	Ecole élémentaire	Ecole élémentaire privée Notre-Dame	26 rue Jean Eudes
		Ecole élémentaire privée Saint-François	Rue des Acadiens
		Ecole élémentaire privée Sainte-Bernadette	84 rue de Bayeux
	Ecole primaire	Ecole primaire Authie Sud	117 rue d'Authie
		Ecole primaire Fernand Léger	6 rue Fernand Léger
		Ecole primaire Haie Vigné	9 ter rue de la Haie Vigné
		Ecole primaire Henri Brunet	14 rue Henri Brunet
		Ecole primaire Jean Guéhenno	12 rue du Pont Créon
		Ecole primaire La Maladrerie	4 rue du Cheminet
		Ecole primaire Michel Pondaven	1 rue de Berry
		Ecole primaire Paul Gernez	20 rue Paul Gernez
		Ecole primaire René Lemière	1 boulevard Aristide Briand
		Groupe scolaire Lyautey	74 boulevard Lyautey
	Établissements de soins	Clinique Brocéliande	38 rue de Brocéliande
		Clinique de la miséricorde	15 rue des Fossés Saint-Julien
		Hôpital privé Saint-Martin	18 rue des Roquemonts
	Institut spécialisé	Centre Médico-Psycho-Pédagogique (CMPP) La Guidance	4 rue Jean de la Varende
		Centre Médico-Psychologique (CMP) Authie	52 rue d'Authie
		Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen-Est	18 rue des Carmélites
		Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen Plaine Chemin Vert	10 rue Molière
		Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen Sud	72 boulevard Yves Guillou
		Centre Médico-Psychologique (CMP) Enfants	80 boulevard Dunois
		Centre Médico-Psychologique (CMP) MDA	9 place de la Mare
		Centre Médico-Psychologique (CMP) SMPR	36 rue du Général Moulin
		Etablissement Expérimental pour Enfance Handicapée Plateforme de Répit RVSA	7 avenue du Président Coty
		Institut Médico-Educatif (IME) APAEI - Site principal	15 rue Elie de Beaumont
		Maison d'Enfants à Caractère Social (MECS) Ecole AIFST	122 rue de la Folie
		Maison d'Enfants à Caractère Social (MECS) Foyer Ardenne	7 rue Commandant Antoine de Touchet
		Maison d'Enfants à Caractère Social (MECS) Le Moulin	63 rue de Bras
	Maison de retraite	EHPAD Ma Maison	7 rue Porte-Millet
		EHPAD Résidence Beaulieu	53 boulevard Georges Pompidou
		EHPAD Résidence La Palmeraie	2 rue René Cassin
		EHPAD Résidence Saint-Benoît	6 rue de Malon
		Résidence autonomie de la Haie Vigné	29 rue Damozanne
		Résidence autonomie du Chemin Vert	2 allée du Rossignol
		Résidence autonomie Les Rives de l'Orne	28 quai Amiral Hamelin
		Résidence Séniors Les Essentielles Scamaroni	35-37 rue Fred Scamaroni
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS DE CAEN			
			TOTAL POUR LES CINQ COMMUNES

Source : FINESS - Annuaire de l'Education Nationale - Sites internet des communes - www.lescreches.fr

FIGURE 5 – ÉTABLISSEMENTS ET LIEUX VULNÉRABLES DANS LES COMMUNES

Source : FINESS - Annuaire de l'Éducation Nationale - Sites internet des communes - www.lescreches.fr – Open Street Map - Geoportail



Parmi ces établissements vulnérables, 22 sont situés à proximité directe du projet d'extension du tramway de Caen la mer. Il s'agit des Micro-crèches Doucalinou Les Choupinous et les Roudoudous situées à Saint-Contest – 5 rue René Cassin (à 110 m du projet) et des 21 établissements suivants, tous situés dans la commune de Caen :

- 6 établissements Petite Enfance :
  - Micro-crèche Doucalinou Les Bibous – 12 rue de Bailey – 100 m du projet ;
  - Micro-crèche Doucalinou Les Tinous – 20 rue de Bailey – 175 m du projet ;
  - Micro-crèche Hapili Rives de l'Orne – 52 quai Amiral Hamelin – 25 m du projet ;
  - Multi-accueil Centre-Ville et crèche familiale Frémentel – 6 rue Frémentel – 65 m du projet ;
  - Multi-accueil Jaune Lisa Lind – 1 rue de Stockholm – 35 m du projet ;
  - Multi-accueil Mandarine – 22 allée Geneviève Prieur – 90 m du projet ;
- 4 écoles :
  - École maternelle Duc Rollon – 10 impasse du Duc Rollon – 75 m du projet ;
  - École élémentaire privée Notre-Dame – 26 rue Jean Eudes – 165 m du projet ;
  - École primaire Fernand Léger – 6 rue Fernand Léger – 60 m du projet ;
  - École primaire René Lemière – 1 boulevard Aristide Briand – 45 m du projet ;
- 5 maisons de retraite :
  - EHPAD Résidence Beaulieu – 53 boulevard Georges Pompidou – 15 m du projet ;
  - Résidence autonomie de la Haie Vigné – 29 rue Damozanne – 60 m du projet ;
  - Résidence autonomie du Chemin Vert – 2 allée du Rossignol – 80 m du projet ;
  - Résidence autonomie Les Rives de l'Orne – 28 quai Amiral Hamelin – 20 m du projet ;
  - Résidence Séniors Les Essentielles Scamaroni – 35-37 rue Fred Scamaroni – 115 m du projet ;
- 6 établissements spécialisés :
  - Centre Médico-Psycho-Pédagogique (CMPP) La Guidance – 4 rue Jean de la Varende – 140 m du projet ;
  - Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen-Est – 18 rue des Carmélites – 150 m du projet ;
  - Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen Plaine Chemin Vert – 10 rue Molière – 40 m du projet ;
  - Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen Sud – 72 boulevard Yves Guillou – 30 m du projet ;
  - Centre Médico-Psychologique (CMP) Enfants – 80 boulevard Dunois – 15 m du projet ;
  - Maison d'Enfants à Caractère Social (MECS) Le Moulin – 63 rue de Bras – 100 m du projet.

2.2 - Émissions polluantes

Les données relatives aux émissions polluantes de la région Normandie sont diffusées par ATMO Normandie et permettent de réaliser des inventaires d'émissions à l'échelle régionale, départementale et de l'EPCI de la Communauté Urbaine Caen la mer, dans laquelle sont situées les communes retenues pour la présente étude.

Les émissions sont classées par type de source suivant cinq secteurs :

- Industriel ;
- Résidentiel - Tertiaire ;
- Transport ;
- Agriculture ;
- Nature.

2.2.1 - Émissions polluantes à l'échelle de la région Normandie

Les émissions atmosphériques pour la région Normandie sont présentées dans le Tableau 7.

Les valeurs de ces émissions pour l'année 2019 (année la plus récente disponible) sont publiées sur le site d'Atmo Normandie[2].

Les émissions pour le cadmium correspondent à l'année 2018. En effet, la valeur disponible pour 2019 est de 1 977,92 tonnes, soit 10 à 12 fois supérieures aux années précédentes. Cette valeur importante traduit ainsi une anomalie ou un évènement dont la cause ne nous est pas connue. Par ailleurs, cette valeur ne traduit pas les émissions régionales habituelles pour ce polluant.

TABLEAU 7 – ÉMISSIONS POLLUANTES POUR LA RÉGION NORMANDIE EN 2019

Polluants	Unité	Région Normandie
		Emissions
Dioxyde de soufre	*t*	15 740.45
Particules PM10	*t*	16 159.41
Particules PM2,5	*t*	8 553.18
Oxydes d'azote	*t*	68 731.77
Plomb	*kg*	3 606.19
Ammoniac	*t*	73 368.23
Cadmium	*kg*	144.56
Nickel	*kg*	10 034.86
Arsenic	*kg*	208.53
COVNM	*t*	115 616.94
Benzo(a)pyréne	*kg*	218.73
Benzène	*kg*	1 078 328.70
Méthane (GES)	*t*	199 526.35
Dioxyde de carbone (GES)	*t*	28 194 530.70
Protoxyde d'azote (GES)	*t*	12 497.56

Source : Atmo Normandie

La Figure 6 représente la contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de la région Normandie pour l'année 2019.

Les émissions polluantes recensées pour la région Normandie sont essentiellement issues :

- Des activités industrielles :
  - 99 % des émissions de cadmium ;
  - 87 % des émissions de nickel ;
  - 84 % des émissions de dioxyde de soufre ;
  - 52 % des émissions de dioxyde de carbone ;
  - 37 % des émissions d'arsenic ;
  - 35 % des émissions de COVNM ;
- Du résidentiel et du tertiaire :
  - 79 % des émissions de benzène ;
  - 77 % des émissions de benzo(a)pyrène ;

---

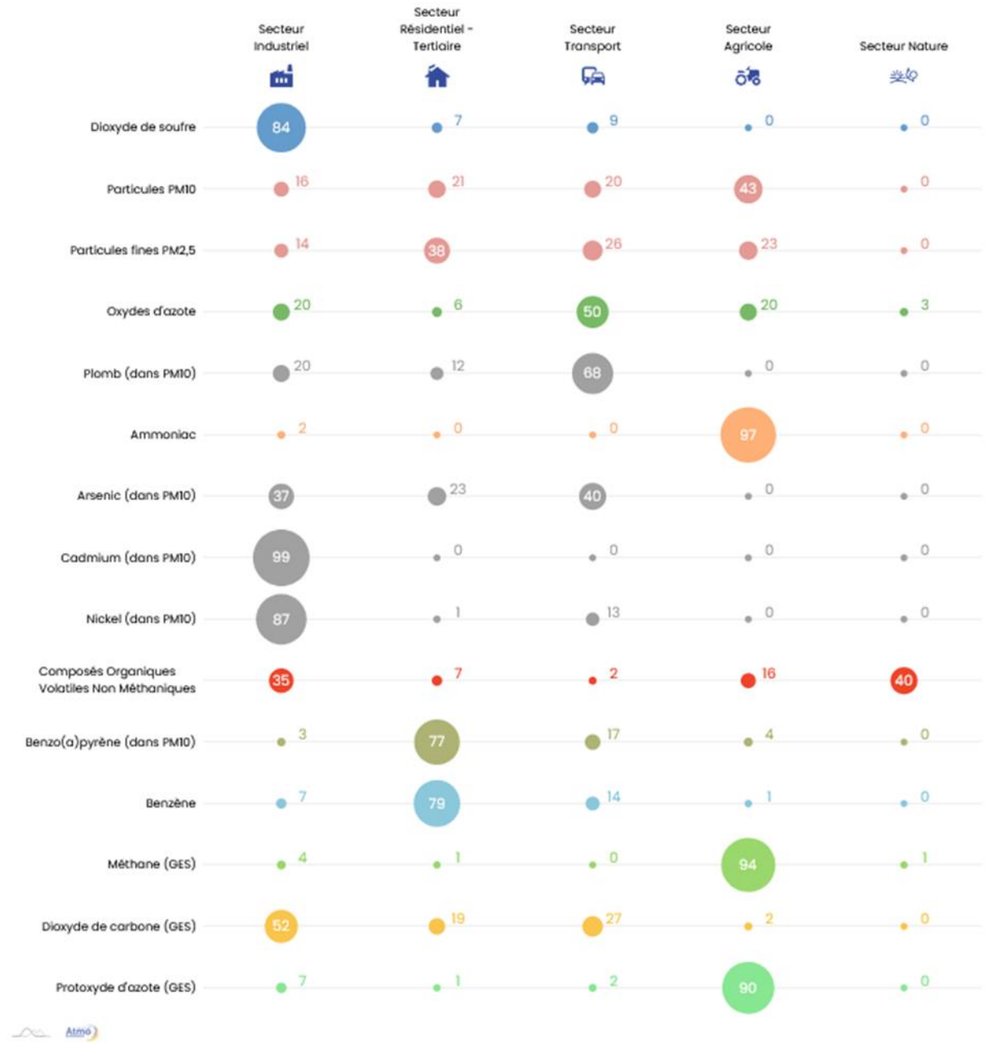
[2] *Atmo Normandie – Inventaire des émissions –* https://www.atmonormandie.fr/dataviz/emissions

- 38 % des émissions de PM2,5 ;
- 23 % des émissions d'arsenic ;
- 21 % des émissions de PM10 ;
- 19 % des émissions de dioxyde de carbone ;
- 7 % des émissions de dioxyde de soufre ;

- Des transports :
  - 68 % des émissions de plomb ;
  - 50 % des émissions d'oxydes d'azote ;
  - 40 % des émissions d'arsenic ;
  - 27 % des émissions de dioxyde de carbone ;
  - 26 % des émissions de PM2,5 ;
  - 20 % des émissions de PM10 ;
  - 9 % des émissions de dioxyde de soufre ;
- De l'agriculture :
  - 97 % des émissions d'ammoniac ;
  - 94 % des émissions de méthane ;
  - 90 % des émissions de protoxyde d'azote ;
  - 43 % des émissions de PM10 ;
  - 23 % des émissions de PM2,5 ;
  - 20 % des émissions d'oxydes d'azote.

FIGURE 6 – CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ AUX ÉMISSIONS DE LA RÉGION NORMANDIE EN 2019 (EN %)

Source : ATMO Normandie



2.2.1.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2)

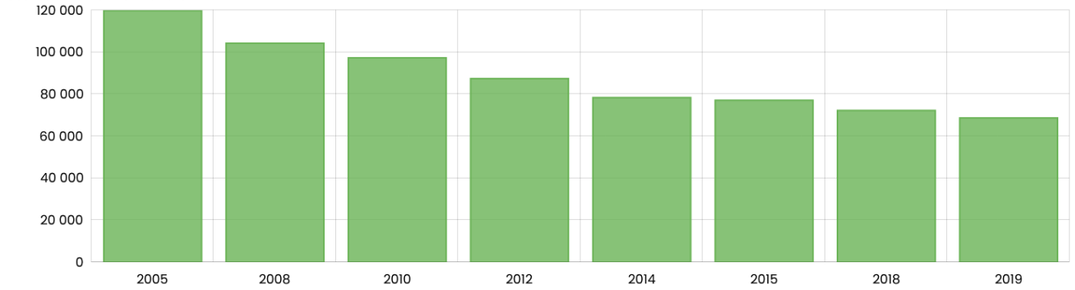
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de NOx s'élèvent en 2019 à 68 732 tonnes. Le principal secteur émetteur est le transport routier qui représente 50 % des émissions totales. Celles-ci proviennent principalement de la combustion dans les moteurs essence et diesels (poids lourds diesel, utilitaires et véhicules particuliers).

Depuis 2005, les émissions d'oxydes d'azote sont en diminution de -43 %.

La Figure 7 illustre l'évolution des émissions d'oxydes d'azote entre 2005 à 2019.

FIGURE 7 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.2 - Les particules PM10 et PM2,5

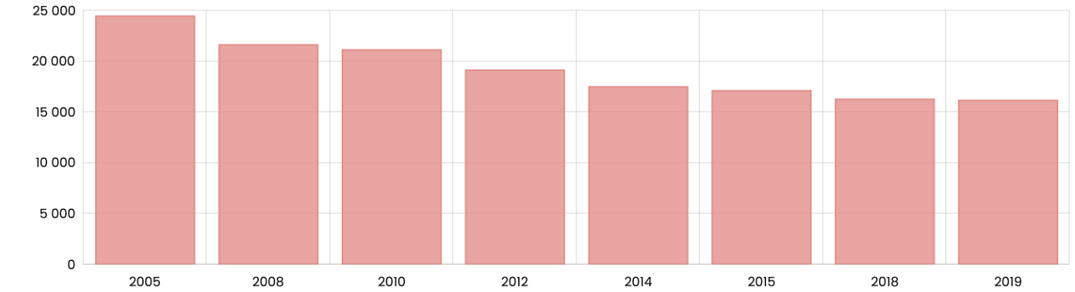
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de PM10 s'élèvent en 2019 à 16 159 tonnes. Le principal secteur émetteur de PM10 est l'agriculture avec 43 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM10 ont diminué de -34 %.

La Figure 8 illustre l'évolution des émissions de PM10 entre 2005 et 2019.

FIGURE 8 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM10 (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



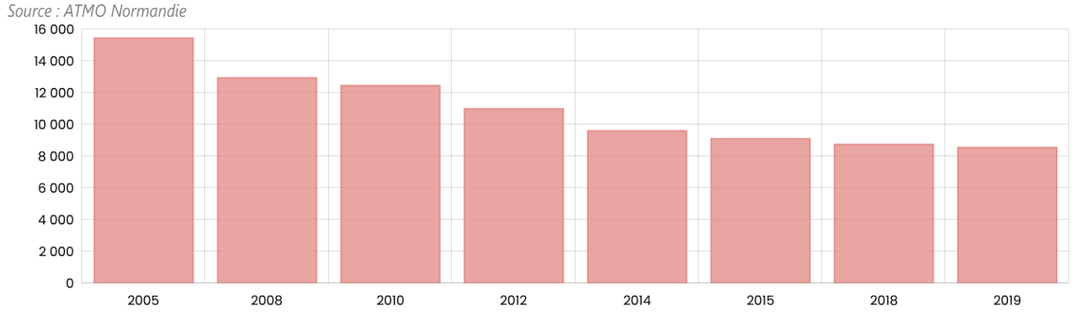
Concernant les PM2,5, d'après ATMO Normandie, leurs émissions régionales totales s'élèvent en 2019 à 8 553 tonnes. Le secteur résidentiel et tertiaire est l'émetteur principal et représente 38 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM2,5 ont diminué de -45 %.

La Figure 9 illustre l'évolution des émissions de PM2,5 entre 2005 et 2019.

FIGURE 9 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM2,5 (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

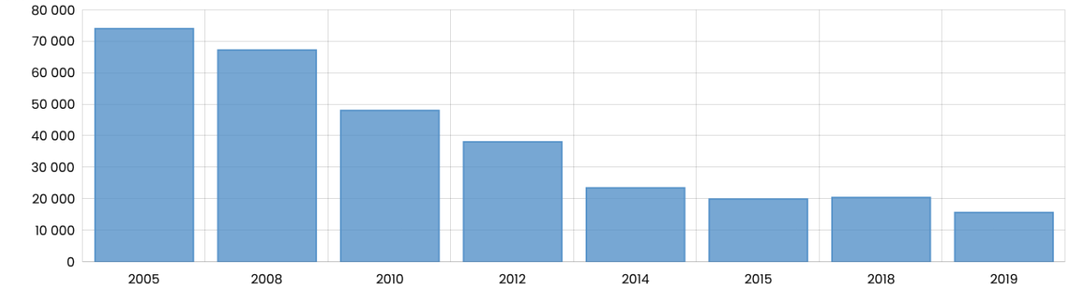
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de dioxyde de soufre s'élèvent en 2019 à 15 740 tonnes. Le secteur émetteur presque exclusif est celui de l'industrie avec 84 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de soufre ont diminué de -79 %.

La Figure 10 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de soufre entre 2005 et 2019.

FIGURE 10 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.4 - Les métaux lourds

Les métaux dont les émissions sont recensées sont le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic.

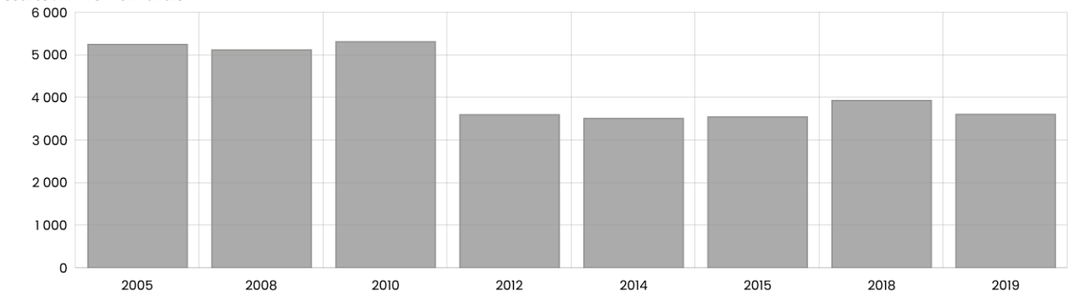
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de plomb s'élèvent en 2019 à 3 606 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 68 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de plomb ont diminué de -31 %. Toutefois, ces émissions ont été constantes de 2005 à 2010, puis ont diminué brutalement en 2012, pour être à nouveau constantes depuis cette date.

La Figure 11 illustre l'évolution des émissions de plomb entre 2005 et 2019.

FIGURE 11 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PLOMB (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



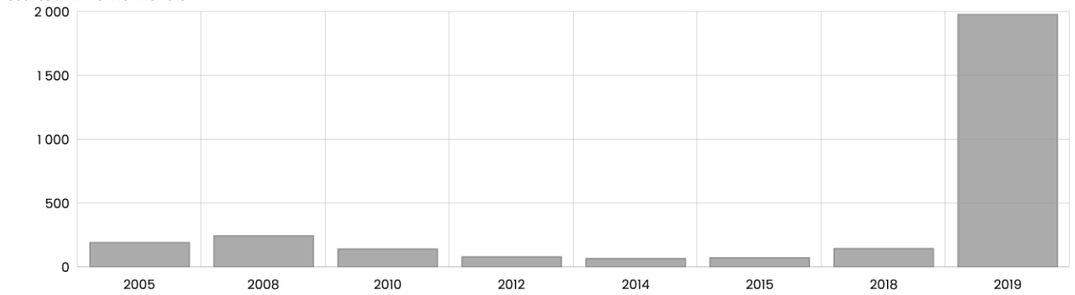
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de cadmium s'élèvent en 2019 à 1 978 kg. Le secteur émetteur principal est l'industrie avec 99 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de cadmium ont été relativement stable jusqu'en 2018. En 2019, les émissions ont augmenté considérablement (+ 1 268 %) sans qu'ATMO Normandie ne précise l'origine de ce phénomène. Il a donc été préféré de retenir 2018 comme dernière année représentative en termes d'émissions de cadmium.

La Figure 12 illustre l'évolution des émissions de cadmium entre 2005 et 2019.

FIGURE 12 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CADMIUM (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de nickel s'élèvent en 2019 à 10 035 kg. Le secteur émetteur principal est l'industrie avec 87 % des émissions totales.

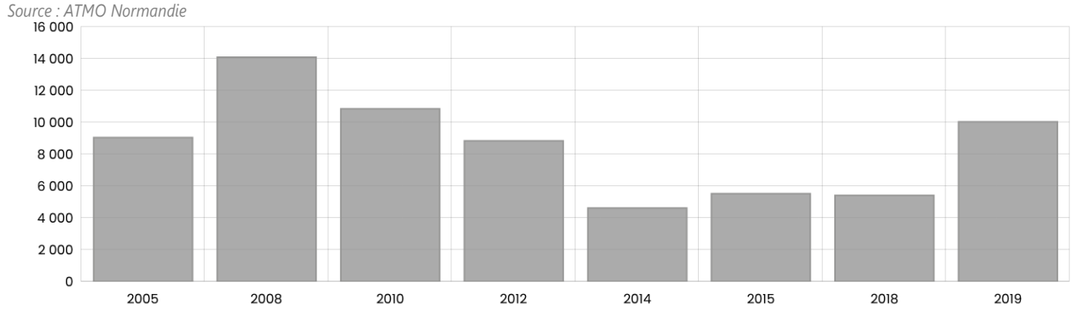
Les émissions de nickel en 2019 sont supérieures de +11 % à celles de 2005. Cette tendance masque des variations plus complexes entre ces deux dates :

- Forte augmentation de +56 % entre 2005 et 2008 ;
- Forte diminution de -67 % entre 2008 et 2014 ;
- Légère augmentation entre 2014 et 2018 (+17 %) ;
- Forte augmentation de +85 % entre 2018 et 2019.

La Figure 13 illustre l'évolution des émissions de nickel entre 2005 et 2019.

FIGURE 13 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE NICKEL (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



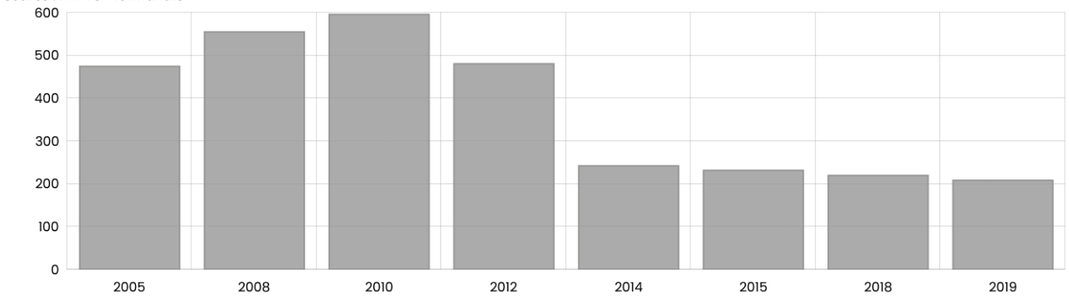
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales d'arsenic s'élèvent en 2019 à 209 kg. Les secteurs émetteurs principaux sont le transport et l'industrie avec respectivement 40 % et 37 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'arsenic ont diminué de -56 %. Toutefois, ces émissions ont augmenté jusqu'en 2010 avant de diminuer fortement jusqu'en 2014, puis plus légèrement depuis.

La Figure 14 illustre l'évolution des émissions d'arsenic entre 2005 et 2019.

FIGURE 14 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'ARSENIC (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Le benzo(a)pyrène est le polluant représentatif de la famille des HAP.

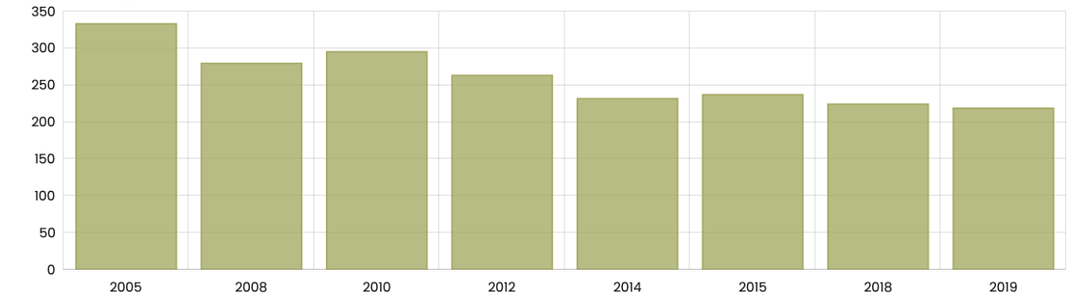
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de benzo(a)pyrène s'élèvent en 2019 à 219 kg. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 77 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzo(a)pyrène ont diminué de -34 %.

La Figure 15 illustre l'évolution des émissions de benzo(a)pyrène entre 2005 et 2019.

FIGURE 15 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZO(A)PYRÈNE (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : Normandie



2.2.1.6 - Le benzène (C_6H_6)

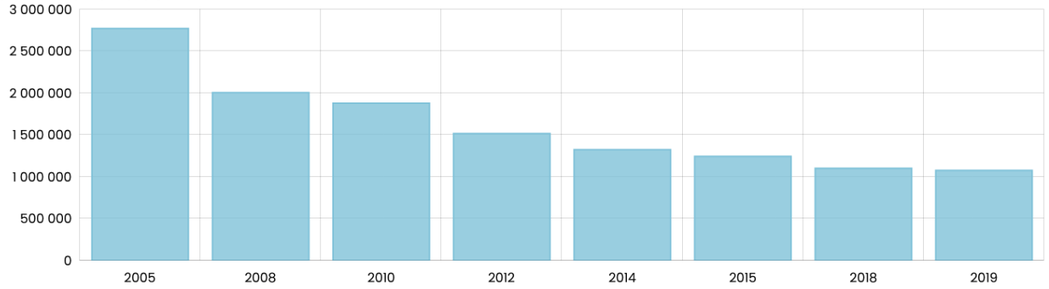
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de benzène s'élèvent en 2019 à 1 078 tonnes. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 79 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzène ont diminué de -61 %.

La Figure 16 illustre l'évolution des émissions de benzène entre 2005 et 2019.

FIGURE 16 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZÈNE (EN KG) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

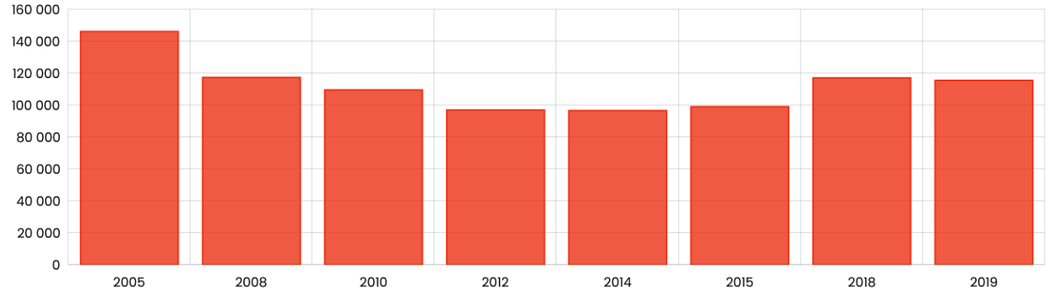
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de COVNM s'élèvent en 2019 à 115 617 tonnes. Les principaux émetteurs sont le secteur Nature et l'industrie avec respectivement 40 % et 35 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de COVNM ont diminué de -21 %, avec toutefois une hausse depuis 2014.

La Figure 17 illustre l'évolution des émissions de COVNM entre 2005 et 2019.

FIGURE 17 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE COVNM (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.8 - L'ammoniac (NH_3)

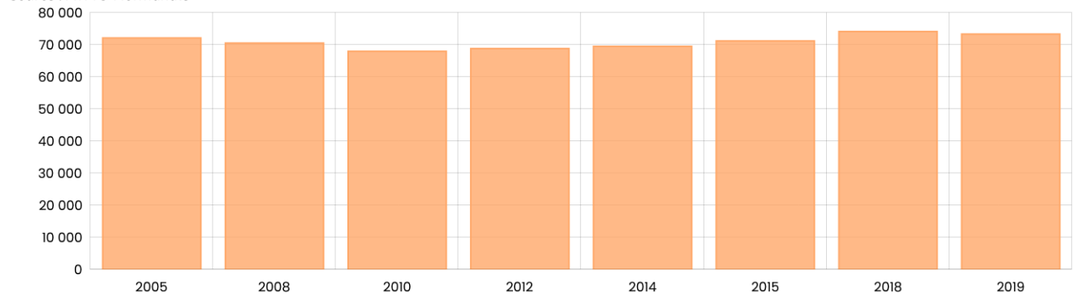
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales d'ammoniac s'élèvent en 2019 à 73 368 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 97 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'ammoniac sont globalement constantes.

La Figure 18 illustre l'évolution des émissions d'ammoniac entre 2005 et 2019.

FIGURE 18 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES)

Les Gaz à Effet de Serre présentés dans cette partie sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

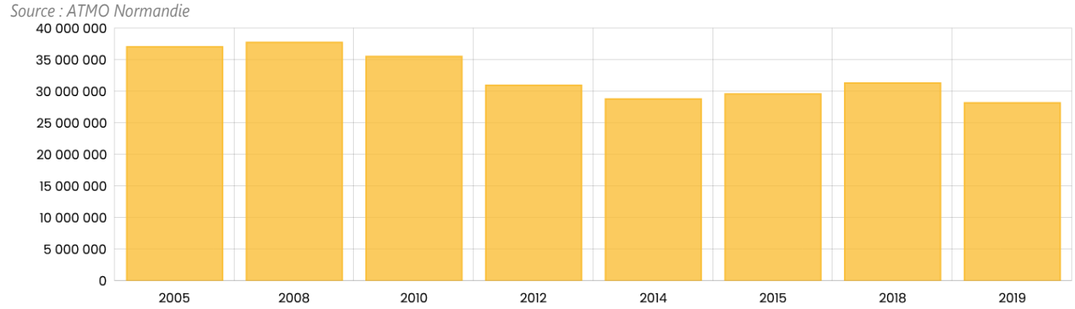
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de dioxyde de carbone s'élèvent en 2019 à 28 194 531 tonnes. Le principal émetteur est le secteur industriel avec 52 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de carbone ont diminué de -21 %.

La Figure 19 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de carbone entre 2005 et 2019.

FIGURE 19 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



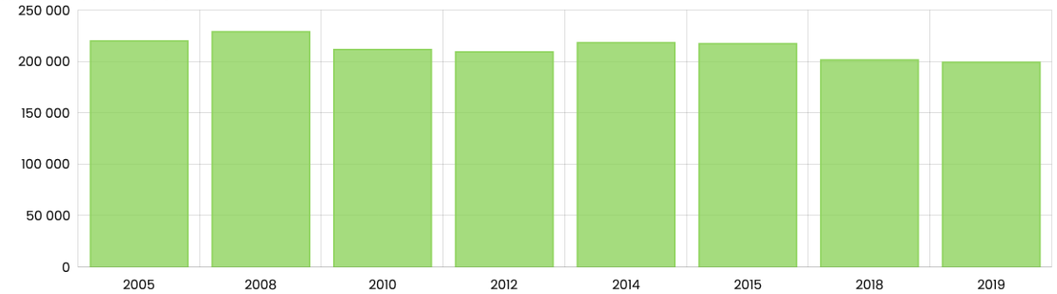
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de méthane s'élèvent en 2019 à 199 526 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 94 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de méthane ont diminué de -9 %.

La Figure 20 illustre l'évolution des émissions de méthane entre 2005 et 2019.

FIGURE 20 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



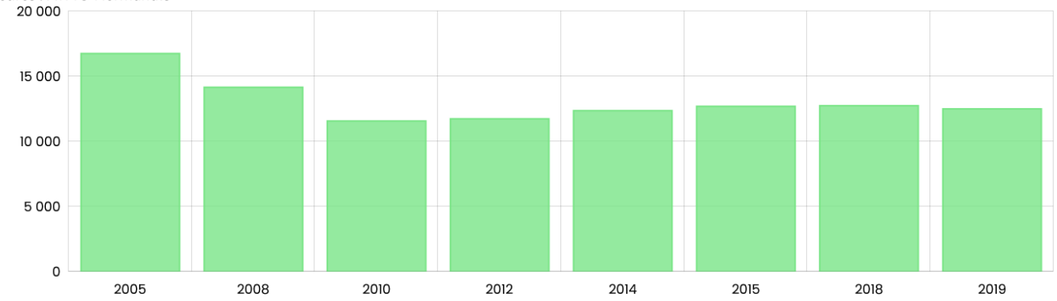
D'après ATMO Normandie, les émissions régionales totales de protoxyde d'azote s'élèvent en 2019 à 12 498 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 90 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de protoxyde d'azote ont diminué de -25 %.

La Figure 21 illustre l'évolution des émissions de protoxyde d'azote entre 2005 et 2019.

FIGURE 21 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PROTOXYDE D'AZOTE (EN TONNES) EN RÉGION NORMANDIE ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.1.10 - L'ozone (O_3)

Polluant secondaire, l'ozone ayant un impact négatif sur l'environnement et la qualité de l'air, à l'échelle de la troposphère, résulte d'une réaction photochimique (sous l'effet des rayons solaires) de certains polluants primaires automobiles et industriels (NOx et COV) dans l'atmosphère. La pollution à l'ozone intervient donc essentiellement en période estivale.

L'ozone n'étant pas directement émis dans l'atmosphère, il n'y a pas d'inventaire d'émission pour ce polluant.

2.2.2 - Émissions polluantes à l'échelle du département du Calvados

Les émissions atmosphériques pour le département du Calvados sont présentées dans le Tableau 8.

Les émissions du département du Calvados correspondent à :

- Moins de 5 % des émissions régionales pour le dioxyde de soufre, le cadmium et le nickel ;
- 13 % à 15 % des émissions régionales pour le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote, le protoxyde d'azote et les COVNM ;
- 16 % à 19 % des émissions régionales pour les particules PM10 et PM2,5, le plomb, l'ammoniac, l'arsenic, le méthane, le benzène et le benzo(a)pyrène.

À titre de comparaison, le département du Calvados compte environ 21 % de la population normande sur environ 19 % du territoire de la région Normandie.

TABLEAU 8 – ÉMISSIONS POLLUANTES POUR LE DÉPARTEMENT DU CALVADOS EN 2019

Polluants	Unité	Département du Calvados	
		Emissions	% de la région
Dioxyde de soufre	*t*	669.61	4%
Particules PM10	*t*	3 028.46	19%
Particules PM2,5	*t*	1 547.88	18%
Oxydes d'azote	*t*	10 330.79	15%
Plomb	*kg*	652.46	18%
Ammoniac	*t*	12 274.79	17%
Cadmium	*kg*	4.68	3%
Nickel	*kg*	126.27	1%
Arsenic	*kg*	33.10	16%
COVNM	*t*	15 235.31	13%
Benzo(a)pyréne	*kg*	39.65	18%
Benzène	*kg*	173 512.28	16%
Méthane (GES)	*t*	35 060.68	18%
Dioxyde de carbone (GES)	*t*	3 694 536.08	13%
Protoxyde d'azote (GES)	*t*	1 920.28	15%

Source : Atmo Normandie

La Figure 22 représente la contribution des différents secteurs d'activité aux émissions du département du Calvados pour l'année 2019.

L'origine des émissions de certains polluants diffère dans le département du Calvados en comparaison des émissions régionales :

- Les émissions de dioxyde de soufre sont réparties dans le département entre trois secteurs (industrie, résidentiel-tertiaire et transport) démontrant une part nettement plus faible de l'industrie dans le Calvados ;
- L'arsenic est moins émis par l'industrie dans le département du Calvados que dans la région ;
- Les émissions de cadmium sont réparties dans le département entre trois secteurs (industrie, résidentiel-tertiaire et transport) en opposition avec celles de la région presque toutes issues du secteur industriel ;
- Les émissions de nickel sont réparties dans le département entre deux secteurs (industrie et transport) en opposition avec celles de la région principalement issues du secteur industriel ;
- Les émissions de dioxyde de carbone sont moins issues du secteur industriel que dans l'ensemble de la région, confirmant encore la part moindre de l'industrie dans le département du Calvados.

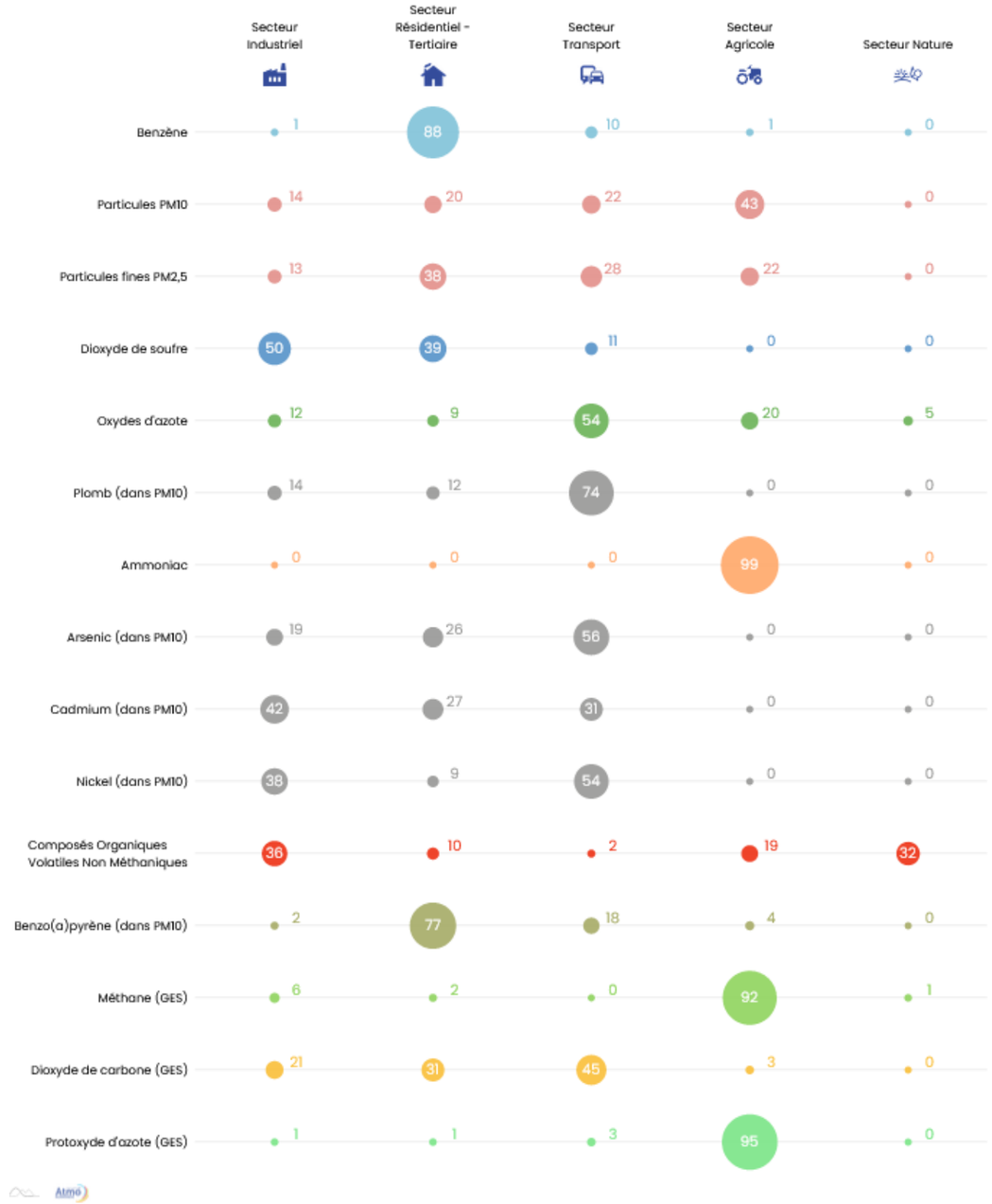
Plus précisément, les émissions polluantes recensées pour le département du Calvados sont essentiellement issues :

- des activités industrielles :
  - 50 % des émissions de dioxyde de soufre, soit une proportion presque 2 fois inférieure à celle de la région (84 %) ;
  - 42 % des émissions de cadmium, plus de 2 fois moins, en proportion, que dans la région (99 %) ;
  - 38 % des émissions de nickel, plus de 2 fois moins, en proportion, que dans la région (87 %) ;
  - 36 % des émissions de COVNM, soit une proportion équivalente à celle de la région (35 %) ;
  - 21 % des émissions de dioxyde de carbone, 2 fois moins, en proportion, que dans la région (52 %) ;

- du résidentiel et du tertiaire :
  - 88 % des émissions de benzène, proportionnellement plus qu'au niveau de la région (79 %) ;
  - 77 % des émissions de benzo(a)pyrène, soit une proportion équivalente à celle de la région (77 %) ;
  - 39 % des émissions de dioxyde de soufre, 5,5 fois plus, en proportion, que dans la région (7 %) ;
  - 38 % des émissions de PM2,5, soit une proportion équivalente à celle de la région (38 %) ;
  - 31 % des émissions de dioxyde de carbone, presque 2 fois plus, en proportion, que dans la région (19 %) ;
  - 27 % des émissions de cadmium, évaluées à une part nulle dans la région ;
  - 26 % des émissions d'arsenic, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (23 %) ;
  - 20 % des émissions de PM10, soit une proportion équivalente à celle de la région (21 %) ;
- des transports :
  - 74 % des émissions de plomb, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (68 %) ;
  - 56 % des émissions d'arsenic, proportionnellement plus qu'au niveau de la région (40 %) ;
  - 54 % des émissions d'oxydes d'azote, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (50 %) ;
  - 54 % des émissions de nickel, 4 fois plus, en proportion, que dans la région (13 %) ;
  - 45 % des émissions de dioxyde de carbone, 1,5 fois plus, en proportion, que dans la région (27 %) ;
  - 31 % des émissions de cadmium, évaluées à une part nulle dans la région ;
  - 28 % des émissions de PM2,5, soit une proportion équivalente à celle de la région (26 %) ;
  - 22 % des émissions de PM10, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (20 %) ;
- de l'agriculture :
  - 99 % des émissions d'ammoniac, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (97 %) ;
  - 95 % des émissions de protoxyde d'azote, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (90 %) ;
  - 92 % des émissions de méthane, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (94 %) ;
  - 43 % des émissions de PM10, soit une proportion équivalente à celle de la région (43 %) ;
  - 22 % des émissions de PM2,5, soit une proportion presque équivalente à celle de la région (26 %).
  - 20 % des émissions d'oxydes d'azote, soit une proportion équivalente à celle de la région (20 %).

FIGURE 22 – CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ AUX ÉMISSIONS DU DÉPARTEMENT DU CALVADOS EN 2019 (EN %)

Source : ATMO Normandie



2.2.2.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2)

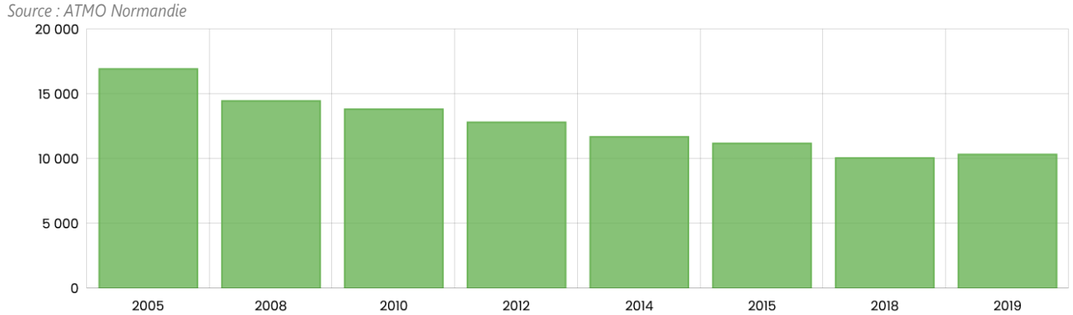
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de NOx s'élèvent en 2019 à 10 331 tonnes. Le principal secteur émetteur est le transport routier qui représente 54 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'oxydes d'azote sont en diminution de -39 %.

La Figure 23 illustre l'évolution des émissions d'oxydes d'azote entre 2005 à 2019.

FIGURE 23 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.2 - Les particules PM10 et PM2,5

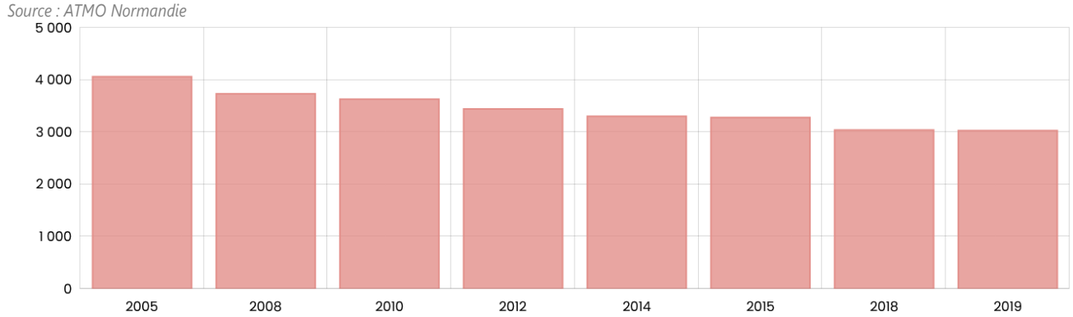
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de PM10 s'élèvent en 2019 à 16 159 tonnes. Le principal secteur émetteur de PM10 est l'agriculture avec 43 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM10 ont diminué de -25 %.

La Figure 24 illustre l'évolution des émissions de PM10 entre 2005 et 2019.

FIGURE 24 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM10 (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



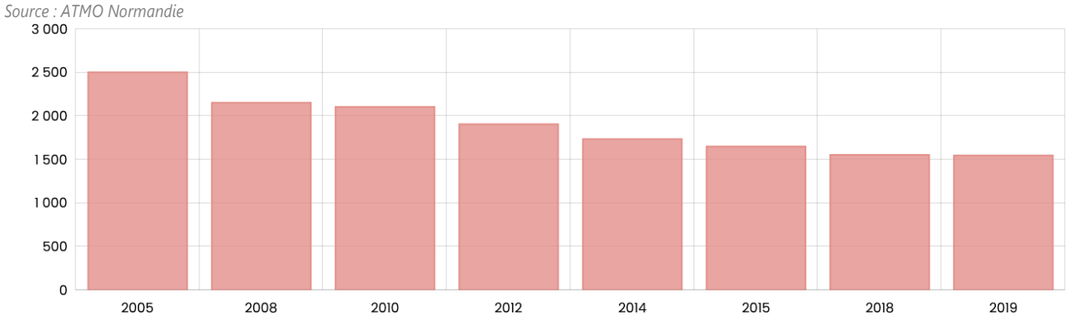
Concernant les PM2,5, d'après ATMO Normandie, leurs émissions départementales totales s'élèvent en 2019 à 1 548 tonnes. Le secteur résidentiel et tertiaire est l'émetteur principal et représente 38 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM2,5 ont diminué de -38 %.

La Figure 25 illustre l'évolution des émissions de PM2,5 entre 2005 et 2019.

FIGURE 25 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM2,5 (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

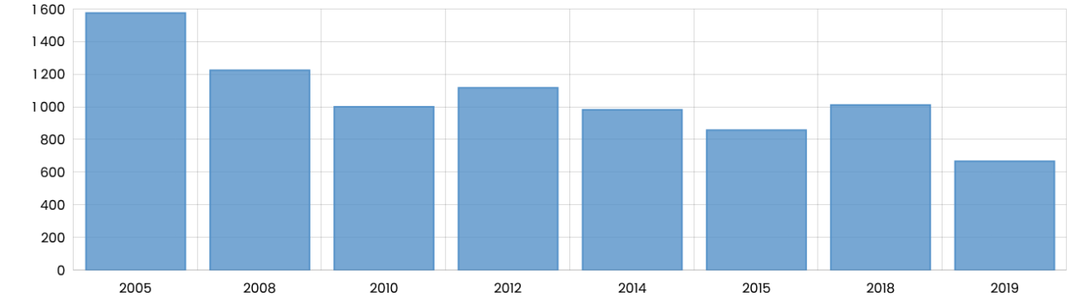
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de dioxyde de soufre s'élèvent en 2019 à 670 tonnes. Les principaux secteurs émetteurs sont l'industrie et le résidentiel-tertiaire avec respectivement 50 % et 39 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de soufre ont diminué de -58 %.

La Figure 26 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de soufre entre 2005 et 2019.

FIGURE 26 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.4 - Les métaux lourds

Les métaux dont les émissions sont recensées sont le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic.

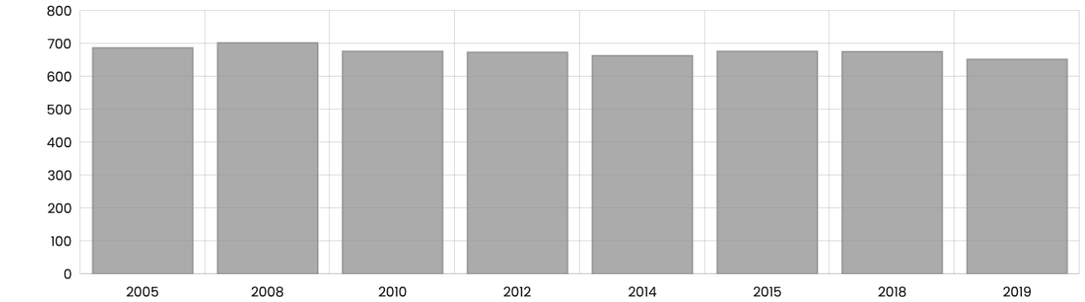
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de plomb s'élèvent en 2019 à 652 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 74 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de plomb ont diminué de -5 %.

La Figure 27 illustre l'évolution des émissions de plomb entre 2005 et 2019.

FIGURE 27 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PLOMB (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



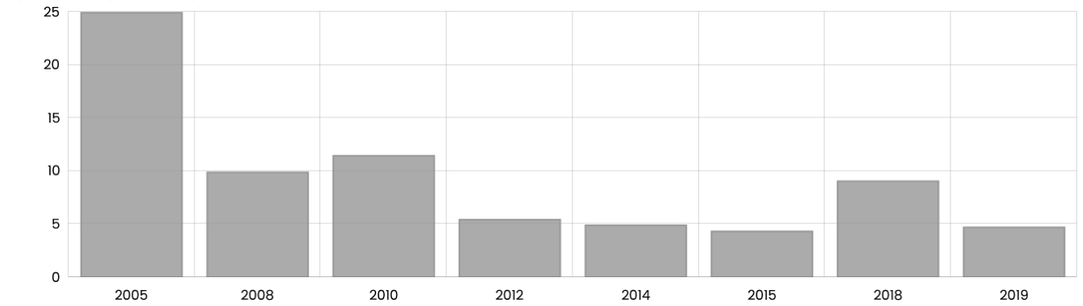
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de cadmium s'élèvent en 2019 à 1 978 kg. Le secteur émetteur principal est l'industrie avec 42 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de cadmium ont diminué de -81 %.

La Figure 28 illustre l'évolution des émissions de cadmium entre 2005 et 2019.

FIGURE 28 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CADMIUM (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



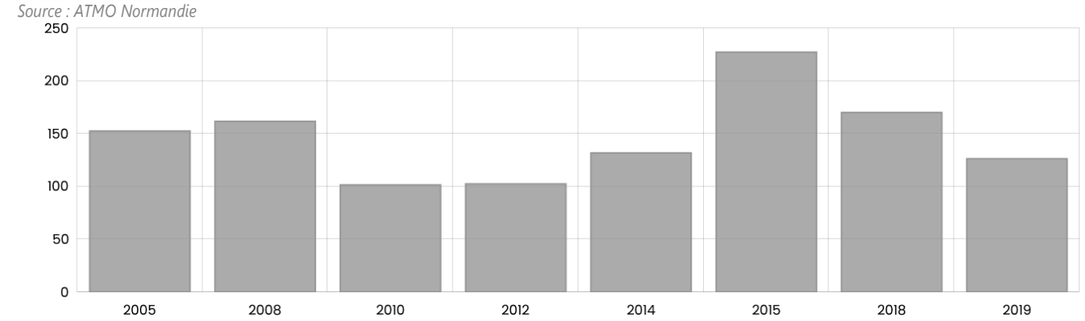
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de nickel s'élèvent en 2019 à 126 kg. Les secteurs émetteurs principaux sont le transport et l'industrie avec respectivement 54 % et 38 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de nickel ont diminué de -17 %, toutefois, les émissions ont augmenté de 2005 à 2008, puis ont diminué en 2010, puis augmenté de 2010 à 2015, pour diminuer à nouveau depuis cette date.

La Figure 29 illustre l'évolution des émissions de nickel entre 2005 et 2019.

FIGURE 29 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE NICKEL (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



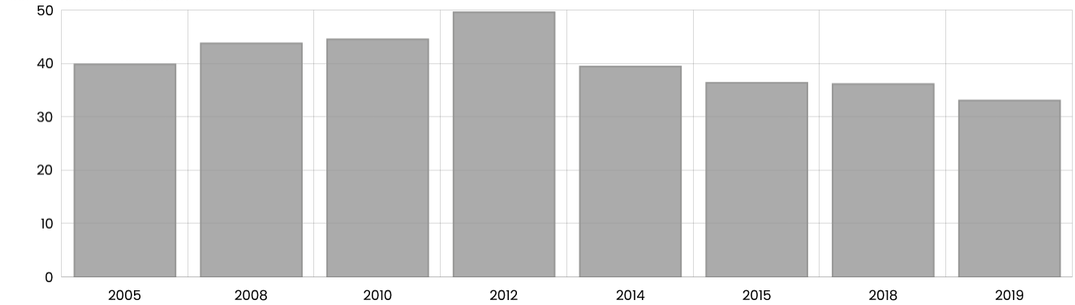
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales d'arsenic s'élèvent en 2019 à 33 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 56 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'arsenic ont diminué de -17 %, toutefois les émissions ont augmenté de 2005 à 2012, puis ont diminué à partir de 2012.

La Figure 30 illustre l'évolution des émissions d'arsenic entre 2005 et 2019.

FIGURE 30 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'ARSENIC (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Le benzo(a)pyrène est le polluant représentatif de la famille des HAP.

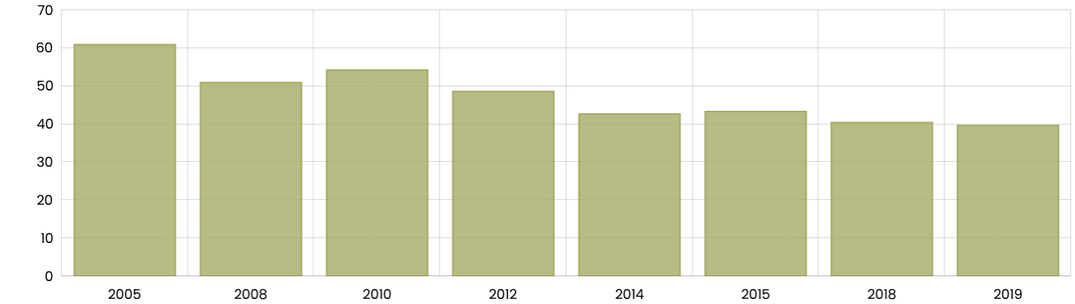
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de benzo(a)pyrène s'élèvent en 2019 à 40 kg. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 77 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzo(a)pyrène ont diminué de -35 %.

La Figure 31 illustre l'évolution des émissions de benzo(a)pyrène entre 2005 et 2019.

FIGURE 31 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZO(A)PYRÈNE (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : Normandie



2.2.2.6 - Le benzène (C_6H_6)

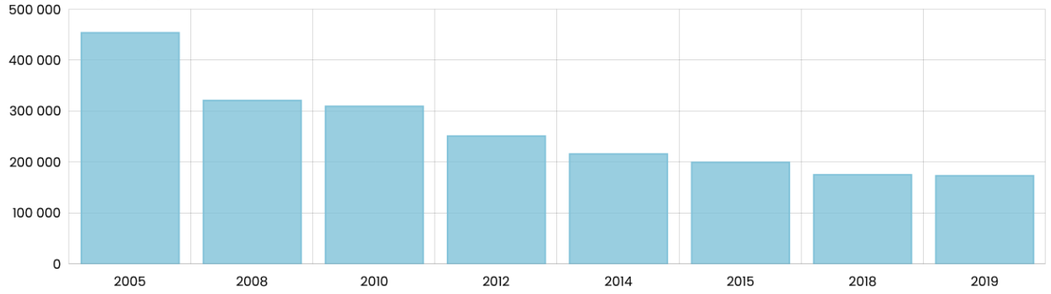
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de benzène s'élèvent en 2019 à 174 tonnes. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 88 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzène ont diminué de -62 %.

La Figure 32 illustre l'évolution des émissions de benzène entre 2005 et 2019.

FIGURE 32 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZÈNE (EN KG) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

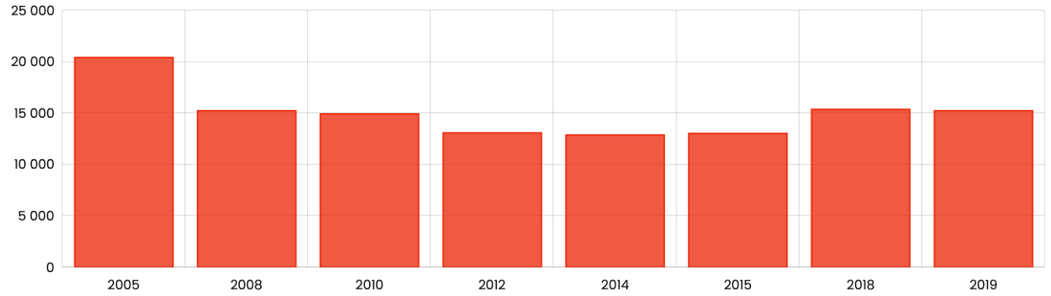
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de COVNM s'élèvent en 2019 à 15 235 tonnes. Les principaux émetteurs sont l'industrie et le secteur Nature avec respectivement 36 % et 32 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de COVNM ont diminué de -25 %, avec toutefois une hausse depuis 2014.

La Figure 33 illustre l'évolution des émissions de COVNM entre 2005 et 2019.

FIGURE 33 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE COVNM (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.8 - L'ammoniac

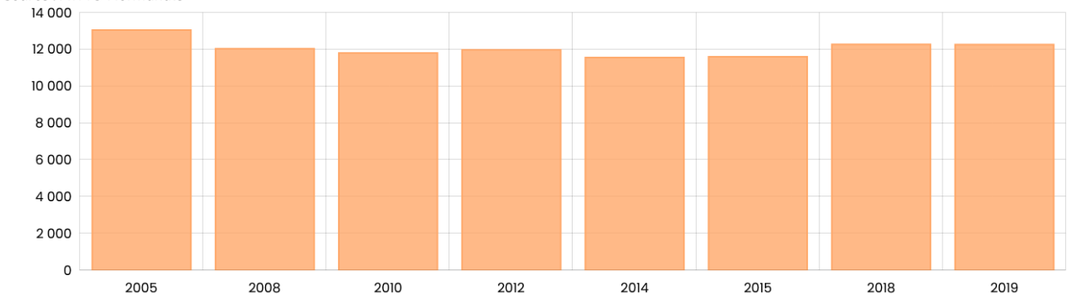
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales d'ammoniac s'élèvent en 2019 à 12 275 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 99 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'ammoniac ont diminué de -6 %, avec toutefois une ré augmentation depuis 2014.

La Figure 34 illustre l'évolution des émissions d'ammoniac entre 2005 et 2019.

FIGURE 34 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.2.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES)

Les Gaz à Effet de Serre présentés dans cette partie sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

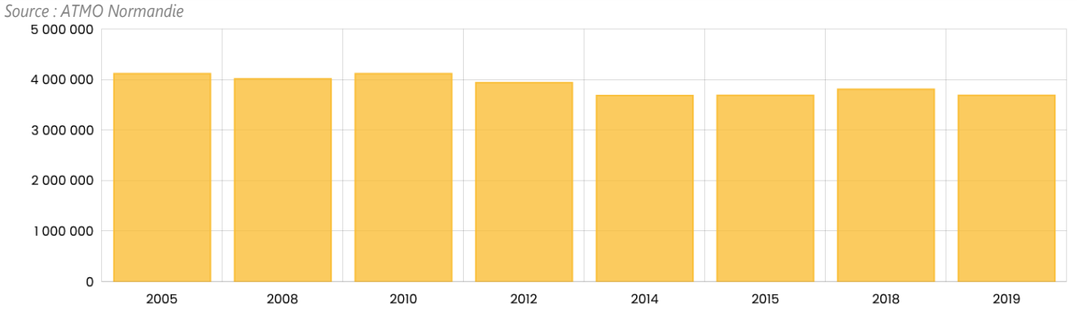
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de dioxyde de carbone s'élèvent en 2019 à 3 694 536 tonnes. Le principal émetteur est le secteur industriel avec 45 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de carbone ont diminué de -10 %.

La Figure 35 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de carbone entre 2005 et 2019.

FIGURE 35 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



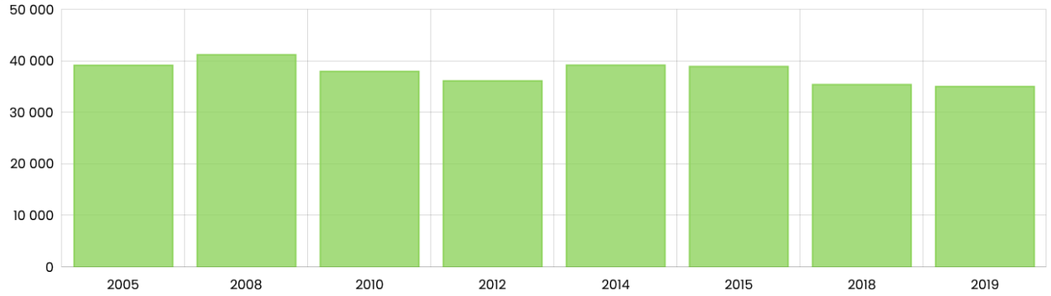
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de méthane s'élèvent en 2019 à 35 061 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 92 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de méthane ont diminué de -11 %, sans que cette baisse soit régulière.

La Figure 36 illustre l'évolution des émissions de méthane entre 2005 et 2019.

FIGURE 36 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



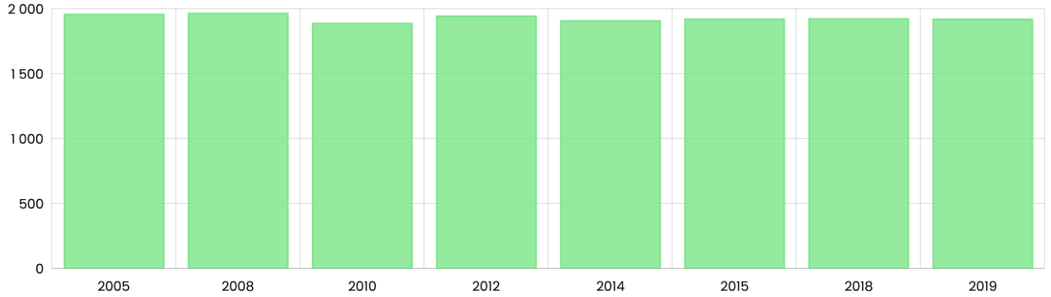
D'après ATMO Normandie, les émissions départementales totales de protoxyde d'azote s'élèvent en 2019 à 1 920 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 95 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de protoxyde d'azote sont sensiblement constantes.

La Figure 37 illustre l'évolution des émissions de protoxyde d'azote entre 2005 et 2019.

FIGURE 37 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PROTOXYDE D'AZOTE (EN TONNES) DANS LE CALVADOS ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3 - Émissions polluantes à l'échelle de l'EPCI

Les émissions atmosphériques pour la Communauté Urbaine de Caen la mer (CU Caen la mer) sont présentées dans le Tableau 9.

Les émissions de la Communauté Urbaine de Caen la mer correspondent à :

- Moins de 10 % des émissions départementales pour l'ammoniac, le méthane et le protoxyde d'azote ;
- 14 % à 19 % des émissions départementales pour le dioxyde de soufre et les COVNM ;
- 20 % à 29 % des émissions départementales pour les particules PM10 et PM2,5, les oxydes d'azote, l'arsenic, le benzène et le benzo(a)pyrène ;
- 41 % à 43 % pour le plomb, le cadmium et le nickel.

À titre de comparaison, la Communauté Urbaine de Caen la mer compte environ 30 % de la population normande sur environ 3 % du territoire du département du Calvados.

TABLEAU 9 – ÉMISSIONS POLLUANTES POUR LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER EN 2019

Polluants	Unité	Communauté Urbaine de Caen la mer	
		Tonnes	% du département
Dioxyde de soufre	*t*	90.82	14%
Particules PM10	*t*	607.12	20%
Particules PM2,5	*t*	357.83	23%
Oxydes d'azote	*t*	2 602.54	25%
Plomb	*kg*	265.31	41%
Ammoniac	*t*	500.94	4%
Cadmium	*kg*	2.03	43%
Nickel	*kg*	54.44	43%
Arsenic	*kg*	9.00	27%
COVNM	*t*	2 839.20	19%
Benzo(a)pyréne	*kg*	9.72	25%
Benzène	*kg*	41 419.88	24%
Méthane (GES)	*t*	899.91	3%
Dioxyde de carbone (GES)	*t*	1 071 695.75	29%
Protoxyde d'azote (GES)	*t*	155.63	8%

Source : Atmo Normandie

La Figure 38 représente la contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de la Communauté Urbaine de Caen la mer pour l'année 2019.

L'origine des émissions de certains polluants diffère dans la Communauté Urbaine de Caen la mer en comparaison des émissions départementales :

- Les émissions de dioxyde de soufre sont réparties différemment dans la CU Caen la mer que dans le département avec une proportion nettement plus faible de l'industrie et *a contrario* une proportion nettement plus forte du secteur transport ;
- Les émissions de PM10 d'origine agricole sont plus faibles que dans le département mettant en évidence le caractère fortement urbanisé de la CU Caen la mer ;
- Les émissions d'oxydes d'azote liées au transport sont plus élevées et celles d'origine agricole sont plus faibles que dans le département mettant en évidence le caractère fortement urbanisé de la CU Caen la mer ;
- Les émissions de nickel sont majoritairement liées au transport et non pas réparties principalement entre industrie et transport comme dans le département ;
- Les émissions de COVNM sont majoritairement d'origine industriel dans la CU Caen la mer.

Plus précisément, les émissions polluantes recensées pour la Communauté Urbaine de Caen la mer sont essentiellement issues :

- des activités industrielles :
  - 70 % des émissions de COVNM, 2 fois plus, en proportion, que dans le département (36 %) ;
  - 55 % des émissions de cadmium, un peu plus, en proportion, que dans le département (42 %) ;
  - 24 % des émissions de dioxyde de soufre, soit une proportion 2 fois inférieure à celle du département (50 %) ;

- du résidentiel et du tertiaire :
  - 83 % des émissions de benzène, proportionnellement un peu moins qu'au niveau du département (88 %) ;
  - 73 % des émissions de benzo(a)pyrène, proportionnellement un peu moins qu'au niveau du département (77 %) ;
  - 38 % des émissions de PM2,5, soit une proportion équivalente à celle du département (38 %) ;
  - 31 % des émissions de dioxyde de carbone, soit une proportion équivalente à celle du département (31 %) ;
  - 23 % des émissions de PM10, proportionnellement un peu plus qu'au niveau du département (20 %) ;
  - 22 % des émissions d'arsenic, proportionnellement un peu moins qu'au niveau du département (26 %) ;
  - 20 % des émissions de dioxyde de soufre, 2 fois moins, en proportion, que dans le département (39 %) ;
- des transports :
  - 87 % des émissions de plomb, proportionnellement plus qu'au niveau du département (74 %) ;
  - 87 % des émissions de nickel, 1,6 fois plus, en proportion, que dans le département (54 %) ;
  - 78 % des émissions d'oxydes d'azote, 1,4 fois plus, en proportion, que dans le département (54 %) ;
  - 65 % des émissions d'arsenic, proportionnellement plus qu'au niveau du département (56 %) ;
  - 56 % des émissions de dioxyde de soufre, 5 fois plus, en proportion, que dans le département (11 %) ;
  - 52 % des émissions de dioxyde de carbone, proportionnellement plus qu'au niveau du département (45 %) ;
  - 41 % des émissions de PM2,5, soit une proportion équivalente à celle du département (28 %) ;
  - 37 % des émissions de PM10, 1,7 fois plus, en proportion, que dans le département (22 %) ;
  - 31 % des émissions de cadmium, soit une proportion équivalente à celle du département (31 %) ;
  - 24 % des émissions de benz(a)pyrène, proportionnellement plus qu'au niveau du département (18 %) ;
- de l'agriculture :
  - 94 % des émissions d'ammoniac, proportionnellement un peu moins qu'au niveau du département (99 %) ;
  - 82 % des émissions de protoxyde d'azote, soit une proportion plus faible que celle du département (95 %) ;
  - 92 % des émissions de méthane, soit une proportion 4,5 plus faible que dans le département (92 %) ;
  - 24 % des émissions de PM10, 2 fois moins, en proportion, que dans le département (43 %).

FIGURE 38 – CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ AUX ÉMISSIONS DE LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER EN 2019 (EN %)

Source : ATMO Normandie



2.2.3.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO_2)

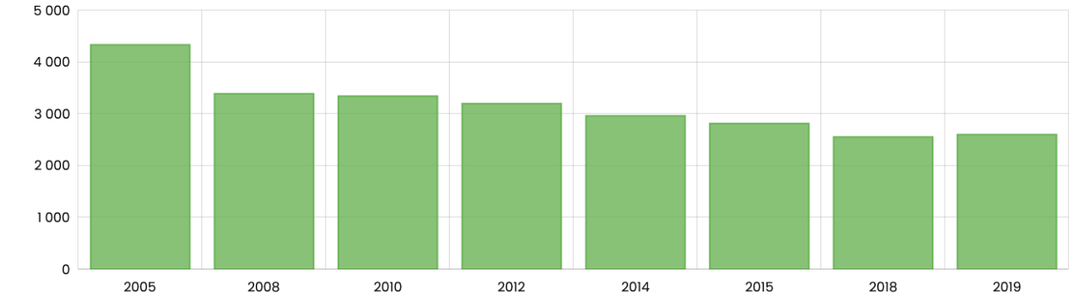
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de NOx dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 2 603 tonnes. Le principal secteur émetteur est le transport routier qui représente 78 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'oxydes d'azote sont en diminution de -40 %.

La Figure 39 illustre l'évolution des émissions d'oxydes d'azote entre 2005 à 2019.

FIGURE 39 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3.2 - Les particules PM10 et PM2,5

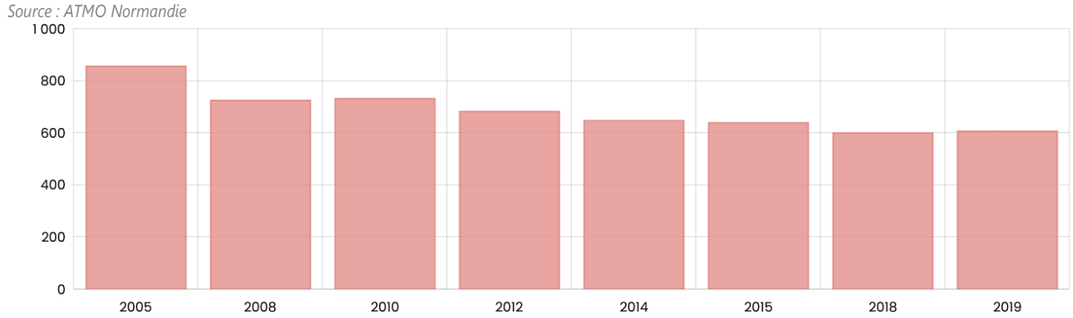
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de PM10 dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 607 tonnes. Le principal secteur émetteur de PM10 est celui des transports avec 37 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM10 ont diminué de -29 %.

La Figure 40 illustre l'évolution des émissions de PM10 entre 2005 et 2019.

FIGURE 40 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM10 (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



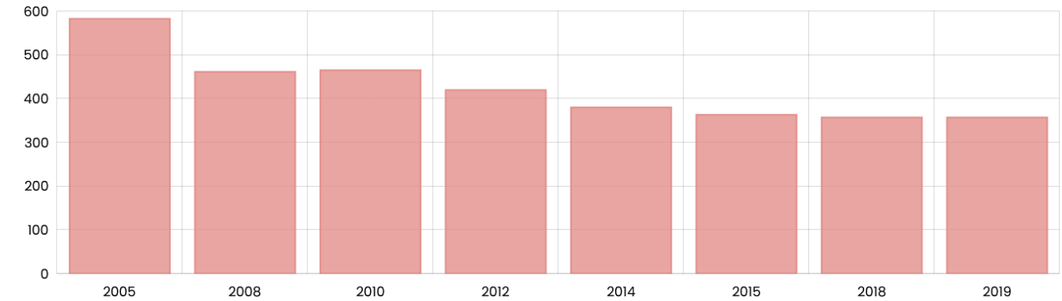
Concernant les PM2,5, d'après ATMO Normandie, leurs émissions totales dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 358 tonnes. Les secteurs transport et résidentiel – tertiaire sont les émetteurs principaux et représentent respectivement 41 % et 38 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de PM2,5 ont diminué de -39 %.

La Figure 41 illustre l'évolution des émissions de PM2,5 entre 2005 et 2019.

FIGURE 41 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PM2,5 (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

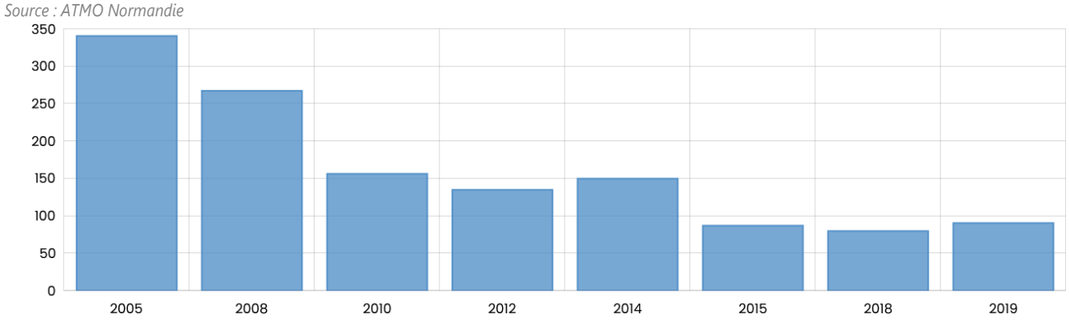
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de dioxyde de soufre dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 91 tonnes. Le principal secteur émetteur est le transport avec 56 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de soufre ont diminué de -73 %.

La Figure 42 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de soufre entre 2005 et 2019.

FIGURE 42 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3.4 - Les métaux lourds

Les métaux dont les émissions sont recensées sont le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic.

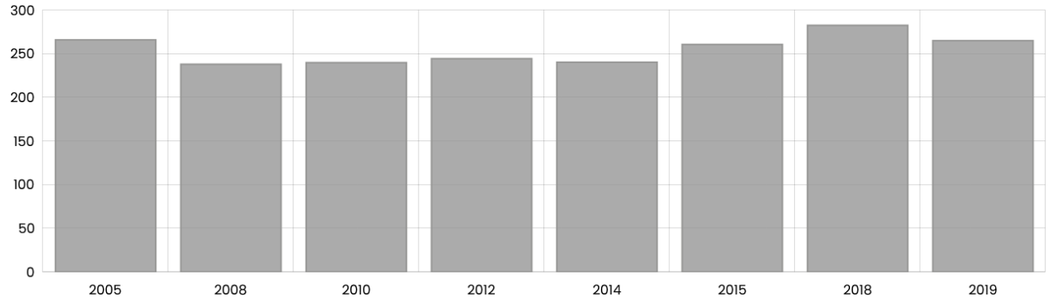
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de plomb dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 265 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 87 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de plomb sont constantes entre 2005 et 2019. Toutefois, elles ont été en augmentation entre 2014 et 2018.

La Figure 43 illustre l'évolution des émissions de plomb entre 2005 et 2019.

FIGURE 43 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PLOMB (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



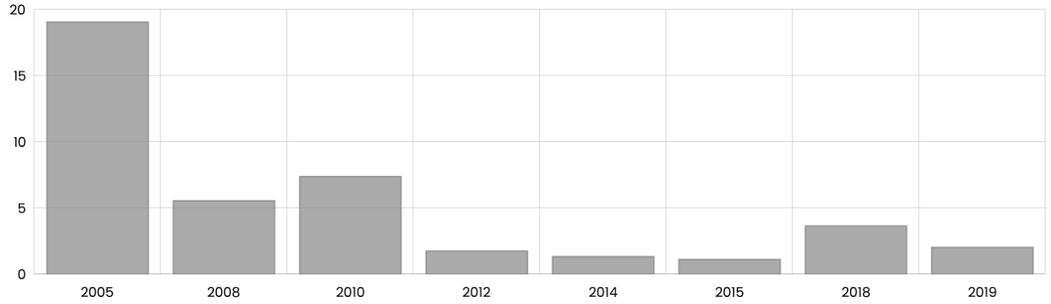
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de cadmium dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 2 kg. Le secteur émetteur principal est l'industrie avec 55 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de cadmium ont diminué de -89 %, même si elles sont globalement en augmentation depuis 2012.

La Figure 44 illustre l'évolution des émissions de cadmium entre 2005 et 2019.

FIGURE 44 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CADMIUM (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



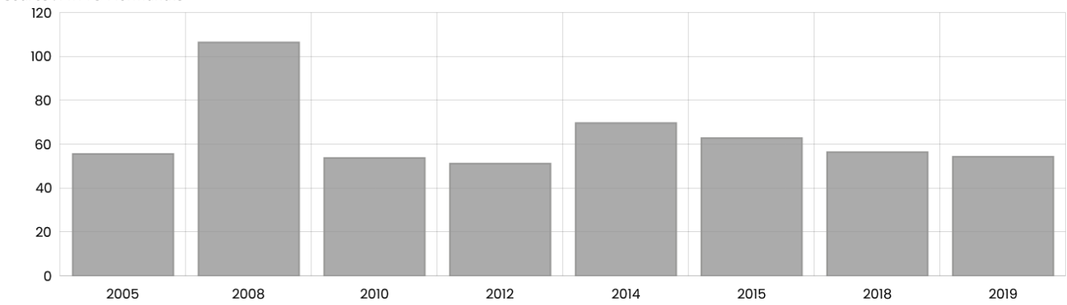
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de nickel dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 54 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 87 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de nickel ont diminué de -2 %, toutefois, ces émissions ont augmenté de 2005 à 2008, puis ont diminué en 2010 et 2012, puis augmenté en 2014, pour diminuer à nouveau depuis cette date.

La Figure 45 illustre l'évolution des émissions de nickel entre 2005 et 2019.

FIGURE 45 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE NICKEL (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



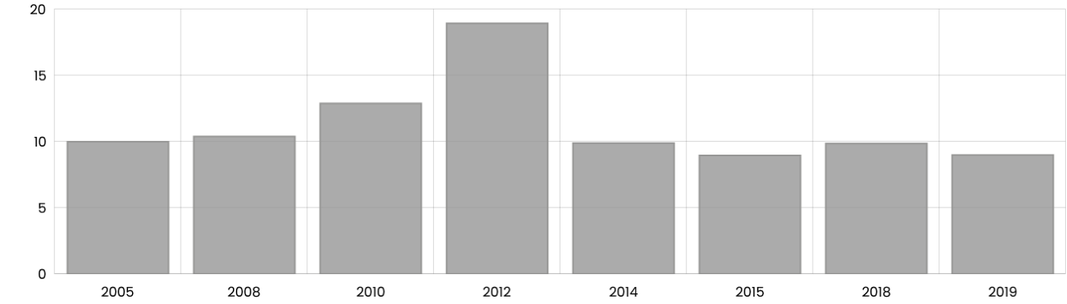
D'après ATMO Normandie, les émissions totales d'arsenic dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 9 kg. Le secteur émetteur principal est le transport avec 65 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'arsenic ont diminué de -10 %, toutefois ces émissions ont augmenté de 2005 à 2012, puis ont diminué à partir de 2012.

La Figure 46 illustre l'évolution des émissions d'arsenic entre 2005 et 2019.

FIGURE 46 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'ARSENIC (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Le benzo(a)pyrène est le polluant représentatif de la famille des HAP.

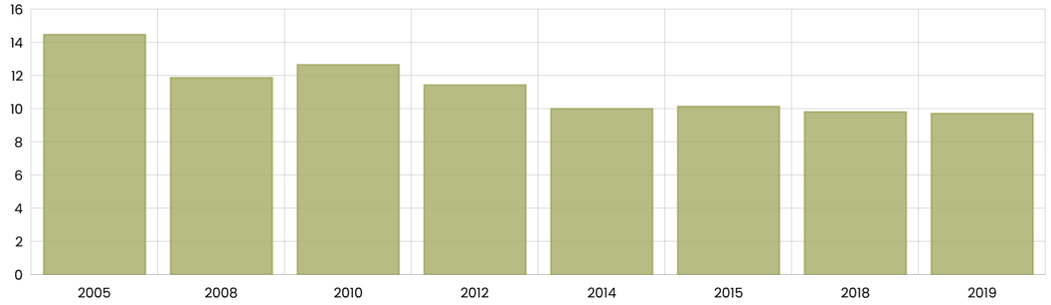
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de benzo(a)pyrène dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 10 kg. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 73 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzo(a)pyrène ont diminué de -33 %.

La Figure 47 illustre l'évolution des émissions de benzo(a)pyrène entre 2005 et 2019.

FIGURE 47 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZO(A)PYRÈNE (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : Normandie



2.2.3.6 - Le benzène (C_6H_6)

D'après ATMO Normandie, les émissions totales de benzène dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 41 tonnes. Le principal émetteur est le secteur résidentiel et tertiaire et représente 83 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de benzène ont diminué de -61 %.

La Figure 48 illustre l'évolution des émissions de benzène entre 2005 et 2019.

FIGURE 48 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE BENZÈNE (EN KG) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie

2.2.3.7 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

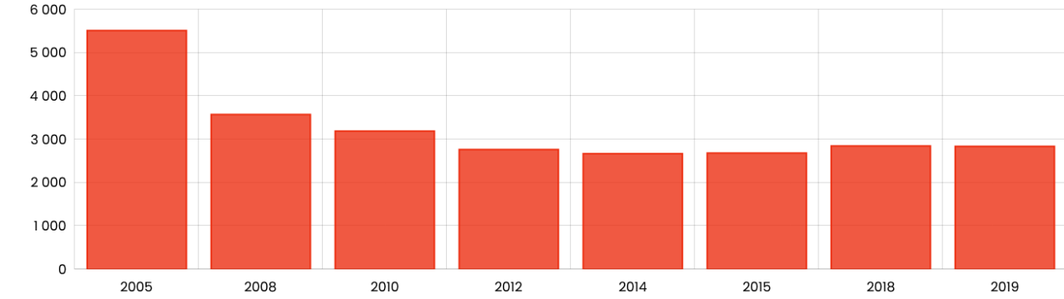
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de COVNM dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 2 839 tonnes. Le principal émetteur est l'industrie avec 70 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de COVNM ont diminué de -49 %, avec toutefois une hausse depuis 2014.

La Figure 49 illustre l'évolution des émissions de COVNM entre 2005 et 2019.

FIGURE 49 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE COVNM (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.3.8 - L'ammoniac

D'après ATMO Normandie, les émissions totales d'ammoniac dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 501 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 94 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions d'ammoniac ont diminué de -13 %, avec toutefois une augmentation depuis 2014.

La Figure 50 illustre l'évolution des émissions d'ammoniac entre 2005 et 2019.

FIGURE 50 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie

2.2.3.9 - Les Gaz à Effet de Serre (GES)

Les Gaz à Effet de Serre présentés dans cette partie sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

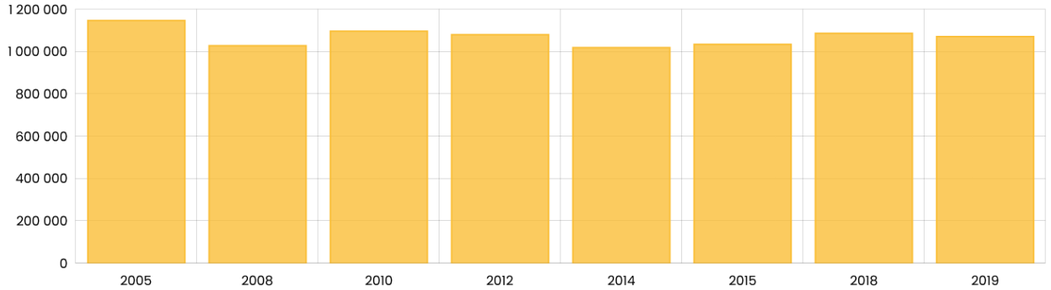
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de dioxyde de carbone dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 1 071 696 tonnes. Le principal émetteur est le transport avec 52 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de dioxyde de carbone ont diminué de -7 %, sans toutefois une évolution régulière.

La Figure 51 illustre l'évolution des émissions de dioxyde de carbone entre 2005 et 2019.

FIGURE 51 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



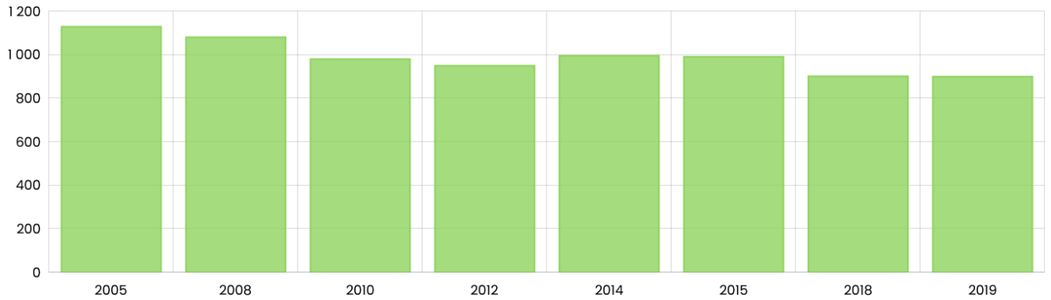
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de méthane dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 900 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 80 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de méthane ont diminué de -20 %, sans que cette baisse soit régulière.

La Figure 52 illustre l'évolution des émissions de méthane entre 2005 et 2019.

FIGURE 52 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



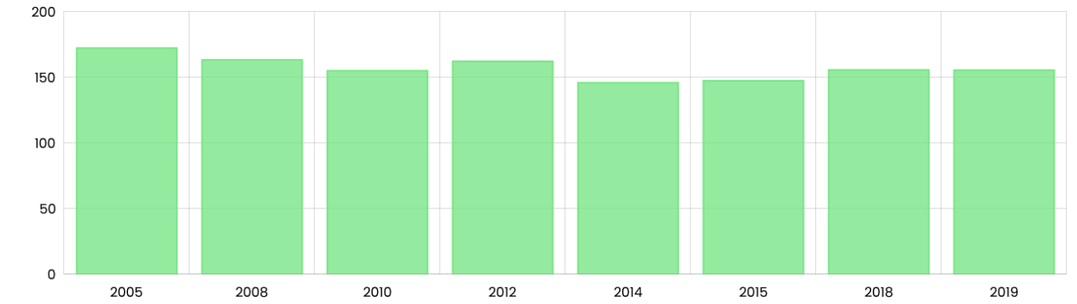
D'après ATMO Normandie, les émissions totales de protoxyde d'azote dans la Communauté Urbaine de Caen la mer s'élèvent en 2019 à 156 tonnes. Le principal émetteur est le secteur agricole avec 82 % des émissions totales.

Depuis 2005, les émissions de protoxyde d'azote diminuent de -10 %, même si elles sont en légère hausse depuis 2014.

La Figure 53 illustre l'évolution des émissions de protoxyde d'azote entre 2005 et 2019.

FIGURE 53 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE PROTOXYDE D'AZOTE (EN TONNES) DANS LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE CAEN LA MER ENTRE 2005 ET 2019

Source : ATMO Normandie



2.2.4 - Sources d'émissions dans la zone d'étude

La Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, et de l'Énergie recense les principaux rejets et transferts de polluants dans l'eau, l'air, les déchets déclarés par certains établissements à savoir :

- Les principales installations industrielles ;
- Les stations d'épuration urbaines de plus de 100 000 équivalents habitants ;
- Certains élevages.

Trois sources d'émissions industrielles, recensées au titre des émissions dans l'air[3], sont situées dans une des communes concernées. Ce sont les sites de :

- Murata integrated Passive Solutions – à environ 2 100 m à l'Est du projet ;
- CHU de Caen, à 2 400 m à l'Est du projet ;
- Prestia GK MP – Carpiquet, à 3 700 m au Nord-Ouest du projet.

Les émissions de ces sites industriels, localisés sur la Figure 54, sont détaillées dans le Tableau 10.

Au-delà de ces sources industrielles, les trafics routiers et le secteur résidentiel / tertiaire constituent les principales sources d'émissions de polluants atmosphériques dans la zone d'étude.

[3] *Ministère de la transition écologique et solidaire – Géorisques – IREP Registre des Émissions Polluantes*

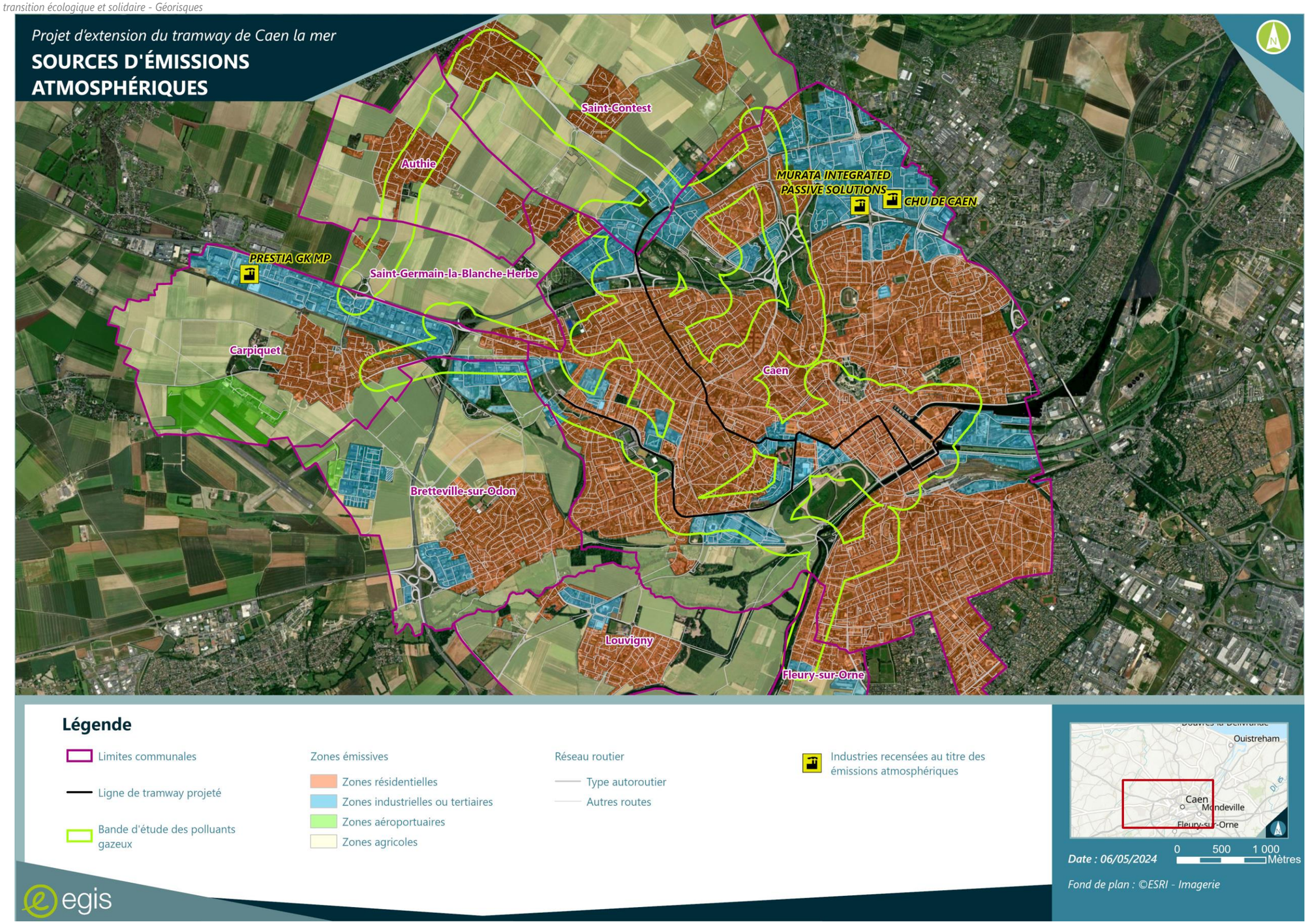
TABLEAU 10 – ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES INDUSTRIELLES DANS LES COMMUNES CONCERNÉES

Polluants		Caen MURATA INTEGRATED PASSIVE SOLUTIONS 2 rue de la Girafe *Fabrication de composants électroniques*	Caen CHU DE CAEN Avenue de la Côte de Nacre *Activités hospitalières*	Carpiquet PRESTIA GK MP Rue du Poirier *Traitement et revêtement de métaux*
CO_2 total (d'origine biomasse et non biomasse)	en t *année*		10 000 *2015*	
CO_2 d'origine non biomasse	en t *année*		10 000 *2015*	
Acide fluorhydrique (HF)	en kg *année*	276 *2006*		
Chlore et composés inorganiques (en tant que HCl)	en t *année*	12,4 *2006*		
COVNM	en t *année*			
Hexafuorure de soufre (SF6)	en kg *année*	63 *2022*		
Perfluorocarbures (PFC)	en kg *année*	333 *2022*		
Zinc	en kg *année*			322 *2016*

Source : Ministère de la transition écologique et solidaire - Géorisques

FIGURE 54 – SOURCES D'ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

Source : Ministère de la transition écologique et solidaire - Géorisques



2.3 - Qualité de l'air

2.3.1 - Surveillance permanente de la région Normandie

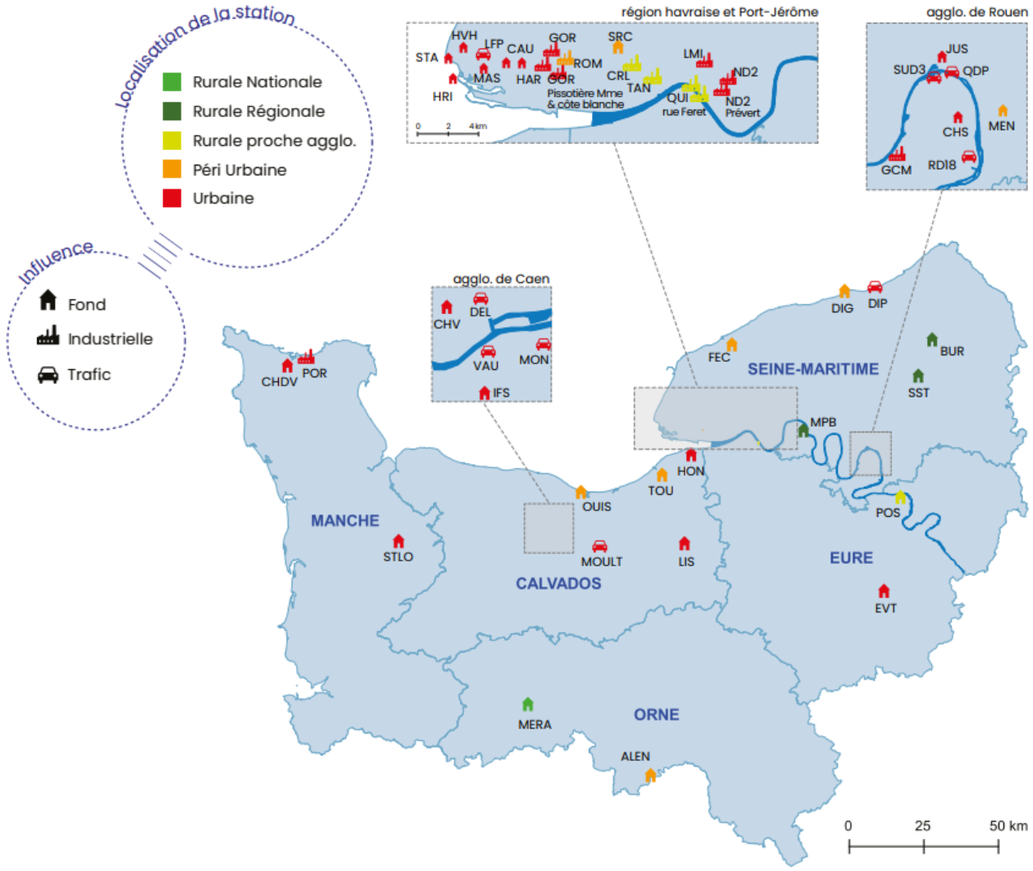
2.3.1.1 - Réseau de surveillance

La surveillance permanente de la qualité de l'air dans la région Normandie est réalisée par l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA), ATMO Normandie. Cette association fait partie du dispositif national de surveillance et d'information de la qualité de l'air, composé de 19 AASQAs, conformément au code de l'environnement (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie du 30 décembre 1996 codifiée) et à la loi Grenelle II qui a requis leur régionalisation.

ATMO Normandie dispose de 51 stations de mesures fixes pour le suivi des polluants réglementés (*Cf.* Figure 55).

FIGURE 55 – RÉSEAU DE SURVEILLANCE ATMO NORMANDIE

Source : ATMO Normandie



Sur le territoire de la Communauté Urbaine Caen la mer, ATMO Normandie dispose de 5 stations de mesures fixes ; 3 stations de fond et 2 stations trafic :

- 2 stations urbaines de fond :
  - Station de Caen – Chemin Vert (code CHV sur la Figure 55) ;
  - Station d'Ifs (code IFS sur la Figure 55) ;
- 3 stations urbaines trafic :
  - Station urbaine de Caen – Délivrande (code DEL sur la Figure 55) ;
  - Station de Mondeville (code MON sur la Figure 55) ;
  - Station de Caen Vaucelles (code VAU sur la Figure 55).

2.3.1.2 - Qualité de l'air en région Normandie

Dans son Bilan de la qualité de l'air 2022[4] (dernier bilan actuellement publié) et sur son portail Opendata[5], ATMO Normandie présente la qualité de l'air régionale.

ATMO Normandie précise les grandes tendances observées sur l'année 2022 :

- Niveaux chroniques de pollution :
  - Pas de dépassements des valeurs limites pour aucun des polluants réglementés (ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10 et PM2,5) ;
  - Dépassements de l'objectif de qualité pour certains sites en PM2,5 et pour tous les sites en ozone ;
  - Dépassements des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la plupart des sites en PM10 et en dioxyde d'azote et pour l'ensemble des sites en PM2,5 et en ozone ;
- Épisodes de pollution :
  - Les 5 départements normands concernés ;
  - 15 jours nécessitant le déclenchement des procédures préfectorales ;
  - Épisodes de pollution en lien avec les PM10 et l'ozone ;
- Météorologie :
  - Ensoleillement et températures au-dessus des normales de saison ;
  - Saison pollinique précoce et intense ;
  - Incendies du fait de la sécheresse.

2.3.1.2.1 - Le dioxyde d'azote

Les concentrations relevées en Normandie pour le dioxyde d'azote en 2022, restent similaires à celles de l'année 2021. Les valeurs mesurées sur les stations d'ATMO Normandie s'étendent de 8 µg/m³ à 37 µg/m³ en moyenne annuelle.

Aucun dépassement de la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle ou de 200 µg/m³ en moyenne horaire n'a été relevé en 2022.

En revanche, 1 355 dépassements de la recommandation OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et 18 des 24 sites de mesures du dioxyde d'azote d'ATMO Normandie ont enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle.

La Figure 56 montre la répartition géographique régionale des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote dans la région pour l'année 2022.

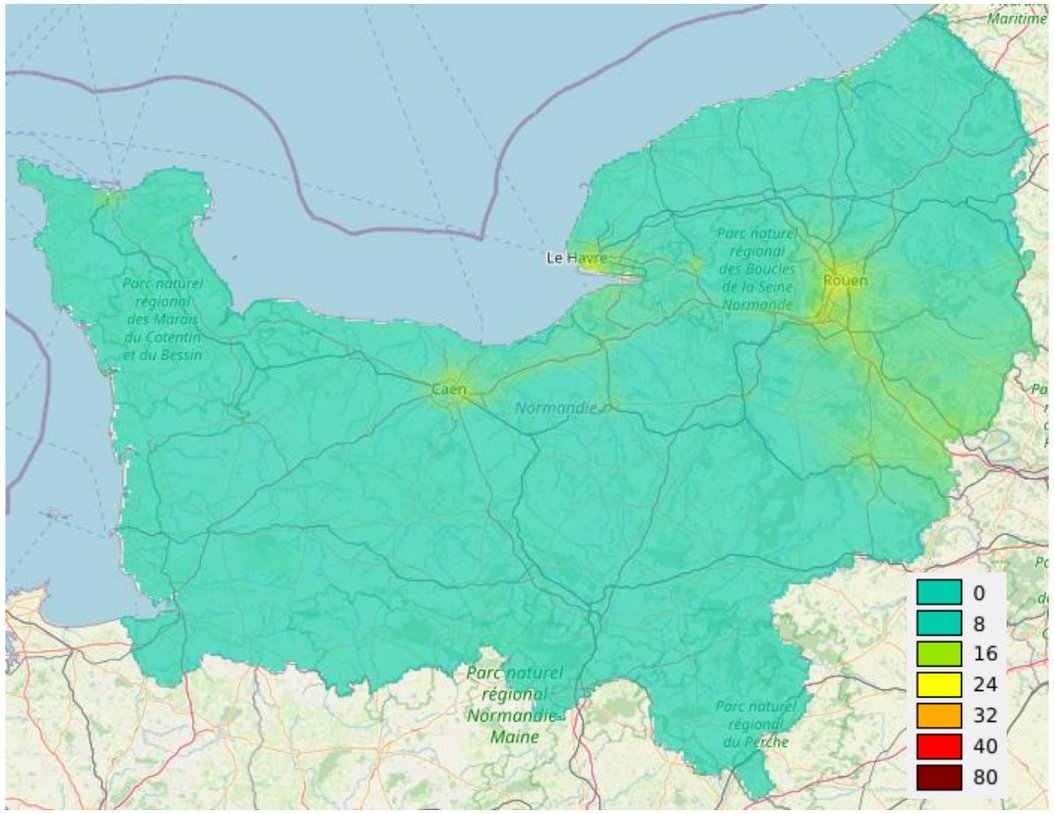
En 2022, 31 % de la population normande a été exposée à un dépassement de la recommandation de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle sur environ 6 % du territoire régional, en particulier dans les zones urbanisées. La population surexposée atteint 48 % pour un dépassement de 25 µg/m³ en moyenne journalière pendant plus de 3 jours.

[4] *ATMO Normandie – https://www.atmonormandie.fr/publications/bilan-de-la-qualite-de-lair-2022*

[5] *ATMO Normandie – https://api.atmonormandie.fr/*

FIGURE 56 – CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN DIOXYDE D'AZOTE POUR LA RÉGION NORMANDIE

Source : ATMO Normandie



2.3.1.2.2 - Les particules PM10 et PM2,5

PM10

Les concentrations relevées en Normandie pour les particules PM10 en 2022 s'étendent de 11 µg/m³ à 23 µg/m³ en moyenne annuelle.

Aucun dépassement de la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'a été relevé en 2022. En revanche, 52 dépassements de la valeur limite de 50 µg/m³ en moyenne journalière ont été relevé en 2022.

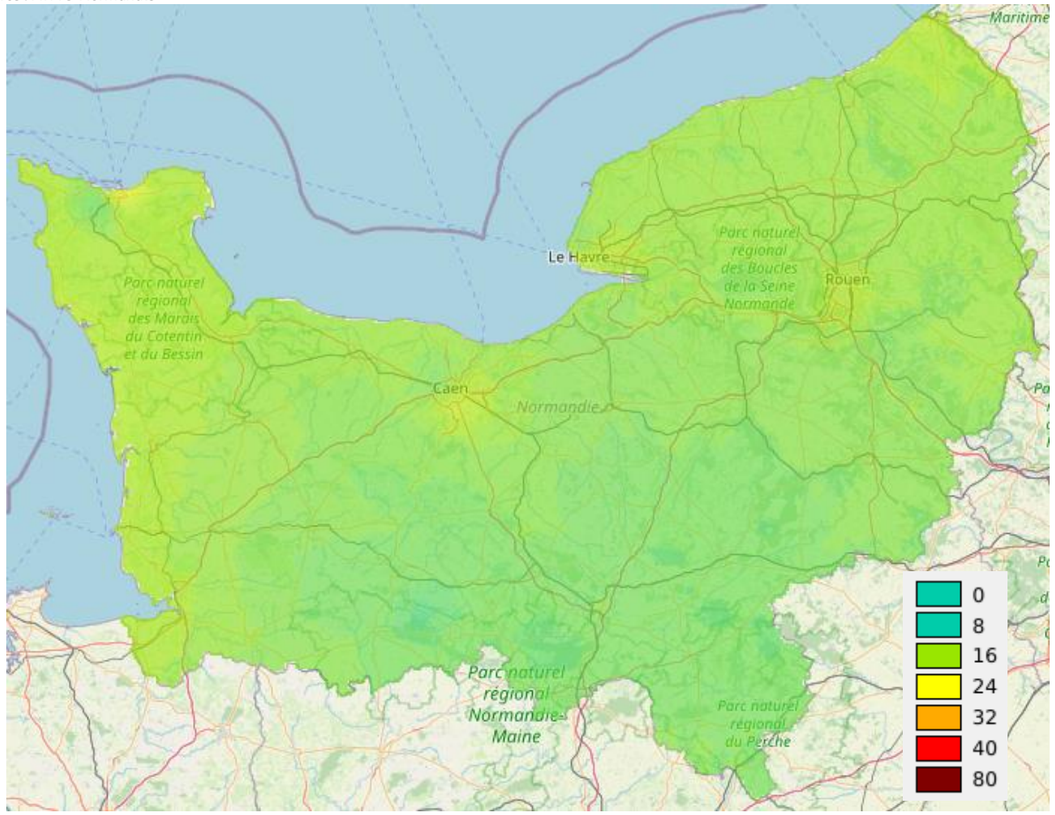
Par ailleurs, 107 dépassements de la recommandation OMS de 45 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et 15 des 25 sites de mesures des PM10 d'ATMO Normandie ont enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne annuelle.

La Figure 57 montre la répartition géographique régionale des concentrations moyennes annuelles en PM10 dans la région pour l'année 2022.

En 2022, 26 % de la population normande a été exposée à un dépassement de la recommandation de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne annuelle sur environ 22 % du territoire régional. La population surexposée est de 21 % pour un dépassement de 45 µg/m³ en moyenne journalière pendant plus de 3 jours.

FIGURE 57 – CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN PM10 POUR LA RÉGION NORMANDIE

Source : ATMO Normandie



PM2,5

Les concentrations relevées en Normandie pour les particules PM2,5 en 2022 s'étendent de 7 µg/m³ à 12 µg/m³ en moyenne annuelle.

Aucun dépassement de la valeur limite de 25 µg/m³ en moyenne annuelle n'a été relevé en 2022. En revanche, 5 dépassements de l'objectif de qualité de 10 µg/m³ en moyenne annuelle ont été relevé en 2022.

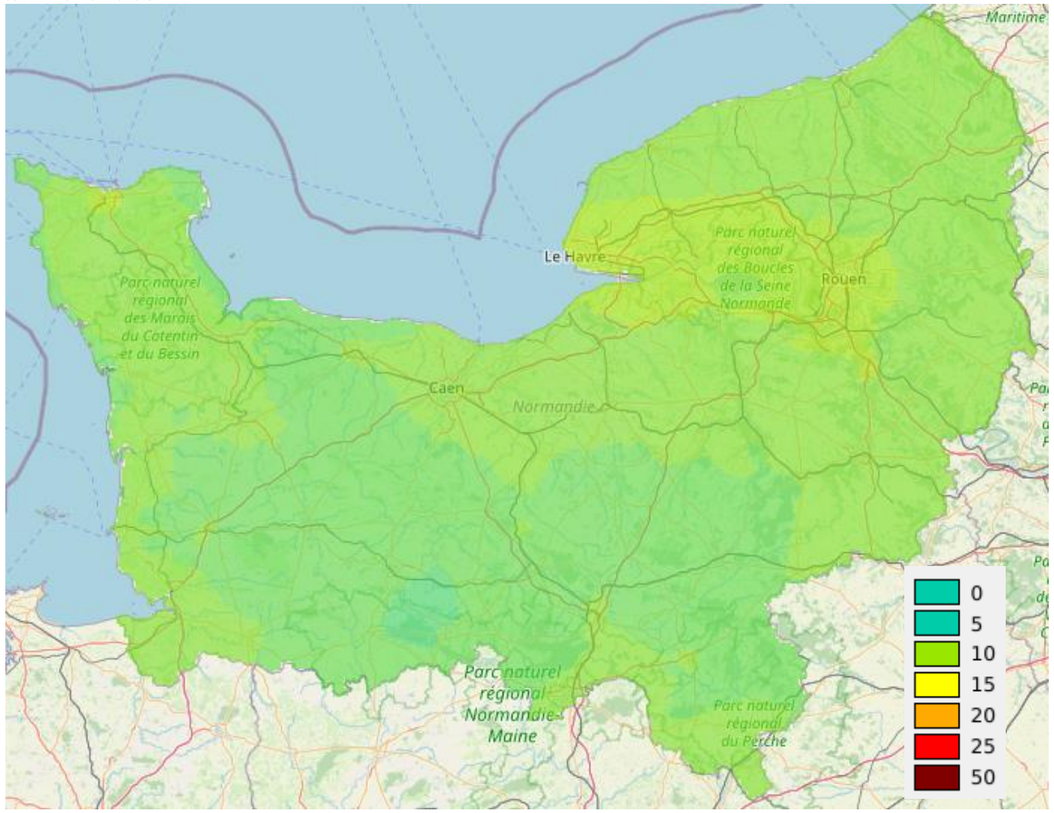
Par ailleurs, 747 dépassements de la recommandation OMS de 15 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et la totalité des 14 sites de mesures des PM2,5 d'ATMO Normandie a enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle.

La Figure 58 montre la répartition géographique régionale des concentrations moyennes annuelles en PM2,5 dans la région pour l'année 2022.

En 2022, la totalité (100 %) de la population normande a été exposée à un dépassement de la recommandation de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle sur l'ensemble du territoire régional. La population surexposée est également de 100 % pour un dépassement de 15 µg/m³ en moyenne journalière pendant plus de 3 jours.

FIGURE 58 – CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN PM2,5 POUR LA RÉGION NORMANDIE

Source : ATMO Normandie



2.3.1.2.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

Les concentrations relevées en Normandie pour le dioxyde de soufre respectent les valeurs limites réglementaires pour l'ensemble des sites. Les teneurs mesurés sont même majoritairement faibles, à l'exception de la moyenne annuelle de la station de Port-Jérôme-sur-Seine (76 – Seine-Maritime). Les teneurs en dioxyde de soufre s'étendent de 1 µg/m³ à 6 µg/m³ en moyenne annuelle.

Aucun dépassement de la valeur limite de 125 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ou de 350 µg/m³ en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 heures par an, n'a été relevé en 2022.

Par ailleurs, 14 dépassements de la recommandation OMS de 40 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés.

En 2022, moins de 1 % de la population normande a été exposée à un dépassement de la recommandation de l'OMS de 40 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, sur une très petite partie du territoire régional[6] (35 km² soit 0,11 %).

2.3.1.2.4 - Les métaux lourds

ATMO Normandie mesure 13 métaux sur 3 stations, toutes situées en Seine-Maritime.

Tous les métaux réglementés respectent les valeurs limites (500 ng/m³ pour le plomb) ou les valeurs cibles (6 ng/m³ pour l'arsenic, 20 ng/m³ pour le nickel et 5 ng/m³ pour le cadmium).

---

[6] *Atmo Normandie, dans son **Bilan 2022**, ne précise pas la localisation de la ou des zone(s) du territoire impactée(s) par ce dépassement*

2.3.1.2.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

ATMO Normandie mesure le benzo(a)pyrène sur 3 stations, toutes situées en Seine-Maritime. Ce polluant est le représentant de la famille des HAP.

La valeur cible de 1 ng/m³ pour le benzo(a)pyrène est respectée en 2022 sur ces trois sites.

2.3.1.2.6 - Le benzène

ATMO Normandie a mesuré le benzène en 2022 sur 12 sites. Ces moyennes annuelles s'étendent de 0,6 µg/m³ à 1,7 µg/m³.

La valeur limite de 5 µg/m³ en moyenne annuelle et l'objectif de qualité de 2 µg/m³ en moyenne annuelle également ont été respecté en 2022 sur l'ensemble des sites de mesures.

2.3.1.2.7 - L'ozone (O_3)

L'ensoleillement et les températures de l'été 2022 ont favorisé la formation d'ozone entrainant des procédures préfectorales d'information et de recommandation dans les 5 départements.

Les teneurs en ozone s'étendent de 47 µg/m³ à 68 µg/m³ en moyenne annuelle.

L'objectif de qualité de 120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures durant l'année n'est respectée sur aucune des 22 stations d'ATMO Normandie, les valeurs allant de 130 à 197 µg/m³. La valeur cible pour la protection de la santé humaine en nombre de jours en moyenne sur 3 ans, où la moyenne maximum sur 8 heures consécutives dépasse 120 µg/m³, est dépassée 365 fois en 2022.

Par ailleurs, les stations ATMO Normandie ont enregistré, en 2022, 761 jours de dépassement de la recommandation OMS de la moyenne maximum sur 8 heures consécutives supérieure à 100 µg/m³. L'autre recommandation de l'OMS de 60 µg/m³ en moyenne du maximum journalier sur 8 heures en période estivale a été dépassé sur toutes les stations d'ATMO Normandie, avec des valeurs, variant entre 79 µg/m³ et 95 µg/m³.

En 2022, la totalité (100 %) de la population normande a été exposée à un dépassement des recommandations de l'OMS, sur l'ensemble du territoire régional.

2.3.1.3 - Qualité de l'air dans la Communauté Urbaine Caen la mer

2.3.1.3.1 - Le dioxyde d'azote

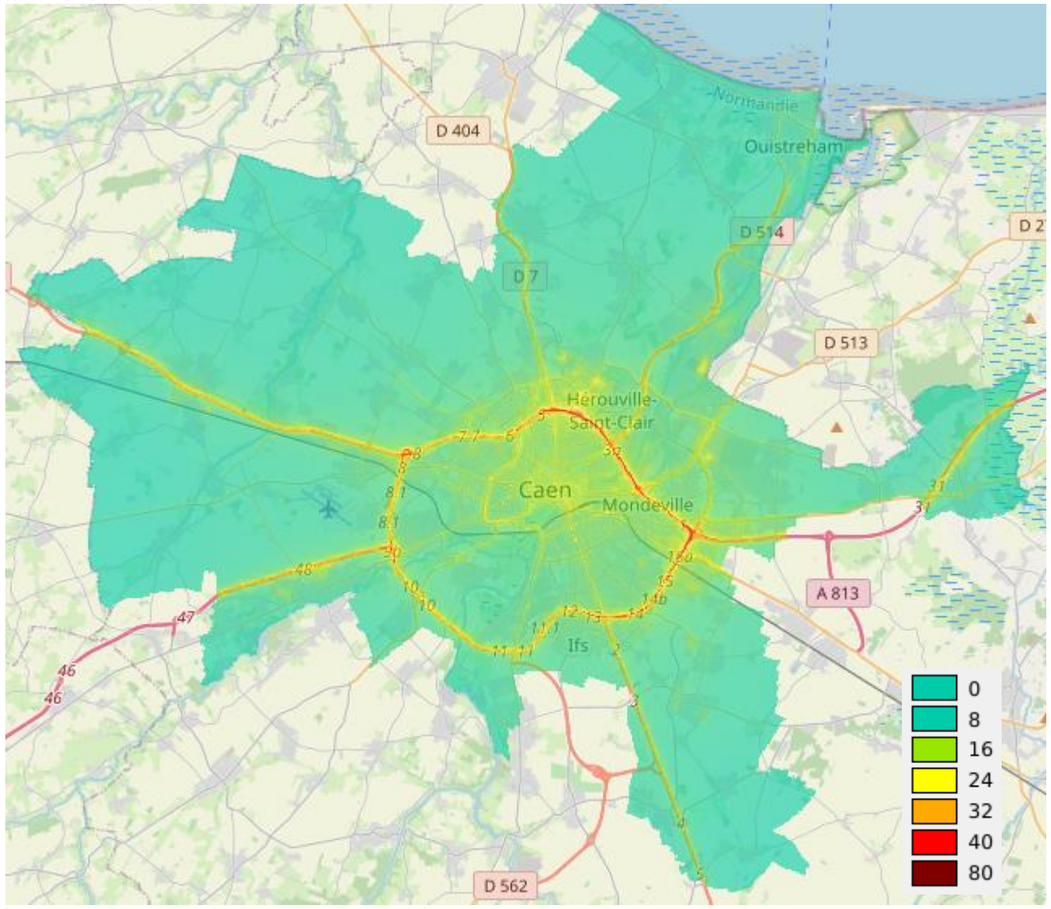
Pour les 3 stations du territoire, les concentrations relevées dans la CU Caen la mer pour le dioxyde d'azote en 2022 s'étendent de 12 µg/m³ (Caen Chemin Vert et Ifs) à 20 µg/m³ (Caen Vaucelles) en moyenne annuelle. Aucun dépassement de la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle ou de 200 µg/m³ en moyenne horaire n'a été relevé en 2022.

En revanche, 120 dépassements de la recommandation OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et l'ensemble des 3 stations de mesures du dioxyde d'azote d'ATMO Normandie dans la CU Caen la mer ont enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle.

La Figure 59 montre la répartition géographique des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote dans la CU Caen la mer pour l'année 2022. Des dépassements de la valeur limite apparaissent au droit de certaines infrastructures routières, en particulier la N814 qui est la rocade de Caen.

FIGURE 59 – MODÉLISATIONS DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN DIOXYDE D'AZOTE DANS LA CU CAEN LA MER

Source : ATMO Normandie



2.3.1.3.2 - Les particules PM10 et PM2,5

PM10

Les concentrations relevées dans la CU Caen la mer pour les particules PM10 en 2022 s'étendent de 14 µg/m³ à 18 µg/m³ en moyenne annuelle pour les deux stations de mesures du territoire, respectivement Caen Chemin Vert et Ifs. Aucun dépassement de la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle n'a été relevé en 2022.

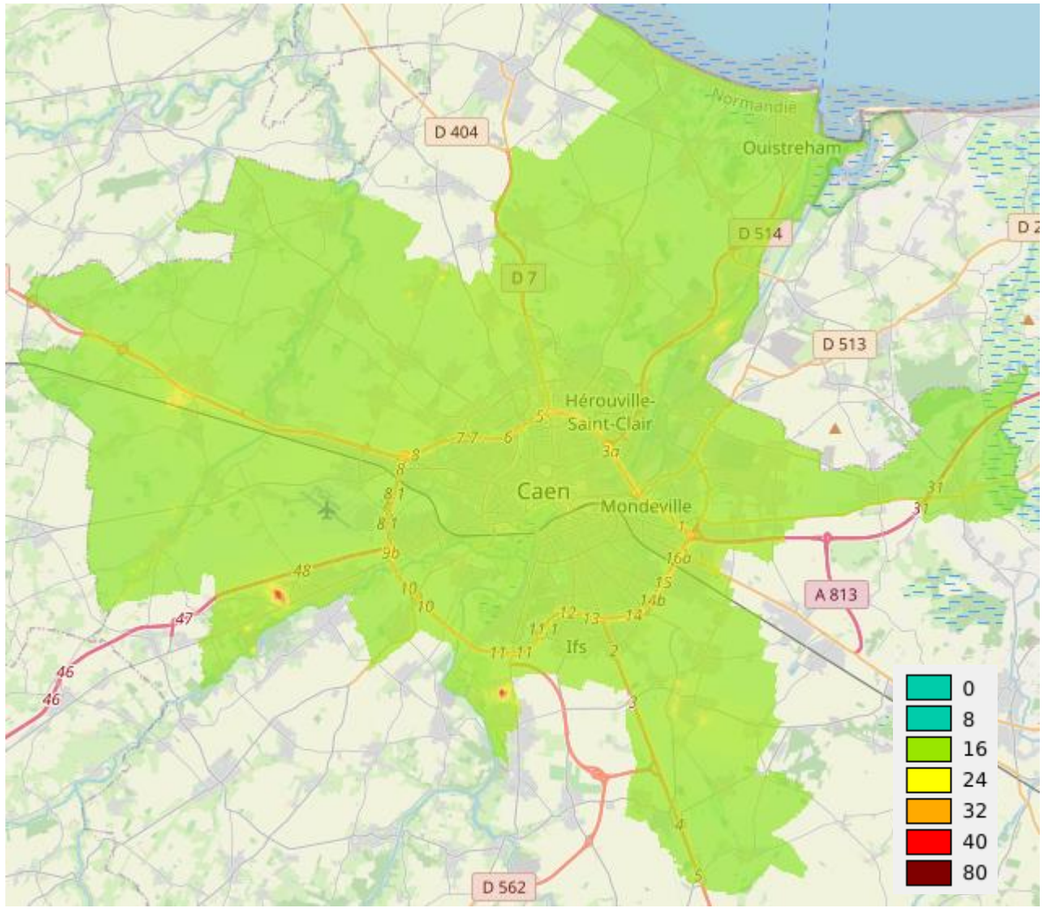
En revanche, 6 dépassements de la valeur limite de 50 µg/m³ en moyenne journalière ont été relevé en 2022.

Par ailleurs, 7 dépassements de la recommandation OMS de 45 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et 1 des 2 sites de mesures des PM10 d'ATMO Normandie ont enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne annuelle : la station urbaine Ifs.

La Figure 60 montre la répartition géographique des concentrations moyennes annuelles en PM10 dans la CU Caen la mer pour l'année 2022. Les valeurs les plus élevées, présentant un dépassement de la valeur limite, sont localisées, d'une part, au droit du Parc d'Activités des Rives de L'Odon, entre l'A84 et la RD 675, au sud-ouest de Caen et d'autre part, au droit du Parc d'Activités de Saint-André-sur-Orne, en bordure de la RD562a, au sud de Caen.

FIGURE 60 – MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN PM10 DANS LA CU CAEN LA MER

Source : ATMO Normandie



PM2,5

La concentration relevée dans la CU Caen la mer pour les particules PM2,5 en 2022 est de 9 µg/m³ en moyenne annuelle sur la seule station de mesures ATMO Normandie du territoire : Caen Chemin Vert.

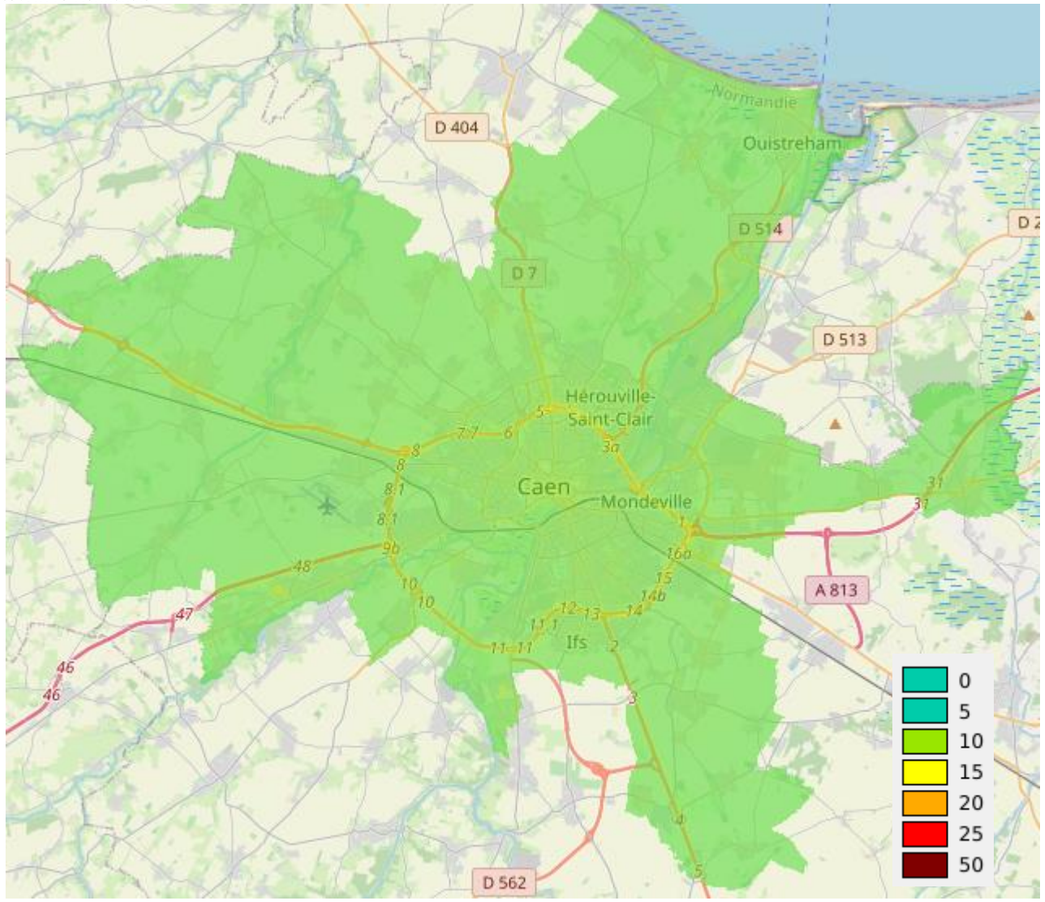
Aucun dépassement de la valeur limite de 25 µg/m³ en moyenne annuelle n'a été relevé en 2022.

Par ailleurs, 44 dépassements de la recommandation OMS de 15 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, ont été enregistrés et la station de mesures des PM2,5 d'ATMO Normandie Caen Chemin Vert a enregistré des dépassements de la recommandation de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle.

La Figure 61 montre la répartition géographique des concentrations moyennes annuelles en PM2,5 dans la CU Caen la mer pour l'année 2022. Les valeurs les plus élevées, inférieures toutefois à la valeur limite, sont situées au droit des infrastructures routières les plus importantes, en particulier les autoroutes A13 et A84, les routes nationales 13, 158 et 814 at les routes départementales 7 et 515.

FIGURE 61 – MODÉLISATIONS DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2022 EN PM2,5 DANS LA CU CAEN LA MER

Source : ATMO Normandie



2.3.1.3.3 - Le dioxyde de soufre (SO_2)

Aucune station ATMO Normandie dans la CU Caen la mer ne mesure le dioxyde de soufre. Aucun bilan n'est *de facto* envisageable.

2.3.1.3.4 - Les métaux lourds

Aucune station ATMO Normandie dans la CU Caen la mer ne mesure les métaux. Aucun bilan n'est *de facto* envisageable.

2.3.1.3.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Aucune station ATMO Normandie dans la CU Caen la mer ne mesure le benzo(a)pyrène. Aucun bilan n'est *de facto* envisageable.

2.3.1.3.6 - Le benzène

ATMO Normandie a mesuré le benzène en 2022 sur une seule station dans la CU Caen la mer : Caen Vaucelles. La moyenne annuelle est de 0,6 µg/m³.

La valeur limite de 5 µg/m³ en moyenne annuelle ainsi que l'objectif de qualité de 2 µg/m³ en moyenne annuelle ont ainsi respecté en 2022 sur ce site de mesures.

2.3.1.3.7 - L'ozone (O_3)

La teneur en ozone mesurée dans la CU Caen la mer (station de Caen Chemin Vert) est de 55 µg/m³ en moyenne annuelle.

L'objectif de qualité de 120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures durant l'année est dépassée sur cette station avec une valeur de 171 µg/m³. La valeur cible pour la protection de la santé humaine en nombre de jours en moyenne sur 3 ans, où la moyenne maximum sur 8 heures consécutives dépasse 120 µg/m³, est dépassée 8 jours en 2022.

Par ailleurs, la station Caen Chemin Vert a enregistré, en 2022, 24 jours de dépassement de la recommandation OMS de la moyenne maximum sur 8 heures consécutives supérieure à 100 µg/m³. L'autre recommandation de l'OMS de 60 µg/m³ en moyenne du maximum journalier sur 8 heures en période estivale a été dépassée sur cette station, avec une valeur de 82 µg/m³.

2.3.1.4 - Indice ATMO

L'indice de la qualité de l'air est destiné à qualifier globalement, chaque jour, la qualité de l'air d'une ville ou d'une agglomération. Il est dénommé Indice ATMO lorsqu'il concerne les agglomérations de plus de 100 000 habitants et qu'il répond à tous les critères de calcul définis par l'arrêté ministériel du 22 juillet 2004, entré en vigueur au 1er janvier 2005.

Depuis le 1er janvier 2021, un nouvel indice ATMO a été adopté par le Ministère de la Transition Écologique après consultation du Conseil National de l'Air et des AASQA.

Les principales évolutions concernent :

- L'intégration des particules PM2,5 ;
- Une évolution des qualificatifs et un changement des seuils, en lien avec les recommandations sanitaires ;
- Un changement du mode de calcul, qui s'appuie maintenant sur les concentrations maximales et non plus les concentrations moyennes ;
- Un changement de la zone géographique. L'indice ATMO n'est plus calculé à l'échelle de l'agglomération, il se décline à une échelle plus fine (commune ou EPCI).

La définition et les modalités de calcul de cet indice sont précisées dans l'arrêté du 10 juillet 2020 relatif à l'indice de la qualité de l'air ambiant.

Ces évolutions vont entrainer une augmentation du nombre d'indices de qualité de l'air qualifiés de « Mauvais » et « Très Mauvais ».

Le Tableau 11 présente les correspondances entre concentrations en polluants et indices ATMO 2021.

TABLEAU 11 – CORRESPONDANCE ENTRE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ET INDICES ATMO

Source : ATMO Bourgogne-Franche-Comté

	BON	MOYEN	DÉGRADÉ	MAUVAIS	TRÈS MAUVAIS	EXTRÊMEMENT MAUVAIS
PM2,5 - *moyenne journalière*	0 - 10	10 - 20	20 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
PM10 - *moyenne journalière*	0 - 20	20 - 40	40 - 50	50 - 100	100 - 150	> 150
O_3 - *maximum horaire*	0 - 50	50 - 100	100 - 130	130 - 240	240 - 280	> 280
NO_2 - *maximum horaire*	0 - 40	40 - 90	90 - 120	120 - 230	230 -340	> 340
SO_2 - *maximum horaire*	0 - 100	100 - 200	200 - 350	350 - 500	500 - 750	> 750

▲ *Correspondance entre concentrations (µg/m³) et sous-indices*

Un certain nombre d'indices ATMO de la région Normandie sont présentés sur la Figure 62.

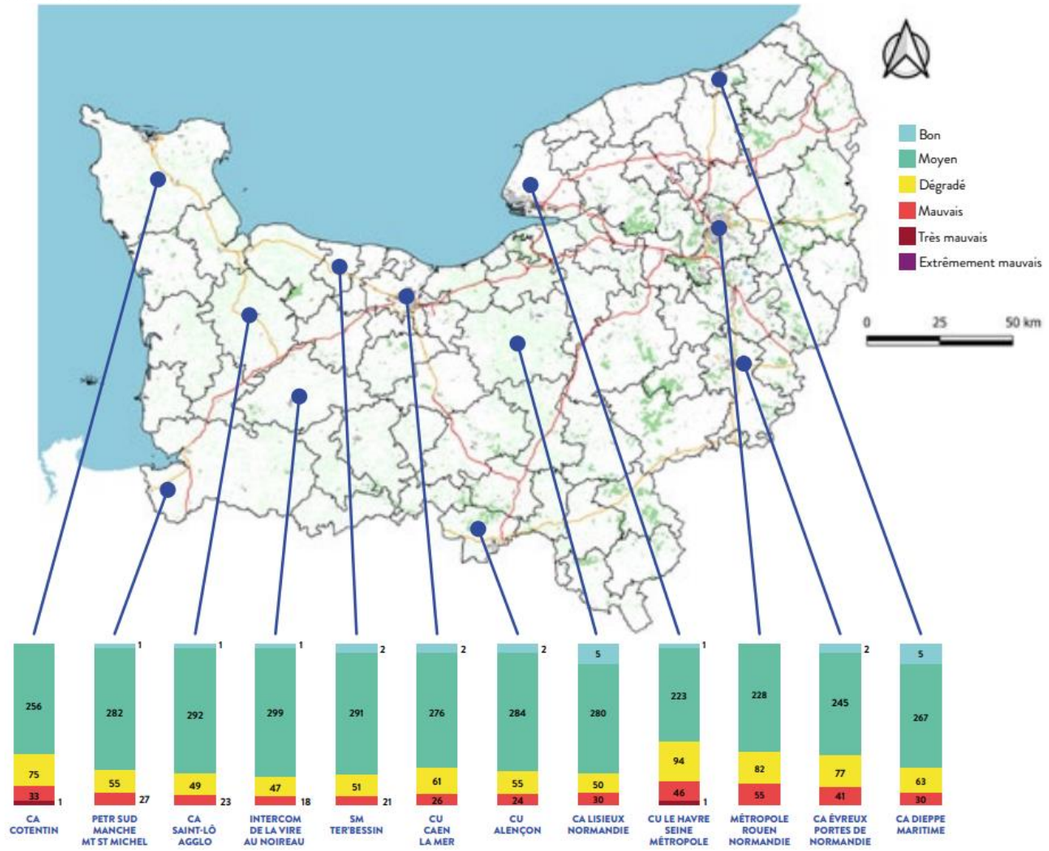
En 2022, aucun indice « extrêmement mauvais » n'a été enregistré dans la région Normandie.

Pour le territoire de la Communauté Urbaine Caen la mer, l'indice ATMO se décompose ainsi :

- Mauvais 26 jours 7 % ;
- Dégradé 61 jours 17 % ;
- Moyen 276 jours 76 % ;
- Bon 2 jours < 1 %.

FIGURE 62 – RÉPARTITION DES INDICES ATMO EN NOMBRE DE JOURS POUR QUELQUES EPCI EN 2022

Source : ATMO Normandie



2.3.1.5 - Procédure d'information et alerte dans la région Normandie

En Normandie, il existe une procédure d'information et d'alerte des populations en cas de pics de pollution. Cette procédure est décrite dans un arrêté inter-préfectoral qui définit les conditions d'information et d'alerte en cas d'épisode de pollution atmosphérique ainsi que les mesures à mettre en œuvre dans cette situation.

La procédure actuelle, décrite ci-dessous, relève de l'arrêté inter-préfectoral du 22 avril 2018, pour la région Normandie, en ce qui concerne le dioxyde d'azote, les particules PM10 et l'ozone. Pour le dioxyde de soufre, l'arrêté inter-préfectoral date du 20 juillet 2007.

La procédure interdépartementale organise une série d'actions et de mesures d'urgence afin de réduire ou de supprimer l'émission de polluants dans l'atmosphère en cas de pointe de pollution atmosphérique. L'objectif est de limiter les effets sur la santé humaine et sur l'environnement.

Elle concerne la région Normandie dans son ensemble, et s'applique à 4 polluants :

- Dioxyde de soufre (SO_2) ;
- Ozone (O_3) ;
- Dioxyde d'azote (NO_2) ;
- Particules (PM10).

Elle comporte deux niveaux de gravité croissante :

- Niveau d'information et de recommandation

Le seuil d'information correspond à un niveau de concentration de polluants dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population. Le dépassement de ce seuil rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes, et des recommandations pour réduire certaines émissions. La procédure d'information et de recommandation est déclenchée pour un polluant sur constat ou prévision du dépassement du seuil d'information et de recommandation relatif à ce polluant par ATMO Normandie.

Elle comprend des actions d'information de la population, des recommandations sanitaires aux catégories de la population particulièrement sensible en cas d'exposition de courte durée, ainsi que des recommandations et des mesures visant à réduire certaines des émissions polluantes, comme la recommandation faite par les autorités aux conducteurs de véhicules à moteur de limiter leur vitesse.

- Niveau d'alerte

Le niveau d'alerte est gradué de 1 à 3 pour permettre une mise en place progressive des mesures d'urgence :

- Niveau 1 : premier jour de la procédure d'alerte ;
- Niveau 2 : deuxième et troisième jour de la procédure d'alerte ;
- Niveau 3 : à partir du quatrième jour de la procédure d'alerte.

Le seuil d'alerte correspond à un niveau de concentration de polluants dans l'atmosphère 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.

La procédure d'alerte est déclenchée pour un polluant donné sur constat ou prévision par ATMO Normandie du dépassement d'un seuil d'alerte relatif à ce polluant ou, pour les particules PM10, en cas de persistance de l'épisode de pollution aux particules PM10.

En plus des actions prévues au niveau d'information et de recommandation, ce niveau comprend des mesures de restriction ou de suspension des activités concourant à la pollution (industries et transports), y compris, le cas échéant, de la circulation des véhicules.

La procédure est déclenchée sur :

- Un critère de superficie : dès lors qu'une surface d'au moins 100 km² est concernée par un dépassement de seuil d'ozone, de dioxyde d'azote et/ou de particule PM10 estimé par modélisation en situation de fond.
- Un critère de population : dès lors qu'une modélisation prévoit qu'au moins 10 % de la population d'un des départements de la région Normandie sont concernés par un dépassement de seuil pour l'ozone, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et/ou les particules PM10 ;
- Un critère de situation locale particulières : lorsque l'épisode de pollution touche uniquement un territoire limité, notamment les vallées encaissées ou mal ventilées, des zones de résidences à proximité de voiries à fort trafic,

des bassins industriels, l'épisode de pollution est caractérisé. Dans ce cas précis, l'information ainsi que les mesures d'urgences, peuvent être restreintes à une zone adaptée à l'épisode.

La région Normandie a connu durant l'année 2022 (*Cf.* Tableau 12) :

- 23 procédures d'information-recommandations, dont :
  - 9 pour les particules PM10 ;
  - 14 pour l'ozone ;
- 15 procédures d'alerte sur persistance, dont :
  - 6 pour les particules PM10 ;
  - 9 pour l'ozone ;
- 0 procédure d'alerte.

Plus particulièrement, le département du Calvados a été concerné par :

- 5 procédures d'information-recommandations :
  - PM10 25 et 29 mars ;
  - Ozone 17 juin, 18 juillet et 13 août ;
- 2 procédures d'alerte sur persistance :
  - PM10 26 mars ;
  - Ozone 18 juin.

TABLEAU 12 – DÉCLENCHEMENTS DE PROCÉDURES PRÉFECTORALES EN 2022

Source : ATMO Normandie

	Manche	Calvados	Orne	Seine-Maritime	Eure
PM10					
Nombre de procédures d'information-recommandations*	1	2	1	4	1
Dates des journées concernées	*25 mars*	*25 et 29 mars*	*25 mars*	*14 et 25 janvier, 24 et 29 mars*	*25 mars*
Nombre de procédures d'alerte sur persistance	3	1	0	2	0
Dates des journées concernées	*26, 27 et 28 mars*	*26 mars*		*25 et 26 mars*	
Nombre de procédures d'alerte	0	0	0	0	0
O_3					
Nombre de procédures d'information-recommandations*	2	3	3	3	3
Dates des journées concernées	*18 juillet, 13 août*	*17 juin, 18 juillet, 13 août*	*17 juin, 18 juillet, 12 août*	*17 juin, 18 juillet, 12 août*	*17 juin, 18 juillet, 13 août*
Nombre de procédures d'alerte sur persistance	0	1	2	4	2
Dates des journées concernées		*18 juin*	*18 juin, 13 août*	*18 juin, 19 juillet, 13 et 14 août*	*18 juin, 19 juillet*
Nombre de procédures d'alerte	0	0	0	0	0
SO_2					
Nombre de procédures d'information-recommandations*	0	0	0	0	0
Dates des journées concernées					
Nombre de procédures d'alerte	0	0	0	0	0

À noter, à titre indicatif, que l'ANSES a émis un avis le 30 septembre 2021[7] concernant la modification des seuils de déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant suite à l'adoption du nouvel indice ATMO. Les nouveaux seuils proposés sont présentés dans le Tableau 13.

TABLEAU 13 – NOUVEAUX SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE EN CAS D'ÉPISODES DE POLLUTION DE L'AIR AMBIANT

Polluants	Seuils d'information	Seuils d'alerte
PM2,5	25 µg/m^3	50 µg/m^3
PM10	50 µg/m^3	100 µg/m^3
O_3	130 µg/m^3	240 µg/m^3
NO_2	120 µg/m^3	230 µg/m^3
SO_2	350 µg/m^3	500 µg/m^3

Source : ANSES - Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - 30 septembre 2021

[7] *ANSES – Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la modification des seuils de déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant » - 30 septembre 2021*

En conclusion de son avis, l'ANSES recommande de réviser les seuils en tenant compte des nouvelles valeurs guides de l'OMS.

2.3.2 - Dans la zone d'étude

2.3.2.1 - Réseau ATMO Normandie

ATMO Normandie compte 3 stations de mesures, localisées sur la Figure 63, dans ou à proximité du projet d'extension du tramway de Caen la mer, dont 2 sont situées dans la bande d'étude (en gras ci-dessous) et sont :

- 1 station urbaine de fond :
  - **Station de Caen – Chemin Vert** ;
- 2 stations urbaines de trafic :
  - Station urbaine de Caen – Délivrande ;
  - **Station de Caen Vaucelles**.

Les teneurs moyennes annuelles 2022 des polluants mesurés par ces stations, en dioxyde d'azote, PM_{10}, $PM_{2,5}$ et en ozone, sont synthétisées dans le Tableau 14 et comparées aux valeurs limites en moyennes annuelles.

Sur ces stations, les teneurs moyennes annuelles mesurées respectent les normes de qualité de l'air pour l'ensemble de ces polluants en 2022.

Il est à noter que les teneurs moyennes 2022 sont supérieures aux recommandations de l'OMS pour toutes les stations pour le dioxyde d'azote et les particules PM2,5. En revanche, la station de Caen Chemin Vert respecte la recommandation OMS pour les PM10.

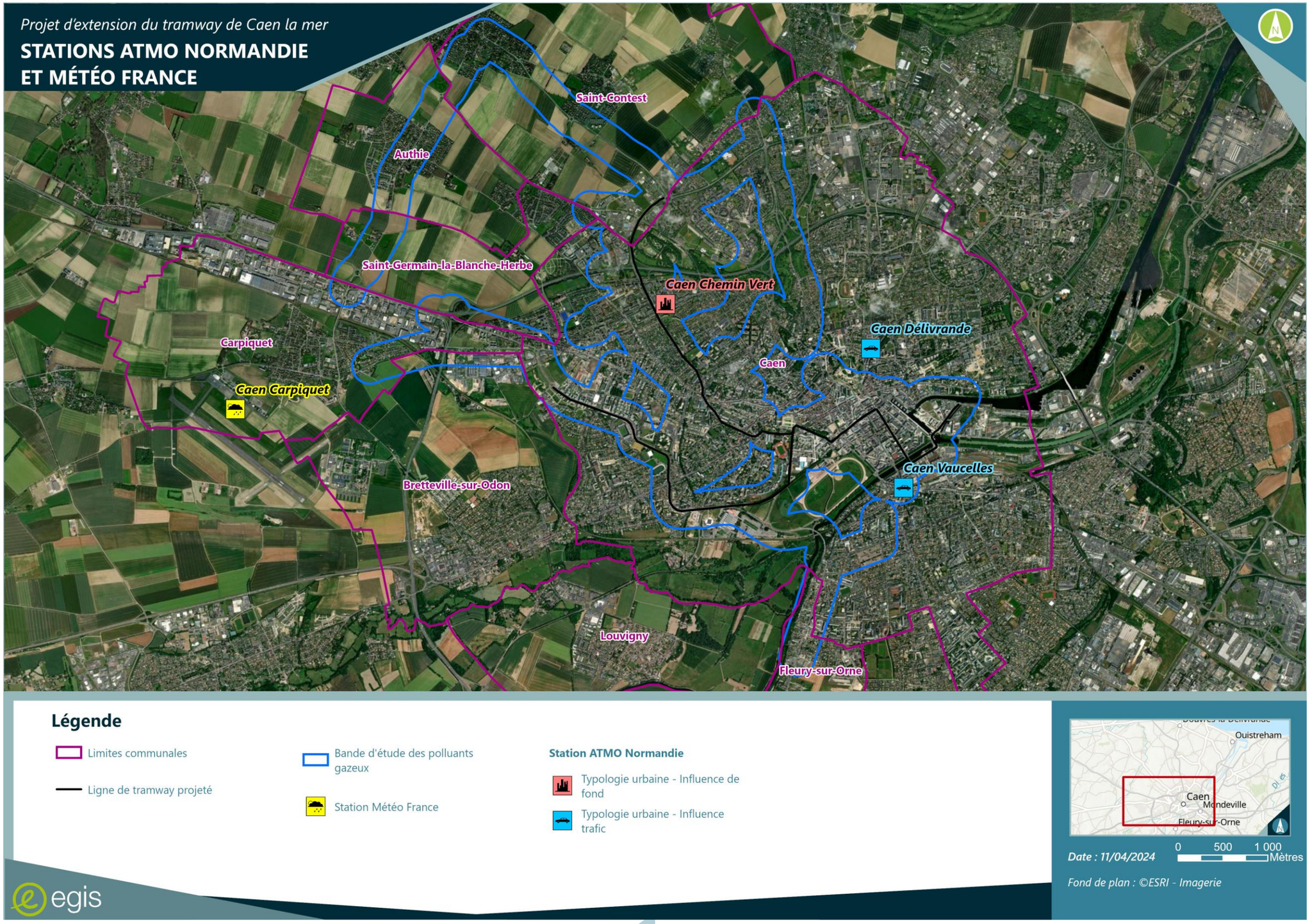
TABLEAU 14 – TENEURS MOYENNES ANNUELLES EN 2022 POUR LES STATIONS ATMO NORMANDIE RETENUES

Polluants		Caen Chemin Vert Station urbaine de fond	Caen Délivrande Station urbaine de trafic	Caen Vaucelles Station urbaine de trafic	Valeurs limites	Objectif de qualité	Recommandations OMS
					en moyenne annuelle		
Dioxyde d'azote (NO2)	µg/m³	11.6	26.2	20.0	40	40	10
PM10	µg/m³	13.7			40	30	15
PM2,5	µg/m³	8.8			25	10	5
Ozone	µg/m³	54.8				120 - maximum journalier de la moyenne sur 8 h *(seuil de protection de la santé)*	100 - maximum journalier de la moyenne sur 8 h (seuil de protection de la santé)

Source : ATMO Normandie

FIGURE 63 – LOCALISATION DES STATIONS ATMO NORMANDIE ET DE LA STATION MÉTÉO FRANCE

Source : ATMO Normandie – Météo France



2.3.2.2 - Études récentes d'ATMO Normandie

Sur le territoire de la Communauté Urbaine Caen la mer, ATMO Normandie a conduit récemment deux études dont le descriptif et les conclusions sont indiqués ci-dessous.

2.3.2.2.1 - Campagne de mesure exploratoire des pesticides dans l'air ambiant

La campagne de mesure a été réalisée entre juin 2018 et mars 2020 sur trois sites normands. En l'absence de valeurs de références réglementaires et sanitaires sur les données de pesticides dans l'air, la comparaison avec la France métropolitaine permet de situer les résultats régionaux.

Cette campagne s'est prolongée en 2021 avec la mesure de 72 substances phytosanitaires à la station de Caen Chemin Vert (site urbain, entouré de grandes cultures) au cours de l'année 2021. Ces mesures cherchent à renseigner sur l'exposition globale des populations, en situation "de fond", c'est-à-dire hors proximité directe des champs.

Durant la première année (juin 2018 à juin 2019), les mesures s'inscrivaient dans la Campagne Nationale Exploratoires des Pesticides (CNEP). Par la suite, un groupe de Travail régional s'est mis en place afin de poursuivre ces travaux lors d'une seconde année de mesure.

Les mesures réalisées par ATMO Normandie n'ont concerné que les niveaux de 75 pesticides (herbicides, fongicides, insecticides ou interdits / non utilisés en France) dans l'air ambiant en situation de fond, c'est-à-dire sans mesurer l'impact de la proximité des cultures sur les populations.

Le protocole de mesure défini par l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) lors de la CNEP a été appliqué en Normandie. Il a permis d'uniformiser les méthodes sur l'ensemble des sites de mesures français (appareils de prélèvements, calendriers, traitement des échantillons, laboratoire d'analyse unique, validation et regroupement des résultats dans une base de données nommée PhytAtmo).

Le calendrier des mesures a été établi en se calant sur les périodes de traitement habituelles. Les prélèvements n'ont donc pas été réalisés en continu sur l'année.

Les 3 sites normands retenus concernent 3 typologies très différentes : le maraîchage à Créances dans la Manche, les grandes cultures à Bures-en-Bray dans le Pays de Bray (76 – Seine-Maritime) et un centre urbain à Caen, station Chemin Vert.

En conclusion, 8 des 9 polluants les plus fréquents à l'échelle nationales se retrouvent parmi les 8 pesticides les plus quantifiés sur les sites normands, le dernier concernant la viticulture est logiquement absent du territoire normand. Les concentrations coïncident également entre la Normandie et le reste du pays.

En 2021, suite aux mesures à la station Caen Chemin Vert, les pesticides les plus fréquents lors des mesures précédentes sont encore les plus mesurés, à l'exception du glyphosate non mesuré et d'un insecticide (chlorpyriphos méthyl) et d'un fongicide (Chlorothalonil), interdits à la vente en 2021.

En conclusion de ces mesures, la présence des mêmes substances est enregistrée en ville comme en zone rurale, durant les mêmes périodes (automne et printemps). Comme attendu, les maximas sont toutefois supérieurs en zone rurale, au plus proche des cultures.

2.3.2.2.2 - Retombées atmosphériques autour de l'Usine d'Incinération d'Ordures ménagères (UIOM) de Colombelles – 2022

Depuis 2006, ATMO Normandie effectue un suivi annuel des retombées atmosphériques autour de l'incinérateur du SYVEDAC (SYndicat pour la Valorisation et l'Élimination des Déchets de l'Agglomération Caennaise), à l'Est de Caen.

Les résultats de la dernière campagne, effectuée du 14 juin au 9 août 2022, mettent en évidence que :

- Les retombées de dioxines et furanes ne présentent pas d'augmentation par rapport aux mesures des années précédentes et qu'elles sont inférieures à la médiane régionale des différents sites de mesures ;
- Les retombées des métaux présentent des résultats inférieurs aux 5 % de valeurs les plus élevées de la région depuis 2009 (percentiles 95 régionaux), même si, sur le site le plus proche de l'incinérateur, les résultats des mesures de métaux sont légèrement supérieurs aux médianes régionales ;
- Les valeurs limites ou les valeurs guides sont respectées pour les quatre métaux réglementés (arsenic, cadmium, nickel et plomb).

2.3.3 - Documents de planification en Normandie pour l'air et la santé

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional et local concernant la qualité de l'air et la santé. Ces outils fixent des orientations et/ou des actions pour limiter et prévenir la pollution atmosphérique :

- Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) ;
- Le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) ;
- le Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) ;
- le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA).

Et la santé :

- le Plan Régional Santé Environnement 3 de la région Normandie (PRSE3) ;
- le Plan National Santé Environnement (PNSE 3).

2.3.3.1 - Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PRÉPA)

Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PRÉPA) fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. C'est l'un des outils de déclinaison de la politique climat-air-énergie. Il combine les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances.

Tels que prévu par l'article 64 de la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), le PRÉPA est composé :

- D'un décret fixant des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030
- D'un arrêté établissant pour la période 2022-2055, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir

Ce plan 2022-2025 s'appuie sur l'ancien PRÉPA réalisée entre 2015 et 2016. Ce plan a été approuvé par l'arrêté du 8 décembre 2022.

Pour sélectionner les mesures sectorielles (industrie, résidentiel tertiaire, transports et agriculture) les plus pertinentes, une analyse multicritère a été réalisée puis actualisée pour ce nouveau PRÉPA 2022-2025.

Pour chaque mesure, l'évaluation a porté sur le potentiel de réduction d'émissions au niveau national, le potentiel d'amélioration de qualité de l'air, la faisabilité juridique, le niveau de controverse, le ratio coût-bénéfices et les co-bénéfices.

Le PRÉPA prévoit la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV et des mesures supplémentaires de réduction des émissions dans tous les secteurs, ainsi que des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre :

- Industrie :
  - Renforcer les exigences réglementaires et leur contrôle pour réduire les émissions d'origine industrielle ;
- Transports et mobilité :
  - Encourager les mobilités actives et les transports partagés ;
  - Favoriser l'utilisation des véhicules les moins polluants ;

- Renforcer le contrôle des émissions des véhicules et engins mobiles ;
- Réduire les émissions de polluants atmosphériques du transport aérien ;
- Réduire les émissions de polluants atmosphériques du transport maritime et fluvial ;

- Résidentiel-tertiaire :
  - Réduire les émissions de polluants atmosphériques dans le cadre des opérations de rénovation thermique ;
  - Réduire les émissions de polluants atmosphériques des appareils de chauffage, en mettant en œuvre le plan d'action visant à réduire les émissions de particules fines issues du chauffage au bois publié le 23 juillet 2021 ;
  - Lutter contre le brûlage des déchets verts ;
- Agriculture :
  - Sensibiliser et former les professionnels et futurs professionnels à la qualité de l'air en agriculture ;
  - Soutenir et orienter les évolutions techniques et les pratiques des agriculteurs favorables à la réduction des émissions d'ammoniac ;
  - Limiter le brûlage à l'air libre des résidus agricoles ;
  - Évaluer et réduire la présence des produits phytopharmaceutiques dans l'air ;
- Mobilisation des acteurs locaux ;
- Amélioration des connaissances et innovation.

Le PRÉPA prévoit également des actions d'amélioration des connaissances, de modélisation des acteurs locaux et des territoires, et la pérennisation des financements en faveur de la qualité de l'air.

Les objectifs du PRÉPA sont fixés à l'horizon 2020 et 2030 conformément à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et à la directive 2016/2284 (*Cf.* Tableau 15).

TABLEAU 15 – RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005 (SOURCE : MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER – PRÉPA)

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005

POLLUANT	À partir de 2020	À partir de 2030
Dioxyde de soufre (SO_2)	- 55 %	- 77 %
Oxydes d'azote (NOx)	- 50 %	- 69 %
Composés organiques volatils (COVNM)	- 43 %	- 52 %
Ammoniac (NH_3)	- 4 %	- 13 %
Particules fines ($PM_{2,5}$)	- 27 %	- 57 %

Les parties prenantes et les membres du Conseil national de l'air ont été consultés tout au long de la démarche d'élaboration. La consultation du public a été réalisée du 6 au 27 avril 2017. Il est suivi par le Conseil national de l'air au moins une fois par an et sera révisé au moins tous les quatre ans.

Le PRÉPA prévoit la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV et des mesures supplémentaires de réduction des émissions dans tous les secteurs, ainsi que des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre :

- Industrie ;
- Transports ;
- Résidentiel-Tertiaire ;
- Agriculture.

Les objectifs du PRÉPA sont fixés à horizon 2020 et 2030 conformément à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et à la directive 2016/2284.

2.3.3.2 - Le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)

Créé par la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 7 août 2015, ce document organise la stratégie régionale pour l'avenir des territoires à moyen et long terme (2030 et 2050).

Le projet de Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires de la région Normandie a été arrêté par la région en 2019. Ce projet est le résultat de 2 ans de travail, de concertation et de co-construction avec les partenaires régionaux. Il fusionne plusieurs documents sectoriels ou schémas existants : le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT), le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD), le Schéma Régional de l'Intermodalité (SRI), le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) et le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE).

Il est applicable depuis le 3 juillet 2020, date de publication de l'arrêté du préfet de région portant approbation du SRADDET.

Le SRADDET fixe des objectifs de moyen et long termes en matière :

- D'équilibre et d'égalité des territoires ;
- D'implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional ;
- De désenclavement des territoires ruraux ;
- D'habitat ;
- De gestion économe de l'espace ;
- D'intermodalité et de développement des transports ;
- De maîtrise et de valorisation de l'énergie ;
- De lutte contre le changement climatique ;
- De pollution de l'air ;
- De protection et de restauration de la biodiversité ;
- De prévention et de gestion des déchets.

Il s'agit à la fois d'un document :

- Prospectif, puisqu'il doit fixer des objectifs de moyen et long termes et vise l'égalité des territoires ;
- Prescriptif en matière d'aménagement et d'urbanisme (il s'imposera en particulier aux SCoT et PLUi) ;
- Intégrateur par la combinaison de différents schémas existants en matière d'environnement, de transports, etc. dans un même document.

Les 17 objectifs du SRADDET sont présentés sur la Figure 64.

FIGURE 64 – OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU SRADDET

Source : Rapport SRADDET – adoption définitive – Région Normandie



2.3.3.3 - Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Un PPA définit des actions dont la mise en œuvre sera de nature à réduire les émissions de polluants atmosphériques, notamment de dioxyde d'azote. Il s'inscrit dans le cadre des dispositions prises en application de la directive européenne 2008/50/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Il n'a pas pour objet de traiter des questions de l'air intérieur.

Le PPA actuel a été approuvé le 30 janvier 2014 et couvre l'ensemble des départements de l'Eure et de la Seine-Maritime. Suite à l'évaluation réalisée fin 2019, la révision du PPA Normandie a été actée lors du comité de pilotage organisé par la DREAL Normandie au mois de mai 2020.

L'objectif majeur de ce nouveau PPA est d'abaisser la concentration en NO_2 en dessous de la valeur limite réglementaire (dépassée actuellement dans l'agglomération de Rouen). Sont également ciblés les particules fines (PM10 et les PM2,5) compte tenu du dépassement des valeurs recommandées par l'organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur l'agglomération de Rouen.

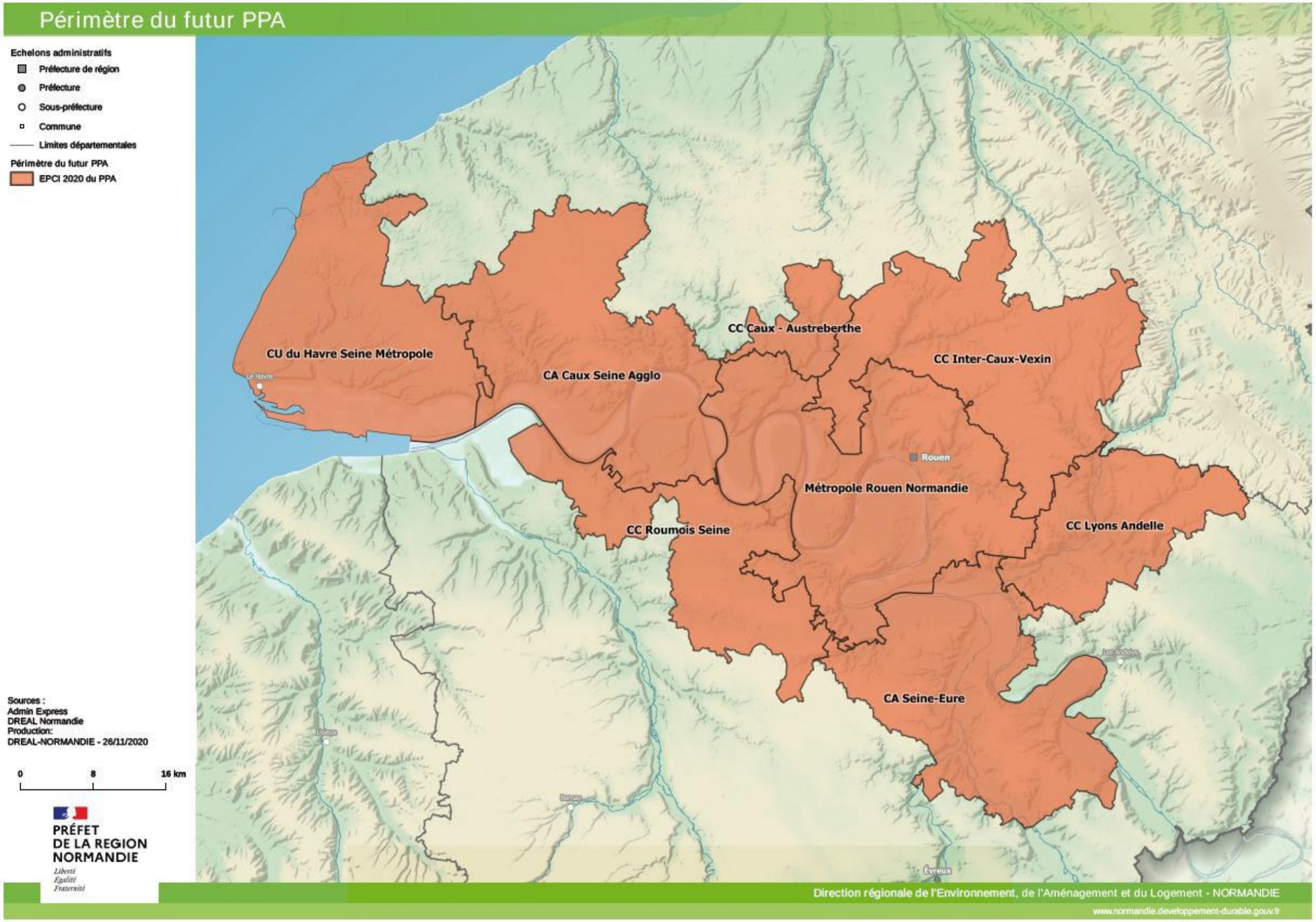
Le périmètre recouvre 8 EPCI (*Cf.* Figure 65) :

- Métropole Rouen Normandie ;
- Communauté Urbaine Le Havre Seine Métropole ;
- Agglomération Caux Seine ;
- Communauté de communes Caux Austreberthe ;
- Communauté de communes InterCauxVexin ;
- Communauté de communes Lyons Andelle ;
- Communauté de communes Roumois Seine ;
- Communauté d'agglomération Seine Eure.

Le Calvados et *a fortiori* la Communauté Urbaine Caen la mer n'est pas concerné par le PPA actuel, ni le PPA futur.

FIGURE 65 – PÉRIMÈTRE DU FUTUR PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHÈRE (PPA)

Source : Région Normandie



2.3.3.4 - Le Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET)

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte modernise le dispositif des anciens Plans Climats Énergie Territoriaux (PCET) par la mise en place des Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET).

Le projet de PCAET du pôle métropolitain Caen Normandie Métropole a été arrêté par délibération du 30 septembre 2022. Cette entité regroupe 5 EPCI présentés sur la Figure 66 :

- Communauté de communes Cœur de Nacre ;
- Communauté urbaine Caen la mer ;
- Communauté de communes Vallées de l'Orne et de l'Odon ;
- Communauté de communes Val ès Dunes ;
- Communauté de communes Cingal – Suisse Normande.

FIGURE 66 – PÉRIMÈTRE DU PCAET DU PÔLE MÉTROPOLITAIN CAEN NORMANDIE MÉTROPOLE

Source : Ministère de la Transition Écologique – Avis délibéré sur le PCAET



Le PCAET s'étend sur 111 000 ha et compte 355 000 habitants. Environ 33 communes du pôle sur 150 sont identifiées comme sensibles à la qualité de l'air, principalement localisées au niveau de l'agglomération caennaise et des grands axes de circulation.

Les principaux enjeux identifiés du PCAET sont :

- L'atténuation et l'adaptation au changement climatique ;
- La qualité de l'air ;
- La ressource en eau ;
- La biodiversité ;
- Les sols.

2.3.3.5 - Le Plan National et le Plan Régional Santé Environnement (PNSE4 et PRSE4)

Ces deux plans s'inscrivent dans la continuité des documents de planification suscités et définissent des actions pour réduire et éviter l'impact sur la santé des pollutions environnementales.

Le Plan National Santé Environnement (PNSE4) est prévu pour la période (2021-2025). Il s'articule autour de 4 axes prioritaires et 20 actions pour réduire et éviter l'impact sur la santé des pollutions environnementales :

- Axe 1 : S'informer sur l'état de son environnement et les bons gestes à adopter (7 actions) ;
- Axe 2 : Réduire les expositions environnementales affectant notre santé (8 actions) ;
- Axe 3 : Démultiplier les actions concrètes menées dans les territoires (2 actions) ;
- Axe 4 : Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et sur les écosystèmes (3 actions).

Le PRSE4 de la région Normandie 2023-2028 est la déclinaison régionale du PNSE4, en 20 objectifs autour de 4 axes thématiques[8] :

- Axe 1 – Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et celle des écosystèmes :
  - Ressource en eau :
    - Renforcer la protection des captages, sécuriser l'alimentation en eau potable et mieux communiquer sur les pratiques agricoles favorables ;
    - Renforcer l'échange, le partage et la communication des connaissances sur la qualité de l'eau ;
  - Qualité de l'air extérieur :
    - Améliorer la connaissance de la qualité de l'air extérieur et sa diffusion ;
    - Améliorer la connaissance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les lichens et l'air ambiant en Normandie ;
  - Pollution des sols :
    - Améliorer la mise en œuvre des dispositifs de gestion et de requalification des sites et sols pollués ;
  - Qualité de l'air intérieur :
    - Développer le pouvoir d'agir des populations pour prévenir les risques sanitaires ;
    - Promouvoir et pérenniser l'intervention des conseillers en environnement intérieur ;
    - Prendre en compte la qualité de l'air intérieur tout au long du cycle de vie du bâtiment ;
    - Sensibiliser les professionnels du bâtiment à la qualité de l'air intérieur ;
- Axe 2 – Renforcer l'action en santé – environnement menée par les collectivités dans les territoires :
  - Renforcer la capacité à agir des territoires pour déployer des actions opérationnelles en faveur d'un environnement promoteur de santé ;
  - Mieux intégrer la santé – environnement et l'urbanisme favorable à la santé dans les politiques territoriales et projets d'aménagement ;
- Axe 3 – Prévenir les risques liés aux zoonoses et aux espèces animales et végétales nuisibles à la santé, dans une approche « un seule santé » :
  - Renforcer la connaissance du grand public, des professionnels et des décideurs sur le risque zoonotique ;
  - Améliorer les connaissances sur les zoonoses et les collaborations entre les réseaux de surveillance ;
  - Renforcer les connaissances sur la présence d'espèces nuisibles à la santé humaine ;
  - Renforcer les capacités d'agir des partenaires et des populations en prévention et lutte contre les espèces nuisibles à la santé humaine ;
- Axe 4 – Informer et développer les capacités d'agir des publics sur leur environnement et leur santé au quotidien :
  - Développer le pouvoir d'agir du grand public et des publics en situation de vulnérabilité sociale en matière de santé – environnement ;
  - Renforcer les compétences en santé – environnement des jeunes en milieu scolaire ;
  - Faire monter en compétences les professionnels encadrant les jeunes sur les enjeux santé – environnement (hors milieu scolaire) ;
  - Agir au quotidien pour un environnement favorable à la santé de la femme enceinte et au développement de l'enfant ;
  - Renforcer les connaissances et les compétences des étudiants et professionnels de santé sur les enjeux actuels et futurs de santé – environnement.

[8] *Plan Régional Santé Environnement de Normandie 2023 - 2028 – 19 décembre 2023*

2.3.4 - Mesures in situ de la qualité de l'air

Afin de caractériser plus précisément la qualité de l'air dans la zone d'étude, une campagne de mesures de 4 semaines in situ de la qualité de l'air a été réalisée en janvier et février 2024.

Cette campagne a un double objectif :

- Caractériser la qualité de l'air de la zone d'étude ;
- Situer les teneurs des polluants mesurés par rapport aux normes de qualité de l'air en vigueur, durant la période d'exposition des dispositifs de mesures ;

En accord avec la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, et compte tenu de la problématique routière, le polluant suivant a été retenu pour la campagne de mesures : le dioxyde d'azote,

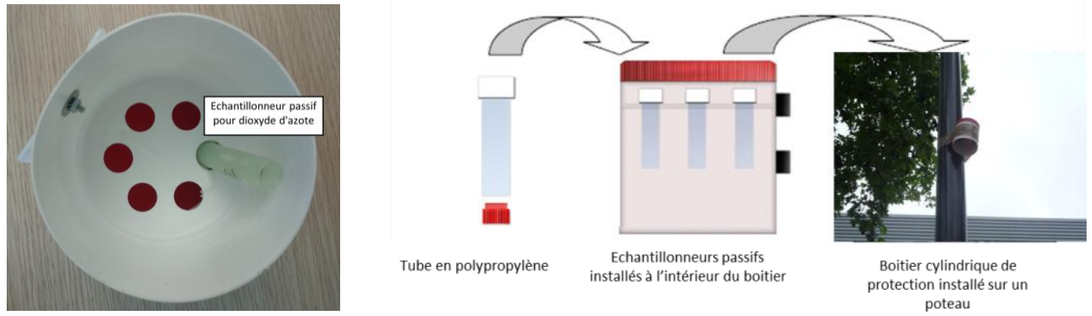
2.3.4.1 - Moyens de mesures

Les mesures ont été réalisées par échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote. Ces moyens de mesure, peu encombrants et relativement simples à mettre en place, permettent d'instrumenter simultanément un nombre important de sites.

Le principe de l'échantillonnage passif consiste à exposer à l'air libre, sur une période donnée, à environ 2-3 mètres de hauteur, des cartouches adsorbantes (triéthanolamine pour le dioxyde d'azote) qui, par simple diffusion du polluant dans l'atmosphère, vont piéger celui-ci (*Cf.* Figure 67). La quantité de polluant absorbé est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant.

FIGURE 67 – DISPOSITION DES CAPTEURS DE DIOXYDE D'AZOTE DANS LE BOÎTIER

Source : Egis



Sur chaque site de mesure, les échantillonneurs passifs ont ainsi été exposés au minimum 14 jours, puis rebouchés hermétiquement et analysés en laboratoire (colorimétrie pour le dioxyde d'azote).

Les analyses du dioxyde d'azote ont été réalisées suivant :

- La norme EN 13528 (Qualité de l'air - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des concentrations des gaz et des vapeurs) ;
- La norme EN-14662-5 : 2005 (Qualité de l'air ambiant. Méthode pour le mesurage des concentrations en benzène. Échantillonnage par diffusion suivi d'une désorption au solvant et d'une chromatographie en phase gazeuse) ;
- La méthode Saltzmann (colorimétrie après réaction avec l'acide sulfanilique et le dichlorate de N-(naphtyl-1) éthylenediamine)[9].

Suite aux 14 premiers jours de prélèvement, les échantillonneurs ont été remplacés par une nouvelle série de capteurs pour, de nouveau, 2 semaines de prélèvement.

La campagne de mesure a ainsi été réalisée du 8 janvier au 5 février 2024.

À l'issue des analyses, une teneur moyenne en polluants pour chaque site de mesure a été établie pour la période d'exposition. Durant la période d'instrumentation, les capteurs ont été placés dans des boitiers afin de les préserver des intempéries (*cf.* Figure 67). Tous les capteurs ont été installés sur le site le premier jour et retirés le dernier jour afin d'harmoniser les temps d'exposition pour l'ensemble des capteurs.

Les échantillonneurs passifs ont été fournis et analysés par la société PASSAM AG, laboratoire de mesure accrédité EN 45000.

Suivant le laboratoire PASSAM AG qui réalise l'analyse des capteurs passifs à l'issue des campagnes de mesures *in situ*, l'incertitude des mesures par échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote est de ±23,4 % pour un niveau de concentration dans l'air de 20 - 40 µg/m³.

La limite de quantification pour l'analyse du dioxyde d'azote est < 0,6 µg/m³.

Les mesures par échantillonneur passif ont pour résultats des valeurs moyennes sur la durée d'exposition des capteurs. Ces valeurs permettent ainsi de comparer et de hiérarchiser les sites de mesures instrumentés. Ces résultats peuvent être très différents des concentrations mesurées par analyseurs dynamiques, puisque ces derniers sont soumis aux variations temporelles.

Pour permettre de valider les mesures par échantillonneurs passifs, un capteur passif témoin a été installé au droit de la station ATMO Normandie de Caen Chemin Vert.

2.3.4.2 - Choix et répartition des sites

Au total, afin de caractériser la qualité de l'air, **18 sites** pour la mesure du dioxyde d'azote ont été instrumentés de capteurs passifs.

Ces capteurs sont localisés :

- À proximité des axes routiers directement concerné par le tracé du projet de ligne de tramway ou potentiellement impacté par des reports de trafic : 7 sites représentatifs de la qualité de l'air en situation de proximité routière (sites 01, 02, 05, 11, 12, 16 et 17) ;
- en situation de fond, à distance de toute source directe de pollution : 11 sites représentatifs des niveaux moyens de pollution en fond urbain (5 sites : 07, 08, 09, 10 et 13) ou périurbain (6 sites : 03, 04, 06, 14, 15 et 18).

Le dioxyde d'azote a été mesuré sur chaque point de mesure (proximité routière et situation de fond).

Les critères de localisation de chacun des sites de mesures sont décrits dans le Tableau 16 et les sites de mesures localisés sur le plan d'échantillonnage de la Figure 68.

---

[9] *La méthodologie Passam est reconnue par le Joint Research Centre de la Commission Européenne (JRC) dans le document Review of the Application of Diffusive Samplers for the Measurement of Nitrogen Dioxide in Ambient Air in the European Union de 2009. (http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC51106/reqno_jrc51106_eur_23793.pdf[1].pdf, page 71).*

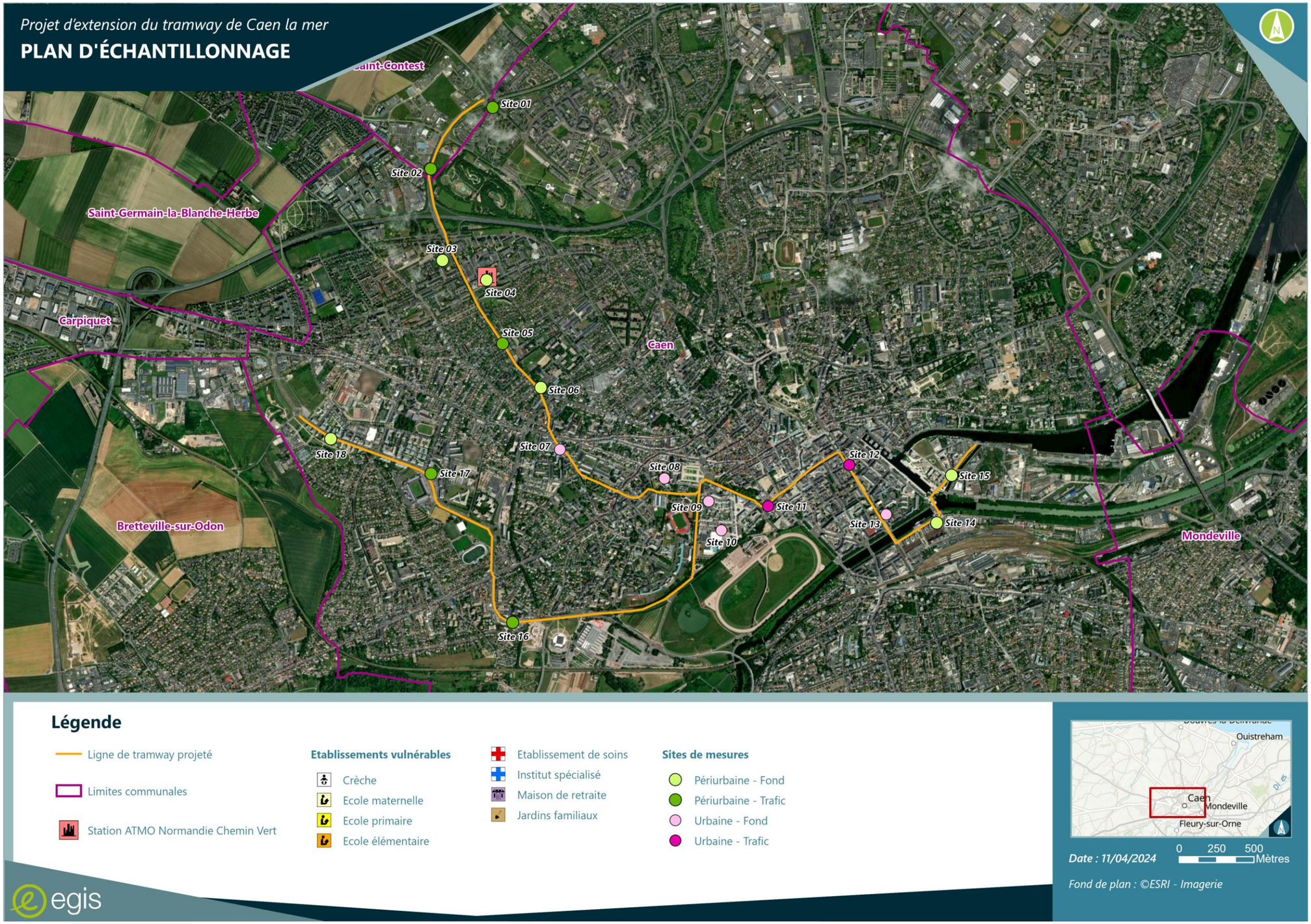
TABLEAU 16 – CRITÈRES DE LOCALISATION DES SITES DE MESURES EGIS

Nom	Environnement	Influence	Intérêt	Adresse	Commune
Site 01	Périurbain	Trafic	Micro-crèche Doucalinou Les Bibous + projet	Rond-point du Débarquement	Caen
Site 02	Périurbain	Trafic	Trafic + Projet	Boulevard du Maréchal Juin	Saint-Contest
Site 03	Périurbain	Fond	Résidence autonomie du Chemin Vert	2 allée du Rossignol	Caen
Site 04	Périurbain	Fond	Station ATMO Normandie Chemin Vert	Square Schuman - Rue Pierre Corneille	Caen
Site 05	Périurbain	Trafic	Multi-accueil Jaune Lisa Lind + projet	53 rue du Chemin Vert	Caen
Site 06	Périurbain	Fond	Ecole primaire Fernand Léger + projet	Rue du Chemin Vert	Caen
Site 07	Urbain	Fond	Résidence autonomie de la Haie Vigné + projet	29 rue Damozanne	Caen
Site 08	Urbain	Fond	Ecole maternelle Duc Rollon	Impasse Duc Rollon	Caen
Site 09	Urbain	Fond	Multi-accueil Mandarine + doublon	22 allée Geneviève Prieur	Caen
Site 10	Urbain	Fond	Centre Médico-Psycho-Pédagogique (CMPP) La Guidance + Résidence Séniors Les Essentielles Scamaroni	9 rue Jean de la Varende	Caen
Site 11	Urbain	Trafic	Ecole primaire René Lemière + projet	3 place Gambetta	Caen
Site 12	Urbain	Trafic	projet + tram existant	19 avenue du Six Juin	Caen
Site 13	Urbain	Fond	Multi-accueil Centre-Ville + crèche familiale Frémentel	Rue Frémentel	Caen
Site 14	Périurbain	Fond	Micro-crèche Hapili Rives de l'Orne	Rue Rosa Parks	Caen
Site 15	Périurbain	Fond	Projet + terminus tram existant	11 avenue Victor Hugo	Caen
Site 16	Périurbain	Trafic	Centre Médico-Psychologique (CMP) Caen Sud	72 boulevard Yves Guillou	Caen
Site 17	Périurbain	Trafic	Trafic + Projet	14 boulevard Georges Pompidou	Caen
Site 18	Périurbain	Fond	EHPAD Résidence Beaulieu	53 boulevard Georges Pompidou	Caen

Source : Egis

FIGURE 68 – PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Source : Egis



2.3.4.3 - Condition météorologique

L'analyse des conditions météorologiques observées sur les périodes de mesures permet de mieux apprécier l'influence de celles-ci sur les teneurs mesurées.

La qualité de l'air dépend effectivement à la fois des émissions des différentes sources (industries, transports, tertiaire) et des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent…) qui, avec la topographie, influencent le transport, la transformation et la dispersion des polluants.

Les principes météorologiques reposent principalement sur trois paramètres : le vent, la pluie et la température. Ces trois paramètres ont un effet direct sur la qualité de l'air et la dispersion des polluants.

2.3.4.3.1 - Vent

Le vent intervient autant par sa direction pour orienter les panaches de fumées que par sa vitesse pour déplacer les polluants.

Plus la vitesse du vent est faible et plus les polluants risquent de s'accumuler. Cependant un vent fort et de direction clairement définie peut diriger un panache vers une zone spécifique, et, y concentrer ainsi la pollution. C'est parfois le cas des panaches industriels.

La vitesse du vent augmente généralement avec l'altitude. Ainsi, plus les polluants s'élèvent et plus leur dispersion est facilitée.

2.3.4.3.2 - Pluie

Les concentrations en polluants dans l'atmosphère diminuent nettement par temps de pluie notamment pour les poussières et les éléments solubles tel que le dioxyde de soufre (SO_2). Les précipitations sont généralement associées à une atmosphère instable, qui favorise une bonne dispersion de la pollution atmosphérique. Les précipitations « *lessivent* » l'atmosphère. Elles entraînent au sol les polluants les plus lourds.

2.3.4.3.3 - Températures

La température agit à la fois sur la chimie et les émissions des polluants. Ainsi certains composés voient leur volatilité augmenter avec la température, c'est le cas des composés organiques volatils. Le froid, lui, augmente les rejets automobiles du fait d'une moins bonne combustion.

La chaleur estivale et l'ensoleillement favorisent les processus photochimiques, comme la formation d'ozone.

2.3.4.3.4 - Comparaison aux normales

Les normales de vitesses et directions du vent, de températures et de pluviométrie ainsi que les conditions météorologiques (vitesses et directions du vent, températures et pluviométrie) relevées lors de la campagne de mesures sur la station Météo France ***Caen – Carpiquet*** (n° 14137001), située sur le site de l'Aéroport de Caen, sont présentées ci-après. Cette station météorologique est située à environ 3,5 km au sud-ouest du projet.

L'analyse des conditions météorologiques normales peut permettre d'anticiper les potentialités de dispersion ou de stagnation des polluants atmosphériques.

Les températures et les précipitations durant la campagne de mesures et les normales climatologiques de la station Météo France ***Caen – Carpiquet*** en janvier sont présentées dans le Tableau 17.

Les températures de la campagne de mesures, légèrement plus froides que les normales, ont pu engendrer une combustion moins bonne des véhicules et *de facto* des émissions plus importantes. Par ailleurs, les précipitations inférieures aux normales n'ont pas permis le lessivage de l'atmosphère attendu avec les normales. Les conditions météorologiques de températures et de précipitations n'ont donc pas été favorables à la dispersion des polluants atmosphériques.

TABLEAU 17 – TEMPÉRATURES ET PRÉCPITATIONS DURANT LA CAMPAGNE DE MESURES

Paramètres		Campagne de mesure du 08/01 au 05/02/2024	Normales sur 30 ans Mois de janvier
Températures en °C	Minimale	1.7	2.9
	Maximale	8.1	8.3
	Moyenne	4.9	5.6
Précipitations en mm		47.9	63.1

Source : Météo France

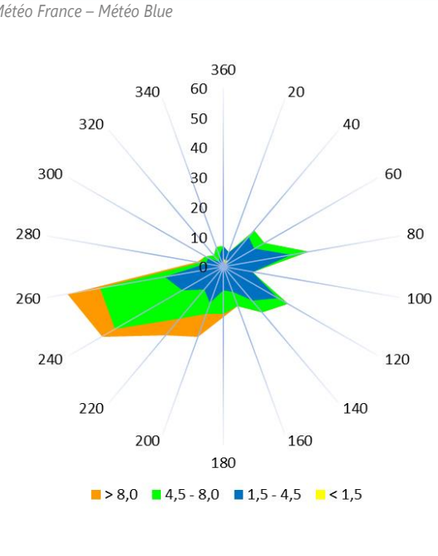
Comme le montre la Figure 69, à Caen, les vents les plus fréquents et les plus forts, dans le cadre des normales sur 30 ans, sont de secteur Ouest à Sud. Durant la campagne de mesure, les vents les plus forts ont bien été de ce secteur pour environ 53 % des vents.

La vitesse des vents est en majorité faible à modérée (60 % des situations), c'est-à-dire inférieure à 4,5 m/s (16 km/h). Les vents représentent 10 % des situations (hors rafale) et sont tous de secteurs Ouest à Sud.

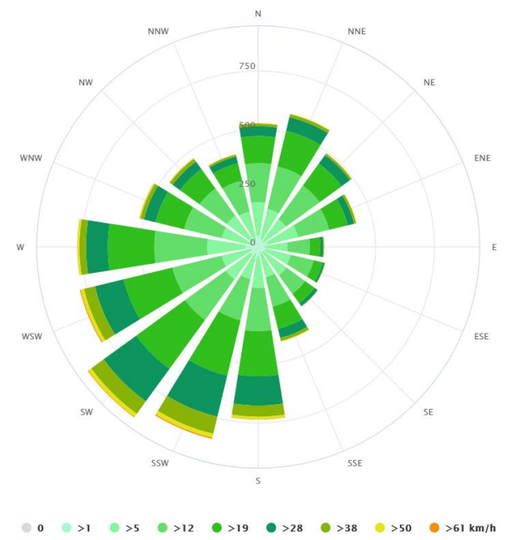
Dans l'ensemble, les vents ont été plutôt favorables à la dispersion des polluants à partir du 20 janvier et moins favorables en début de campagne de mesures.

FIGURE 69 – ROSES DES VENTS DE LA CAMPAGNE DE MESURES EGIS ET DES NORMALES SUR 30 ANS POUR LA STATION MÉTÉO CAEN – CARPIQUET

Source : Météo France – Météo Blue



Campagne du 8 janvier au 5 février 2024



Normales sur 30 ans

2.3.4.4 - Résultats des mesures et interprétation

2.3.4.4.1 - Résultats

Les teneurs en dioxyde d'azote relevées lors des campagnes de mesures sont présentées dans le Tableau 18.

Le capteur pour le site 01 n'a pas été retrouvé, à l'issue de la première quinzaine de la campagne de mesures. La valeur attribuée à ce site correspond au résultat de la mesure effectuée durant la seconde quinzaine de la campagne.

TABLEAU 18 – RÉSULTATS DES MESURES *IN SITU* DE LA QUALITÉ DE L'AIR – DIOXYDE D'AZOTE

Nom	Environnement	Influence		Campagne 8 janvier au 5 février 2024
Site 01	Périurbain	Trafic		16.7
Site 02	Périurbain	Trafic		31.8
Site 03	Périurbain	Fond		22.0
Site 04	Périurbain	Fond		19.2
Site 05	Périurbain	Trafic		22.9
Site 06	Périurbain	Fond		22.0
Site 07	Urbain	Fond		19.7
Site 08	Urbain	Fond		17.9
Site 09	Urbain	Fond		19.6
Site 10	Urbain	Fond		20.3
Site 11	Urbain	Trafic		35.9
Site 12	Urbain	Trafic		25.1
Site 13	Urbain	Fond		21.2
			Capteur 1	25.4
Site 14	Périurbain	Fond	Capteur 2	23.0
			Moyenne	24.2
Site 15	Périurbain	Fond		25.6
Site 16	Périurbain	Trafic		26.5
Site 17	Périurbain	Trafic		30.1
Site 18	Périurbain	Fond		21.7

Source : Egis

2.3.4.4.2 - Blancs de transport :

Un blanc de transport a été utilisé lors de la campagne de mesures. Ce blanc de transport est un capteur de dioxyde d'azote, identique à ceux placé sur le terrain. Il est transporté par le technicien, lors de la pose et de la dépose des capteurs. Il est demeuré toujours hermétiquement fermé et ainsi n'est jamais exposé à l'air ambiant.

Le laboratoire PASSAM Ag n'a pas relevé de présence de dioxyde d'azote pour ce capteur au-delà du seuil de quantification de 0,6 µg/m³, signifiant ainsi que ce capteur n'a subi aucune contamination accidentelle pendant les différentes phases de transport.

Par extension, on en déduit qu'il en est de même pour tous les capteurs exposés *in situ*. Les valeurs relevées pour ces capteurs sont donc uniquement liées à l'environnement dans lequel ils étaient placés.

2.3.4.4.3 - Doublon :

Un doublon de dioxyde d'azote a été positionné sur le site 14, c'est-à-dire que la boîte de protection contenait deux capteurs lors de la même période de mesure.

L'écart mesuré pour la première quinzaine de mesures est de 1,9 µg/m³ (6,5 %). Cet écart étant inférieur à l'incertitude de 20,3 %, la mesure effectuée par un capteur est considérée suffisante et fiable.

L'écart mesuré pour la seconde quinzaine de mesures est de 2,9 µg/m³ (13,3 %). Cet écart étant inférieur à l'incertitude de 20,3 %, la mesure effectuée par un capteur est considérée suffisante et fiable.

Sur l'ensemble de la campagne de mesures, toutes les valeurs peuvent ainsi être retenues.

2.3.4.4.4 - Interprétation des résultats :

Au regard des valeurs moyennes mesurées, les teneurs en dioxyde d'azote relevées lors de la campagne de mesures sont comprises entre 16,7 µg/m³ (site 01 – une seule mesure) et 35,9 µg/m³ (site 11), dans un intervalle de valeurs assez large qui reflète bien l'influence des émissions polluantes locales et notamment celles du trafic routier (*Cf.* Tableau 18).

À proximité des axes routiers et sous l'influence directe des émissions polluantes induites par le trafic, les teneurs en dioxyde d'azote sont en moyenne de 27,0 µg/m³ (de 16,7 µg/m³ pour le site 01 à 35,9 µg/m³ pour le site 11) :

- Influence trafic – Environnement urbain : moyenne de 30,5 µg/m³ ;
- Influence trafic – Environnement périurbain : moyenne de 25,6 µg/m³.

En situation de fond, les teneurs en dioxyde d'azote sont moindres : de 17,9 µg/m³ (site 08) à 25,6 µg/m³ (site 15) avec une moyenne de 21,2 µg/m³.

Les sites de fond mesurent des teneurs plus faibles que les sites en proximité routière, confirmant que le dioxyde d'azote est un traceur de la pollution d'origine automobile.

2.3.4.4.5 - Comparaison aux mesures d'Atmo Normandie

Atmo Normandie dispose de 3 stations localisées dans ou à proximité de la zone étudiée : ***Caen Chemin Vert***, ***Caen Délivrande*** et ***Caen Vaucelles***.

Afin de réaliser une comparaison des mesures sur le dioxyde d'azote mesurés à la fois par Egis et Atmo Normandie sur la même période, un capteur passif de mesure du dioxyde d'azote (site 04) a été placé à proximité de la station Atmo Normandie ***Caen Chemin Vert*** (station urbaine de fond).

Le Tableau 19 présente les mesures réalisées par Egis et Atmo Normandie lors de la campagne de mesures.

Les valeurs mesurées font apparaitre un écart de 2,5 µg/m³ (13 %) entre la mesure Egis et la mesure Atmo Normandie. Cette différence, étant inférieure à l'incertitude de 20,3 %, la campagne de mesures Egis est cohérente avec les mesures d'Atmo Normandie.

TABLEAU 19 – COMPARAISON AUX MESURES D'ATMO NORMANDIE – DIOXYDE D'AZOTE EN MOYENNE DU 8 JANVIER AU 5 FÉVRIER 2024

Sites	Ambiance	Dioxyde d'azote	
Caen Chemin Vert	Fond urbain	16,7	*Valeur limite et Objectif de qualité en moyenne annuelle : 40 µg/m³*
Campagne Egis	Site 04	19,2	

Source : Egis - Passam - ATMO Normandie

2.3.4.4.6 - Comparaison aux normes en vigueur

À titre indicatif, les valeurs mesurées sur la campagne de mesures de janvier 2024 sont comparées à la valeur limite réglementaire en moyenne annuelle du dioxyde d'azote de 40 µg/m³. Celle-ci n'est dépassée sur aucun des sites de mesures Egis.

Toutefois, la concentration mesurée au droit du site 11 en situation de trafic (35,9 µg/m³ - place Gambetta) est assez proche de la valeur limite de 40 µg/m³. Des dépassements occasionnels au droit de ce site sont potentiellement envisageables, sans toutefois de dépassement de la valeur limite en moyenne annuelle.

La qualité de l'air, au regard des mesures dioxyde d'azote, est donc **satisfaisante** dans la zone étudiée.

2.4 - Synthèse de l'état initial

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'inscrit dans un environnement caractérisé principalement par des espaces urbains et périurbains avec une densité de population relativement élevée. Dans la bande d'étude définie le long du tracé du projet et autour de chaque voie du réseau routier retenu potentiellement impacté par les aménagements liés au projet, 59 établissements vulnérables ont été recensés, dont 22 sont situés au droit du projet.

À proximité du projet, l'AASQA ATMO Normandie dispose de trois stations permanentes de mesures en fond urbain et de proximité trafic, dont deux sont situées dans la bande d'étude (en gras) : la station urbaine de fond **Caen – Chemin Vert** et les stations urbaines de trafic Caen – Délivrande et **Caen – Vaucelles**. Ces stations ont mesuré des teneurs moyennes annuelles qui respectent les normes de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote, les PM10, les PM2,5 et l'ozone en 2022. À titre indicatif, les seuils recommandés par l'OMS sont dépassés pour le dioxyde d'azote sur les trois stations et pour les PM2,5 sur la station Caen – Chemin Vert.

Afin de caractériser plus finement la qualité de l'air à proximité du projet, une campagne de mesures a été réalisée en janvier 2024.

Sur tous les sites de mesures quel que soit la typologie de la mesure, toutes les teneurs moyennes en dioxyde d'azote sont inférieures à la valeur limite réglementaire (40 µg/m^3).

Au regard des résultats des campagnes de mesures menées en janvier 2024, la qualité de l'air est globalement satisfaisante sur la zone d'étude en fond urbain et périurbain.

Il est néanmoins important de noter que les normes réglementaires sont des moyennes annuelles. Or la campagne de mesures n'est pas représentative d'une année complète. La comparaison aux normes en vigueur est ainsi indicative.

3 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air se déroule en trois étapes :

- L'**évaluation des émissions polluantes** induites par le trafic routier sur le projet et les axes routiers impactés par le projet, y compris les émissions polluantes des autres projets existants ou approuvés présents dans la bande d'étude ;
- La **modélisation de la dispersion atmosphérique** pour le dioxyde d'azote et l'évaluation des teneurs en polluants dans l'air ambiant dans la bande d'étude ;
- La **comparaison de ces teneurs aux normes de qualité de l'air en vigueur**.

Le chapitre 3.1 - Méthodologie a pour objet de présenter l'ensemble des données, hypothèses et logiciels utilisés dans le cadre de cette évaluation. Les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre 3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air.

3.1 - Méthodologie

3.1.1 - Réseau routier et trafics

3.1.1.1 - Descriptif des trafics

Les données de trafics sont issues des études réalisées par Egis.

Le réseau routier retenu pour l'étude se compose, d'après la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA :

- Du projet routier retenu ;
- De l'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet :
  - Pour un TMJA > 5 000 véh/j les tronçons dont le trafic varie au minimum de ±10 % à l'horizon de mise en service ;
  - Pour un TMJA < 5 000 véh/j les tronçons dont le trafic varie au minimum de ±500 véh/j ;
- De l'ensemble des projets d'infrastructure routière existants ou approuvés présents dans la zone d'étude, même s'ils ne sont ni impactants pour le projet, ni impactés par celui-ci.

À l'horizon 2023, l'étude porte sur la situation actuelle nommée ***État initial*** (EI).

À l'horizon 2028, l'étude porte sur deux situations nommées :

- ***Fil de l'eau pour l'année 2028*** (FE2028), à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service sans la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer ;
- ***État projeté pour l'année 2028*** (EP2028), à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

À l'horizon 2048, l'étude porte sur deux situations nommées :

- ***Fil de l'eau pour l'année 2048*** (FE2048), à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service +20 ans sans la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer ;
- ***État projeté pour l'année 2048*** (EP2048), à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service +20 ans avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

Le réseau routier retenu est présenté de la Figure 70 à la Figure 74.

FIGURE 70 – TRAFICS DE L'ÉTAT INITIAL 2023 POUR LE RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis

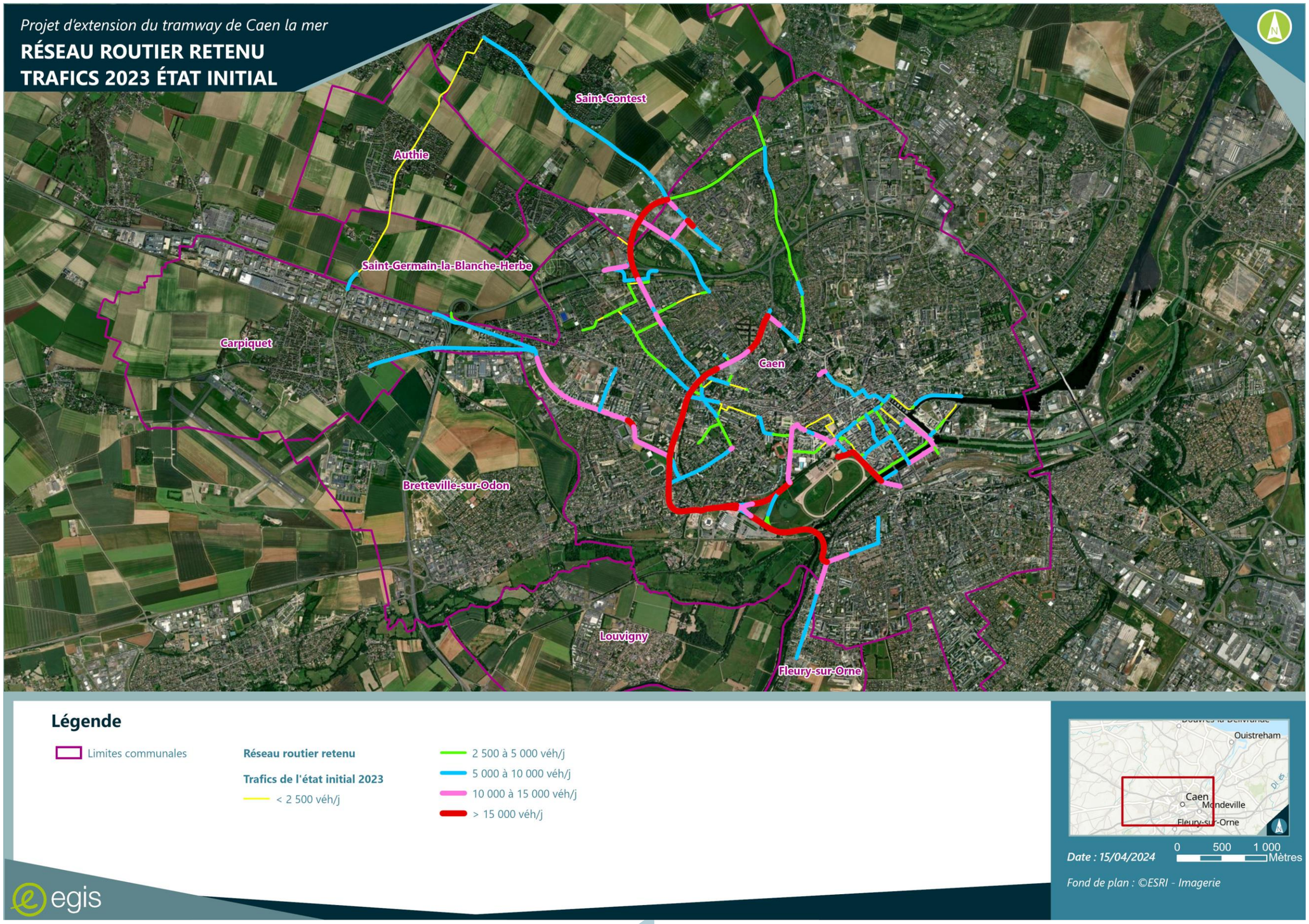


FIGURE 71 – TRAFICS DU FIL DE L'EAU 2028 POUR LE RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis

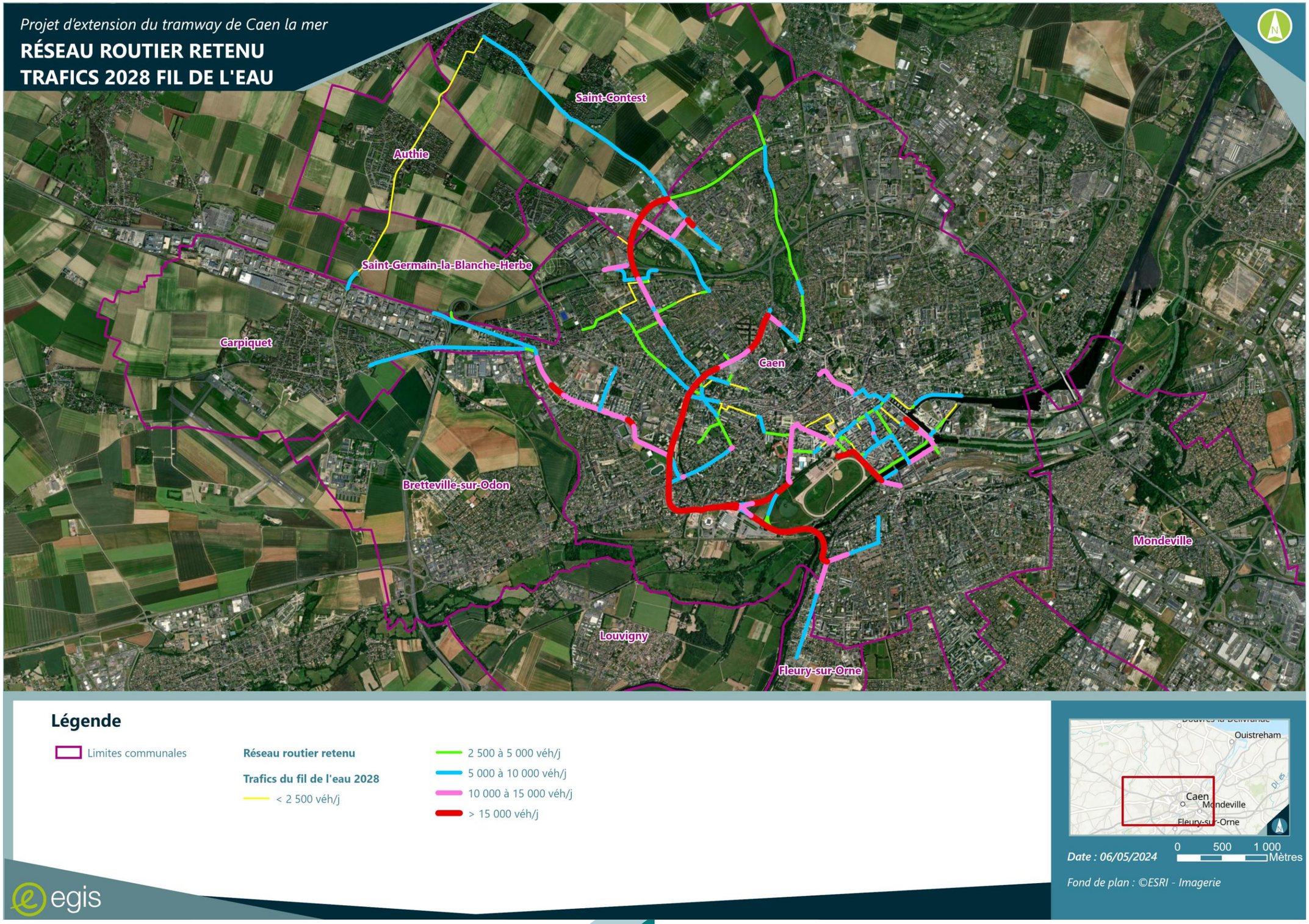


FIGURE 72 – TRAFICS DE L'ÉTAT PROJETÉ 2028 POUR LE RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis

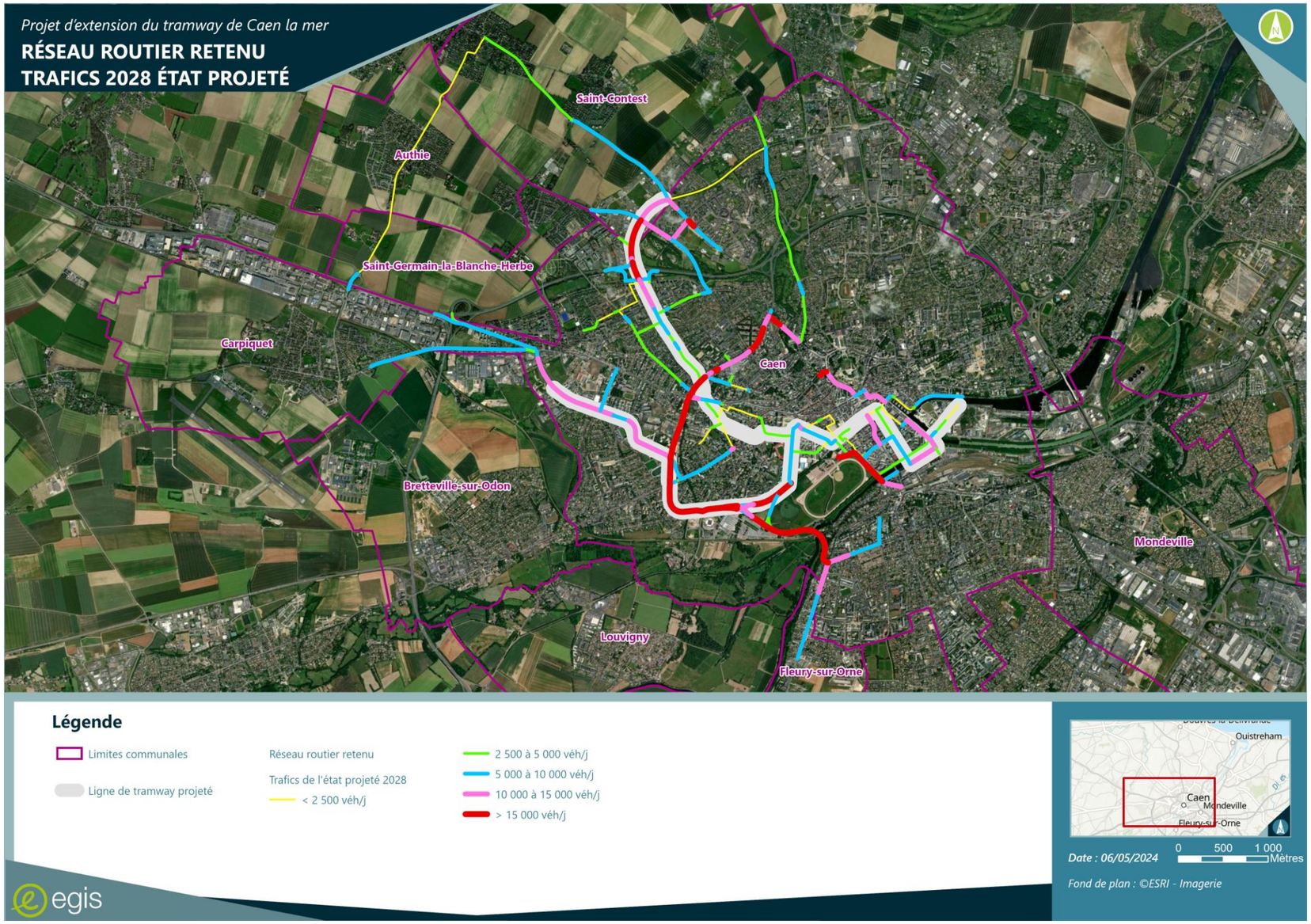


FIGURE 73 – TRAFICS DU FIL DE L'EAU 2048 POUR LE RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis

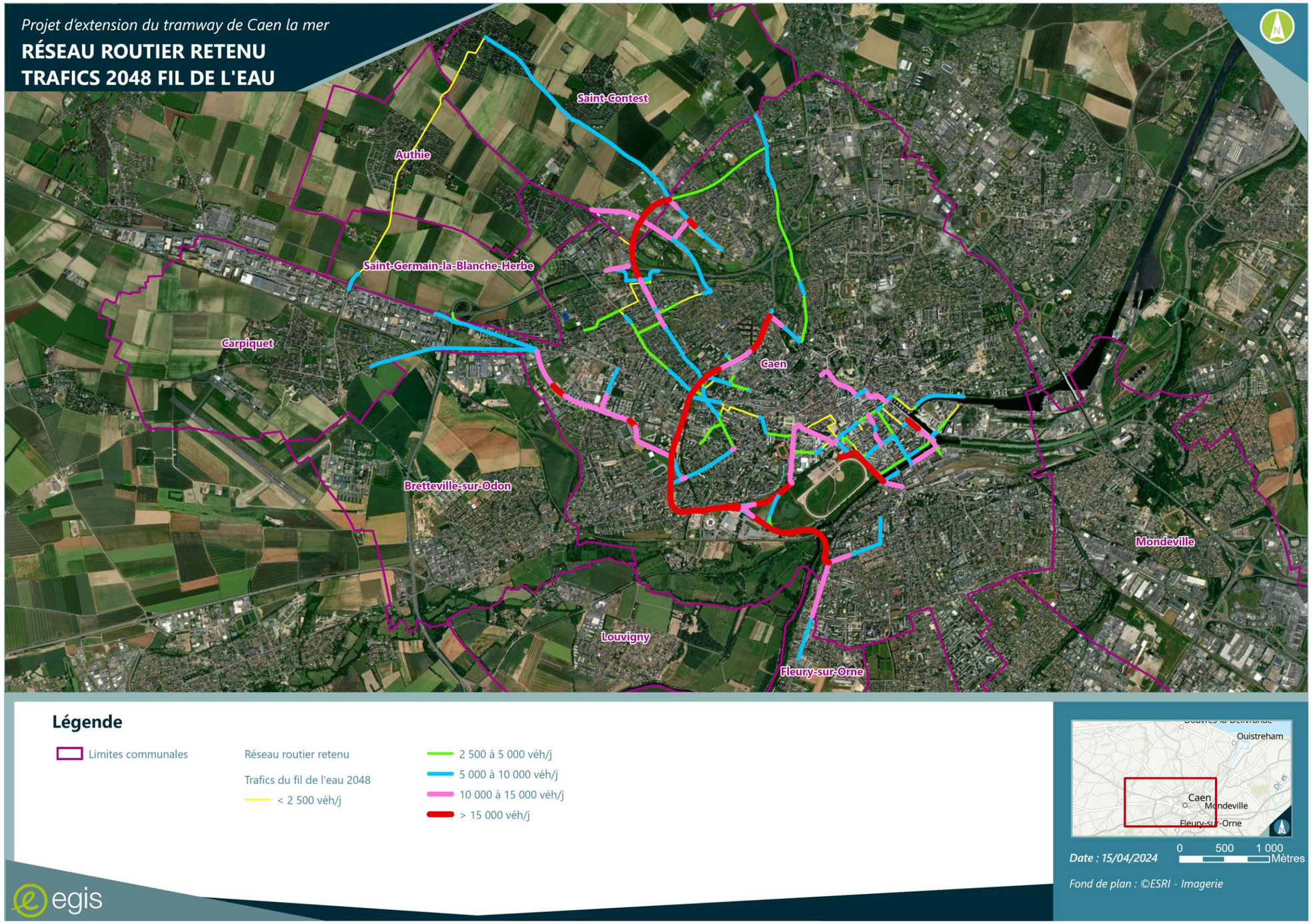
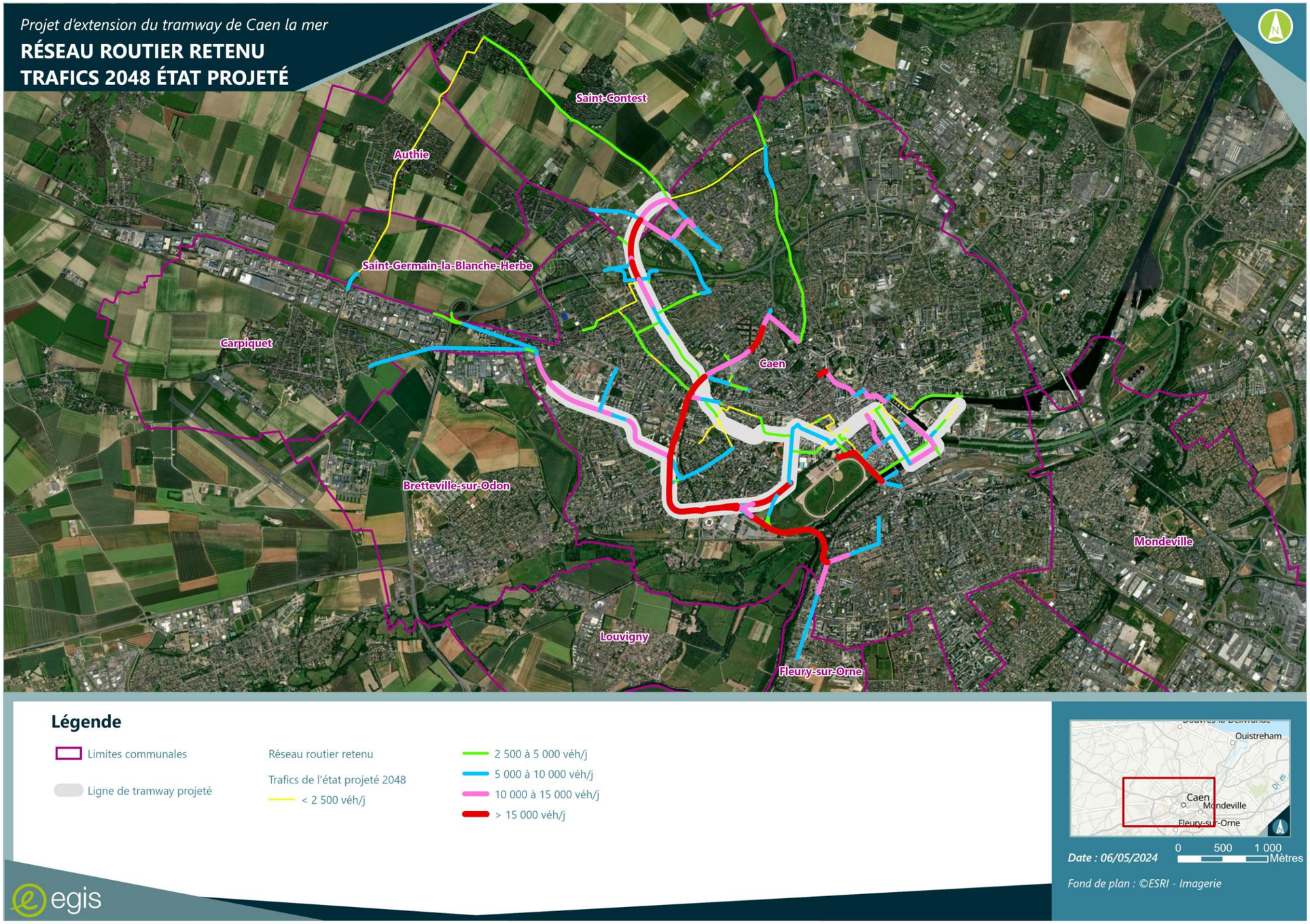


FIGURE 74 – TRAFICS DE L'ÉTAT PROJETÉ 2048 POUR LE RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis



Pour faciliter la compréhension et l'analyse des résultats, l'ensemble des tronçons a été réparti en 9 groupes détaillés au chapitre 9 - Annexe – Réseau routier retenu (du Tableau 50 au Tableau 58) et présentés sur la Figure 75 :

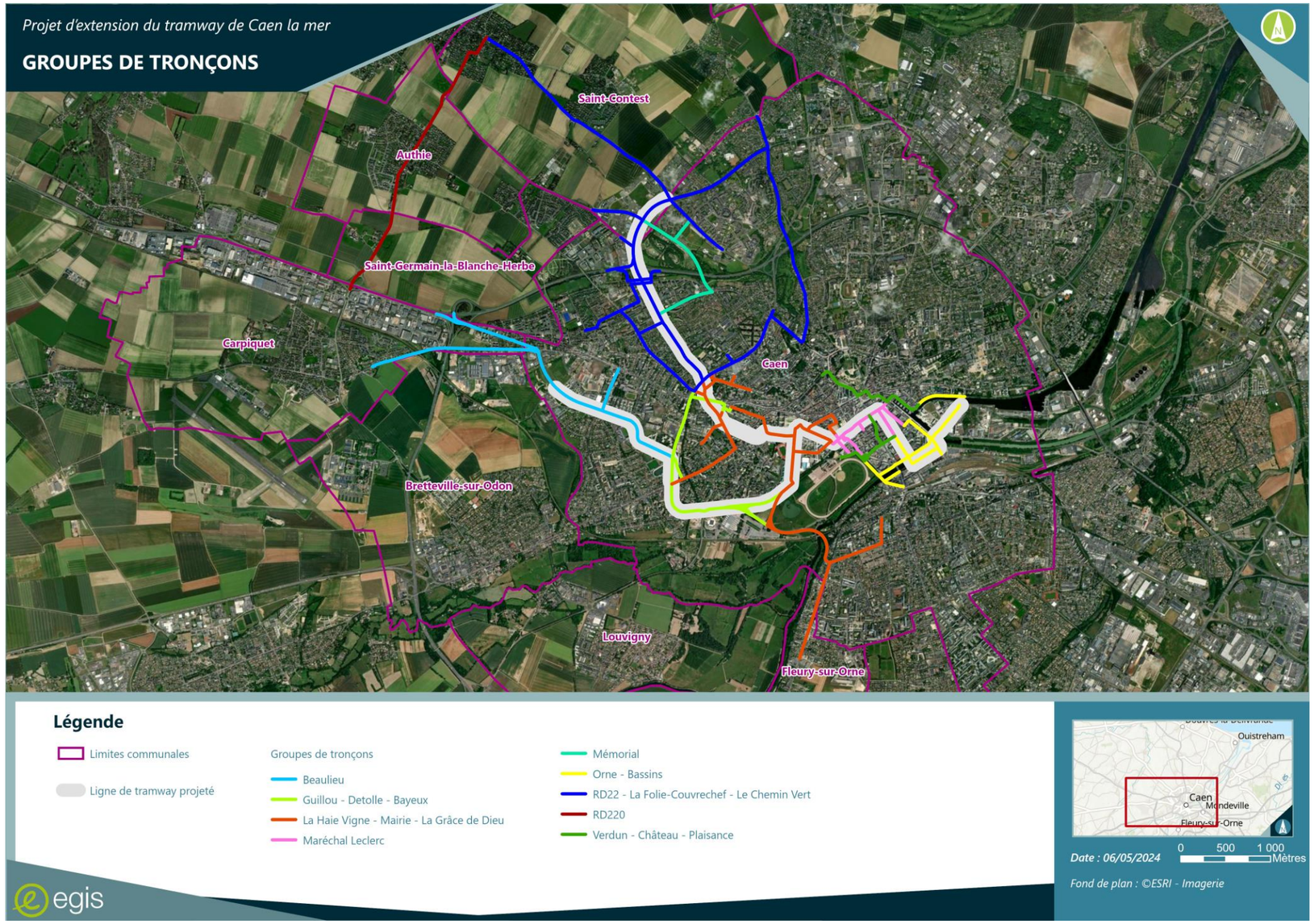
- Le groupe ***Beaulieu*** compte 22 tronçons et un linéaire total de 5,9 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 50) ;
- Le groupe ***Guillou – Detolle – Bayeux*** compte 30 tronçons et un linéaire total de 4,4 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 51) ;
- Le groupe ***La Haie Vigne – Mairie – La Grâce de Dieu*** compte 74 tronçons et un linéaire total de 9,9 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 69 tronçons et 9,4 km pour les scénarios avec projet (*Cf.* Tableau 52) ;
- Le groupe ***Mémorial*** compte 9 tronçons et un linéaire total de 2,1 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 53) ;
- Le groupe ***Maréchal Leclerc*** compte 29 tronçons et un linéaire total de 2,2 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 25 tronçons et 1,8 km pour les scénarios avec projet (*Cf.* Tableau 54) ;
- Le groupe ***Orne – Bassins*** compte 22 tronçons et un linéaire total de 3,8 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 55) ;
- Le groupe ***RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert*** compte 88 tronçons et un linéaire total de 16,2 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 87 tronçons et 16,1 km pour les scénarios avec projet (*Cf.*

Tableau 56) ;

- Le groupe ***RD220*** compte 14 tronçons et un linéaire total de 3,3 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 57) ;
- Le groupe ***Verdun - Château - Plaisance*** compte 30 tronçons et un linéaire total de 2,6 km pour tous les scénarios (*Cf.* Tableau 58).

FIGURE 75 – GROUPES DE TRONÇONS

Source : Egis



3.1.1.2 - Kilométrage parcouru

Le kilométrage parcouru[10] pour chacun des scénarios et les évolutions relatives sont présentés dans le Tableau 20. Des évolutions inférieures à ±5 % sont considérées comme peu significatives.

D'une manière générale, le kilométrage parcouru augmente faiblement entre l'état initial et les scénarios sans projet 2028 et 2048, respectivement +1 % et +3 % , comme le montre la Figure 76. En revanche, le kilométrage parcouru diminue entre les horizons sans projet et les horizons avec projet, davantage pour 2048 (-12 %) que pour 2028 (-7 %).

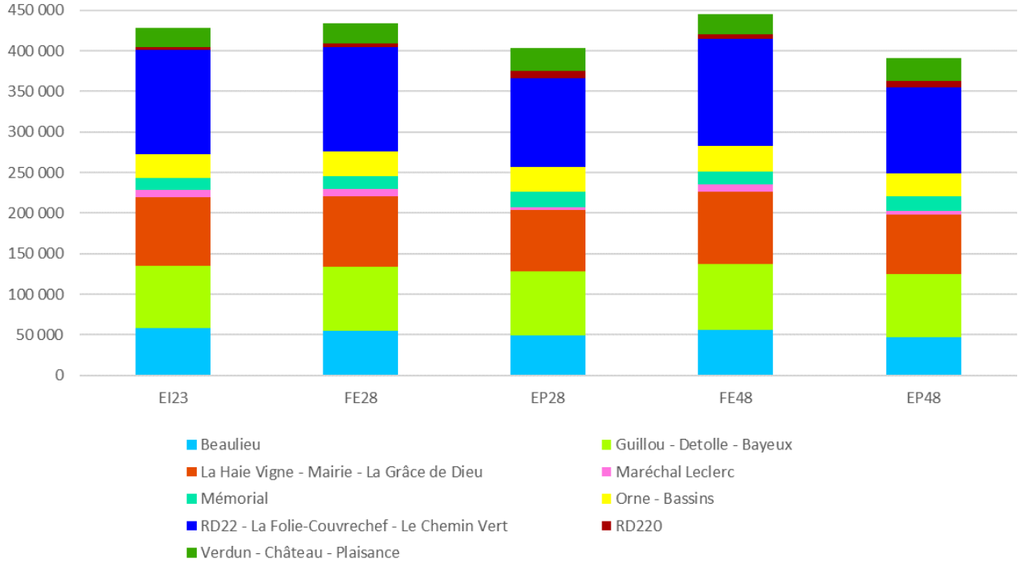
TABLEAU 20 – KILOMÉTRAGE PARCOURU

Groupes	Kilométrage parcouru					Evolution du kilométrage parcouru			
	EI23	FE28	EP28	FE48	EP48	(FE28-EI23)/EI23	(EP28-FE28)/FE28	(FE48-FE28)/FE28	(EP48-FE48)/FE48
Beaulieu	58 004	54 845	49 284	56 745	47 726	-5%	-10%	3%	-16%
Guillou - Detolle - Bayeux	77 383	79 089	78 873	80 751	76 949	2%	-0.3%	2%	-5%
La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	84 096	86 793	75 372	89 041	73 911	3%	-13%	3%	-17%
Mémorial	14 899	15 528	18 596	15 573	18 046	4%	20%	0.3%	16%
Maréchal Leclerc	9 005	8 991	4 159	9 193	4 030	-0.2%	-54%	2%	-56%
Orne - Bassins	28 913	30 296	30 249	31 006	28 589	5%	-0.2%	2%	-8%
RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	128 438	128 829	110 033	132 943	105 607	0.3%	-15%	3%	-21%
RD220	4 243	4 602	8 324	4 754	8 083	8%	81%	3%	70%
Verdun - Château - Plaisance	22 793	24 686	28 608	25 575	28 364	8%	16%	4%	11%
TOTAL	**427 774**	**433 659**	**403 498**	**445 581**	**391 306**	**1%**	**-7%**	**3%**	**-12%**

Source : Egis

FIGURE 76 – ÉVOLUTION DU KILOMÉTRAGE PARCOURU

Source : Egis



[10] *Le kilométrage parcouru correspond, pour un tronçon donné, au produit du trafic (TMJA) et de la distance parcourue.*

Comparaison ***État initial*** 2023 versus ***Fil de l'eau*** 2028

Sur la base de ces trafics et sans la réalisation du projet, le kilométrage globalement parcouru entre l'***État initial*** 2023 et le ***Fil de l'eau*** 2028 augmenterait de +1 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, le kilométrage parcouru présente les évolutions suivantes en fonction des groupes de tronçons :

- Diminution faible pour le groupe *Beaulieu* (-5 %) ;
- Évolution non significative pour les groupes *Maréchal Leclerc* (-0,2 %) et *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (+0,3 %) ;
- Augmentation faible pour 6 groupes : *Guillou - Detolle - Bayeux* (+2 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (+3 %), *Mémorial* (+4 %), *Orne – Bassins* (+5 %), *RD220* (+8 %) et *Verdun - Château - Plaisance* (+8 %).

Comparaison ***Fil de l'eau*** 2028 versus ***Fil de l'eau*** 2048

Sur la base de ces trafics et sans la réalisation du projet, le kilométrage globalement parcouru entre le ***Fil de l'eau*** 2028 et le ***Fil de l'eau*** 2048 augmenterait de +3 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, le kilométrage parcouru présente les évolutions suivantes en fonction des groupes de tronçons :

- Évolution non significative pour le groupe *Mémorial* (+0,3 %) ;
- Augmentation faible pour 8 groupes : *Guillou - Detolle – Bayeux*, *Maréchal Leclerc* et *Orne – Bassins* (+2 %), *Beaulieu*, *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu*, *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* et *RD220* (+3 %) et *Verdun - Château - Plaisance* (+4 %).

Comparaison ***Fil de l'eau*** 2028 versus ***État projeté*** 2028

Sur la base de ces trafics et avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer, le kilométrage parcouru entre le ***Fil de l'eau*** 2028 et l'***État projeté*** 2028 diminuerait de -7 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, le kilométrage parcouru présente les évolutions suivantes en fonction des groupes de tronçons :

- Diminution très forte pour le groupe *Maréchal Leclerc* (-54 %) ;
- Diminution modérée pour 3 groupes : *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (-15 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (-13 %) et *Beaulieu* (-10 %) ;
- Évolution non significative pour 2 groupes : *Guillou - Detolle – Bayeux* (-0,3 %) et *Orne – Bassins* (-0,2 %) ;
- Augmentation modérée pour 2 groupes : *Verdun - Château - Plaisance* (+16 %) et *Mémorial* (+20 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe *RD220* (+81 %).

Comparaison ***Fil de l'eau*** 2048 versus ***État projeté*** 2048

Sur la base de ces trafics et avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer, le kilométrage parcouru entre le ***Fil de l'eau*** 2048 et l'***État projeté*** 2048 diminuerait de -12 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, le kilométrage parcouru présente les évolutions suivantes en fonction des groupes de tronçons :

- Diminution très forte pour le groupe *Maréchal Leclerc* (-56 %) ;
- Diminution modérée pour 3 groupes : *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (-21 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (-17 %) et *Beaulieu* (-16 %) ;
- Diminution faible pour 2 groupes : *Orne – Bassins* (-8 %) et *Guillou - Detolle – Bayeux* (-5 %) ;
- Augmentation modérée pour 2 groupes : *Verdun - Château - Plaisance* (+11 %) et *Mémorial* (+16 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe *RD220* (+70 %).

[11] *En l'absence de parc roulant disponible pour l'année 2055, le parc roulant 2050 a été retenu.*

3.1.2 - Évaluation des émissions routières

Les émissions routières ont été évaluées selon la méthodologie COPERT (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Transport), dans sa version **COPERT 5**.

Le développement de COPERT est réalisé par EMISIA SA pour l'Agence Européenne pour l'Environnement (EEA) dans le cadre du consortium European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation.

Cette méthodologie comprend une bibliothèque de facteurs d'émissions unitaires qui expriment la quantité de polluants émis par un véhicule donné, sur un parcours donné d'un kilomètre, pour une année donnée. Ces facteurs d'émissions unitaires, exprimés en g/km, sont fonction de la catégorie du véhicule (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus, *etc.*), de son mode de carburation (essence, diesel), de sa cylindrée (ou de son poids total autorisé en charge pour les poids lourds), de sa date de mise en circulation (normes Euro) et de son âge, de sa vitesse et des conditions de circulation. Toutes ces caractéristiques sont déterminées par des parcs roulants. Pour déterminer ces émissions unitaires, des mesures des émissions sont effectuées en laboratoire pour différents cycles représentatifs de conditions réelles de circulation.

Concernant les particules, le calcul des émissions tient compte des émissions à l'échappement, ainsi que de celles provenant de l'abrasion des freins, des pneus, des routes. Actuellement, la méthodologie COPERT 5 n'inclue pas la mise en re suspension des particules (PM10 et PM2,5).

Les parcs retenus sont les parcs roulants de l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux) de 2023, de 2028 et de 2048. Ces parcs ont été conçus à partir de travaux de recherche du début des années 2000 et sont régulièrement mis à jour. La dernière mise à jour a été réalisée en 2022 et couvre une période qui s'étend de 1970 à 2050[11].

Les parcs de l'IFSTTAR sont adaptés à la structure de calcul des émissions de l'outil COPERT 5.

L'évaluation des émissions routières reposent sur trois critères spécifiques présentant chacun un certain nombre d'incertitudes :

- Le trafic routier retenu sur le réseau routier étudié ;
- Les facteurs d'émissions sont incertains ou agrégés et ne prennent pas en compte avec assez de précision les spécificités locales (conditions météorologiques, topographie et état des routes, etc.) ou unitaires des véhicules (entretien, type de conduite, *etc.* ;
- Les parcs roulants sont représentatifs des données nationales et ne considèrent pas les spécificités d'ancienneté, de typologie et d'usage relatives à la sectorisation géographique (Paris et les petites et grandes couronnes franciliennes *vs* les secteurs ruraux hors agglomération, par exemple). Par ailleurs, les parcs prévisionnels reposent sur des anticipations statistiquement probables mais souvent altérées *a posteriori* par des évolutions conjoncturelles, politiques et sociétales.

Le cumul de ces incertitudes doit conduire à utiliser les valeurs déterminées avec prudence en favorisant davantage une analyse relative des résultats plutôt qu'une analyse absolue.

Malgré les incertitudes existantes sur les résultats, **la méthodologie COPERT constitue, à ce jour, la référence en termes d'évaluation des émissions routières et son utilisation fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau européen.**

3.1.3 - Évaluation des teneurs en polluants

La dispersion des polluants et l'évaluation de leurs concentrations dans l'air ambiant ont été réalisées avec le modèle ADMS Roads v.5. Ce logiciel est un modèle de dispersion atmosphérique gaussien, dit de seconde génération, qui repose sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine de la qualité de l'air.

Utilisé, reconnu et validé en France et à l'international (plus de 1 000 utilisateurs), il bénéficie des résultats d'un groupe de chercheurs de Cambridge, le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), qui le développent depuis 1993. Il permet d'évaluer les teneurs des polluants réglementés en prenant en compte les effets complexes impliqués dans la dispersion atmosphérique : l'influence de la topographie, les effets « canyon », la description verticale de la turbulence atmosphérique, la nature des sols (rugosité), les phénomènes météorologiques complexes.

Ce modèle permet ainsi de répondre de manière complète à l'objectif de l'étude : estimation des concentrations moyennes annuelles, comparaison aux valeurs seuils définies dans la réglementation et estimation de l'exposition de la population.

Les données météorologiques utilisées reposent sur des systèmes standards de métrologie utilisées par les acteurs mondiaux de ce secteur, dont Météo France, en particulier, pour le territoire français. Cette métrologie est effectuée avec des équipements régulièrement contrôlés et calibrés afin de réduire la plus possible l'incertitude liée aux mesures.

Toutefois, les données météorologiques mesurées en un point donné ne peuvent être strictement représentatives que de ce site, sur le plan géographique, et que lors des mesures, sur le plan temporel. Étendre les valeurs mesurées à des sites proches et de nature similaire, de même qu'extrapoler les mesures à des périodes (jours, mois, année) crée obligatoirement une approximation, toutefois acceptable dans la présente étude.

Par ailleurs, ces données météorologiques fluctuent d'une année sur l'autre et les données d'une année particulière ne sauraient refléter le changement climatique en cours, ni anticiper sur les conditions météorologiques des années de mise en service (2028) et de mise en service + 20 ans (2048). L'usage d'un contexte météorologique identique pour les cinq scénarios crée donc un biais par rapport à la réalité, mais permet d'optimiser la comparaison de ces scénarios en s'affranchissant du critère météo.

Au-delà de l'incertitude liée à la météorologie retenue, les modèles gaussiens (dont ADMS, utilisé pour cette étude) présentent des limites pour les secteurs très proches des sources du fait de la turbulence importante inhérente à la création du panache de pollution et pour les secteurs très éloignés pour lesquels les proportions très faibles des polluants dans l'air sont difficilement quantifiables.

Dans les paramètres principaux utilisés par les modèles gaussiens, outre les émissions évoquées au paragraphe précédent et la météorologie (vent, stabilité atmosphérique) mentionnée ci-dessus, la rugosité a un rôle important. Elle permet de définir l'interaction des types de sol sur les écoulements des flux d'air : une surface importante d'eau (mer, lac) entravera très peu les déplacements des masses d'air, *a contrario* une futaie élevée ou les bâtiments d'une ville perturberont fortement les mouvements d'air et par conséquent la dispersion des polluants. Le plus souvent, une rugosité moyenne est retenue pour les modélisations de dispersion des polluants (c'est le cas dans la présente étude), mais la différenciation des typologies des sols peut s'avérer nécessaire pour des zones d'étude dont l'occupation des sols est très disparate, en termes de valeurs de rugosité. Mais quelle que soit la méthodologie retenue de détermination de la rugosité, l'approche demeure globale et ne tient pas compte précisément de l'échelle locale (haies, bâtiments, *etc*.).

Un autre critère, spécifique à ADMS, peut engendrer une nouvelle incertitude pouvant parfois être très importante. Il s'agit de la non-prise en compte des vents calmes (< 0.75 m/s) dans les calculs de modélisation. Dans certains contextes géographiques, cette proportion d'observations peut être majoritaire et conséquemment altérer les résultats de la dispersion. La version d'ADMS utilisée permet néanmoins de prendre en compte ces situations de vents calmes en utilisant des niveaux moyens de vents au droit des effluents.

Enfin, les valeurs de fond retenues pour les polluants proviennent de l'analyse des campagnes de mesure par capteurs passifs et également des valeurs mesurées par l'AASQA locale pour les polluants et les stations disponibles. Le report des incertitudes lié aux mesures est ainsi transféré sur les évaluations des concentrations.

Comme pour les calculs d'émissions, les différentes incertitudes précisées ci-dessus ne permettent de pouvoir afficher avec exactitude des niveaux de concentration des polluants dans l'atmosphère. L'analyse permettra toutefois une analyse relative précise et juste entre les scénarios étudiés.

Les conditions d'utilisation du modèle et les paramètres retenus dans le cadre de cette étude sont présentés dans le Tableau 21.

TABLEAU 21 – PRINCIPAUX PARAMÈTRES POUR LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE DANS ADMS ROADS

Résolution

La grille de calcul se compose d'un maillage régulier fin sur l'agglomération de Caen de 5 850 points, soit une résolution de 100 m.

À proximité des axes routiers, ce maillage a été affiné avec l'ajout de 4 696 points de maillage placés sous forme de transects de part et d'autre du linéaire étudié pour l'état initial 2023 (4 696 points), les fils de l'eau 2028 et 2048 (4 696 points) et les états projetés 2028 et 2048 (4 904 points).

Les teneurs en polluant ont été évaluées en chaque point de cette grille.

Nature des sols

La nature des sols peut influencer la progression des panaches de polluants.

Dans le cadre de cette étude, la nature des sols a été caractérisée par une rugosité de 0,5 mètre sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette rugosité correspond à des zones urbaines à périurbaines.

Topographie

Compte tenu du relief peu marqué sur la zone d'étude, la topographie du site n'a été prise en compte dans le calcul de la dispersion atmosphérique.

Caractéristiques des polluants étudiés

Les polluants de type gazeux (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et benzène, etc.) ont été assimilés à des gaz passifs. Les particules et les métaux lourds ont été assimilés à des particules d'une densité de 5 000 kg/m^3 et de diamètres respectifs 10 µm et 2,5 µm.

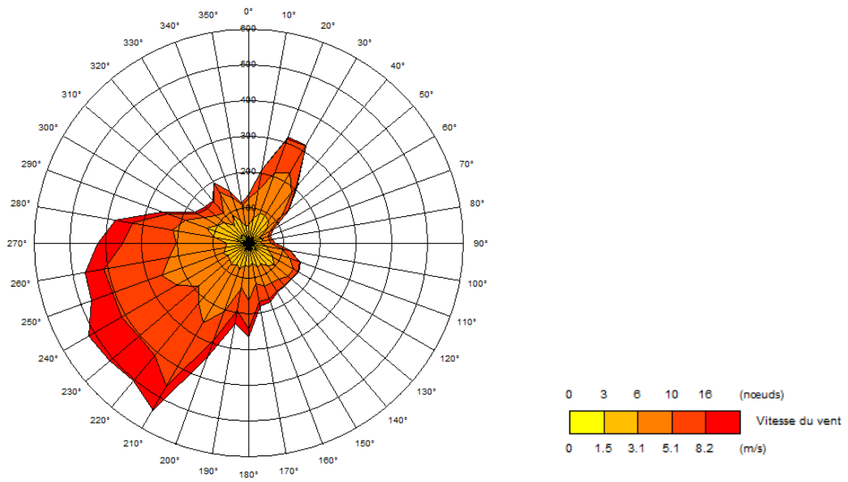
Teneurs de fond

Les teneurs de fond retenues correspondent aux teneurs moyennes de fond urbain mesurées en 2022 par Atmo Normandie à la station de Caen Chemin Vert.

- Dioxyde d'azote : 11,6 µg/m^3
- Particules PM_{10} : 13,7 µg/m^3
- Particules $PM_{2,5}$: 8,8 µg/m^3

Météorologie

Afin de décrire au mieux les conditions de dispersion, l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant s'est appuyée sur les données météorologiques tri-horaires (température, direction et vitesse du vent, nébulosité pour appréhender la stabilité Atmosphérique) relevées sur la station Météo France de Caen Carpiquet pour l'année 2023, année représentative des moyennes saisonnières.



Rose des vents pour la station de Caen Carpiquet - année 2023

Source : Egis - Météo France

3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air

3.2.1 - Bilan des émissions routières sur le domaine d'étude

Les émissions routières ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier, aux horizons 2023 pour l'***État initial*** (EI23), 2028 pour le ***Fil de l'eau 2028*** (FE28) et l'***État projeté 2028*** (EP28) et 2048 pour le ***Fil de l'eaun2048*** (FE48) et l'***État projeté 2048*** (EP48).

3.2.1.1 - Analyse comparative des bilans des émissions entre l'État initial 2023 et le Fil de l'eau à l'horizon 2028

Les bilans des émissions routières aux horizons 2023 (***État initial***) et 2028 sans projet (***Fil de l'eau 2025***) sont présentés dans le Tableau 22 et le Tableau 23. Dans ce second tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'***État initial 2023*** et le ***Fil de l'eau 2028*** (noté $(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$).

L'analyse comparative des émissions polluantes à ces deux horizons met en évidence une diminution moyenne de -21 % des émissions en polluants, pour l'ensemble des groupes de tronçons. Cette variation de -21 % correspond à une diminution modérée des émissions de polluants. Cette diminution moyenne cache des différences selon les polluants :

- Diminution très forte pour le benzène (-130g/j soit -60 %) et les COVNM (-3 113 g/j soit -54 %) ;
- Diminution forte pour le monoxyde de carbone (-46 kg/j soit -32 %) et le dioxyde d'azote (-19 kg/j soit -31 %) ;
- Diminution modérée pour les particules PM2,5 (-1,85 kg/j soit -16 %), le benzo(a)pyrène (-71 mg/j soit -13 %) et les particules PM10 (-1,82 kg/j soit -11 %) ;
- Diminution non significative pour l'arsenic (-36 ng/j soit -1 %) ;
- Augmentation non significative pour le dioxyde de soufre (+12 g/j soit +1 %) ;
- Augmentation faible pour le nickel (+853 ng/j soit +4 %).

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons présentent une bonne homogénéité et sont comprises entre -26 % pour le groupe *Beaulieu* et -15 % pour les groupes *RD220* et *Verdun – Château – Plaisance*.

Les émissions routières diminuent donc pour la plupart des polluants, malgré l'augmentation du kilométrage parcouru (+1 %). Ces résultats montrent les effets positifs liés aux améliorations technologiques (généralisation du pot catalytique, reformulation des carburants, *etc.*). Le renouvellement du parc roulant est un facteur important de réductions des pollutions atmosphériques.

TABLEAU 22 – BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT INITIAL – 2023

	Groupe de tronçons									TOTAL
	Beaulieu	Guillou - Detolle - Bayeux	La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	Maréchal Leclerc	Mémorial	Orne - Bassins	RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	RD220	Verdun - Château - Plaisance	
					Emissions en kg/j					
Dioxyde d'azote	7.3	9.8	11.0	1.2	1.9	11.2	16.1	0.6	2.9	**62**
Monoxyde de carbone	16.7	22.9	24.3	2.5	4.4	24.9	39.7	1.7	6.7	**144**
PM10	2.0	2.7	3.1	0.3	0.5	3.1	4.3	0.1	0.8	**17**
PM2,5	1.3	1.8	2.1	0.2	0.3	2.1	2.9	0.1	0.5	**11**
					Emissions en g/j					
COVNM	667.1	934.0	1 037.9	108.8	170.9	1 032.2	1 492.8	55.8	270.2	**5 770**
Benzène	25.2	34.5	38.4	4.2	6.7	38.6	56.6	2.2	10.2	**217**
Dioxyde de soufre	117.2	158.1	176.6	19.1	30.1	179.2	258.0	9.1	46.4	**994**
					Emissions en mg/j					
Benzo(a)pyrène	64.0	85.1	92.6	9.9	16.4	95.8	141.6	4.68	25.1	**535**
Arsenic	0.52	0.71	0.79	0.08	0.13	0.80	1.15	0.04	0.21	**4.4**
Nickel	2.83	3.80	4.25	0.47	0.73	4.32	6.21	0.22	1.12	**23.9**

Source : Egis

TABLEAU 23 – BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES AU FIL DE L'EAU – 2028

		Groupe de tronçons									TOTAL
		Beaulieu	Guillou - Detolle - Bayeux	La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	Maréchal Leclerc	Mémorial	Orne - Bassins	RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	RD220	Verdun - Château - Plaisance	
Emissions en kg/j											
Dioxyde d'azote		4.8	6.9	7.8	0.8	1.4	7.6	11.1	0.4	2.1	**43**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-35%	-30%	-29%	-31%	-28%	-32%	-31%	-25%	-25%	***-31%***
Monoxyde de carbone		10.6	15.7	17.0	1.7	3.1	16.5	26.8	1.2	4.9	**97**
	$(FE_{25}-EI_{16})/EI_{16}$	-36%	-31%	-30%	-32%	-30%	-34%	-32%	-28%	-27%	***-32%***
PM10		1.7	2.5	2.8	0.3	0.5	2.7	3.8	0.1	0.8	**15**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-16%	-9%	-8%	-11%	-7%	-13%	-11%	-5%	-4%	***-11%***
PM2,5		1.1	1.6	1.8	0.2	0.3	1.7	2.4	0.1	0.5	**10**
	$(FE_{25}-EI_{16})/EI_{16}$	-21%	-15%	-14%	-16%	-13%	-18%	-17%	-11%	-10%	***-16%***
Emissions en g/j											
COVNM		281.7	448.0	489.0	45.9	77.1	454.9	697.9	28.4	134.2	**2 657**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-58%	-52%	-53%	-58%	-55%	-56%	-53%	-49%	-50%	***-54%***
Benzène		9.5	14.0	15.6	1.6	2.8	14.9	22.9	1.0	4.4	**87**
	$(FE_{25}-EI_{16})/EI_{16}$	-63%	-59%	-59%	-61%	-59%	-61%	-59%	-55%	-57%	***-60%***
Dioxyde de soufre		111.5	162.4	182.8	19.2	31.6	176.6	260.9	9.9	50.5	**1 005**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-5%	3%	4%	0.4%	5%	-1%	1%	9%	9%	***1%***
Emissions en mg/j											
Benzo(a)pyrène		52.2	75.1	82.4	8.5	14.8	80.9	122.4	4.37	23.4	**464**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-18%	-12%	-11%	-14%	-10%	-16%	-14%	-6%	-7%	***-13%***
Arsenic		0.49	0.71	0.80	0.08	0.14	0.77	1.14	0.04	0.22	**4.4**
	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	-7%	1%	2%	-2%	3%	-3%	-1%	7%	7%	***-1%***
Nickel		2.75	3.99	4.50	0.48	0.79	4.36	6.43	0.25	1.24	**24.8**
	$(FE_{25}-EI_{16})/EI_{16}$	-3%	5%	6%	3%	7%	1%	4%	12%	11%	***4%***

Source : Egis

3.2.1.2 - Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2028

Le bilan des émissions routières à l'horizon 2028 pour l'***État projeté 2028*** (EP), à savoir la situation avec la mise en service de l'extension du tramway de Caen la mer, est présenté dans le Tableau 24. Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'***État projeté 2028*** et le ***Fil de l'eau 2085*** (noté $(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$).

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2028 met en évidence des diminutions faibles de mêmes proportions (-7 %), quel que soit le polluant :

- Monoxyde de carbone -7 kg/j ;
- Dioxyde d'azote -3 kg/j ;
- PM10 -1,1 kg/j ;
- PM2,5 -687 g/j ;
- COVNM -188 g/j ;
- Dioxyde de soufre -73 g/j ;
- Benzène -6 g/j ;
- Benzo(a)pyrène -34 mg/j ;
- Nickel -1,8 mg/j ;
- Arsenic -320 ng/j.

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons sont différentes suivant les groupes de tronçons :

- Diminution très forte (-21 %) pour le groupe *Maréchal Leclerc* (-55 %) ;
- Diminution modérée pour les groupes *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (-15 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (-13 %) et *Beaulieu* (-10 %) ;
- Diminution faible pour le groupe *Orne – Bassins* (-6 %) ;
- Aucune évolution significative pour le groupe *Guillou - Detolle – Bayeux* ;
- Augmentation modérée pour les groupes *Verdun - Château – Plaisance* (+16 %) et *Mémorial* (+20 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe *RD220* (+81 %).

Les évolutions des émissions moyennes sont cohérentes avec les évolutions moyennes du kilométrage parcouru de -7 %.

TABLEAU 24 – BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT PROJETÉ – 2028

		Groupe de tronçons									TOTAL
		Beaulieu	Guillou - Detolle - Bayeux	La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	Maréchal Leclerc	Mémorial	Orne - Bassins	RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	RD220	Verdun - Château - Plaisance	
Emissions en kg/j											
Dioxyde d'azote		4.3	6.9	6.7	0.4	1.6	7.1	9.5	0.8	2.5	**40**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-55%	20%	-6%	-14%	84%	16%	***-7%***
Monoxyde de carbone		9.6	15.7	14.8	0.8	3.7	15.4	22.8	2.1	5.7	**90**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-52%	20%	-7%	-15%	71%	16%	***-7%***
PM10		1.5	2.5	2.4	0.1	0.6	2.5	3.3	0.3	0.9	**14**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-56%	20%	-6%	-14%	88%	16%	***-7%***
PM2,5		0.9	1.5	1.5	0.1	0.4	1.6	2.1	0.2	0.6	**9**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-56%	20%	-6%	-14%	88%	16%	***-7%***
Emissions en g/j											
COVNM		254.2	446.9	425.9	20.8	92.3	427.5	595.5	49.9	155.5	**2 469**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-55%	20%	-6%	-15%	76%	16%	***-7%***
Benzène		8.5	13.9	13.5	0.7	3.3	14.0	19.5	1.8	5.1	**80**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-54%	20%	-6%	-15%	76%	16%	***-7%***
Dioxyde de soufre		100.2	162.1	158.5	8.6	37.9	165.3	223.0	18.1	58.5	**932**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-55.2%	20%	-6%	-15%	83%	16%	***-7%***
Emissions en mg/j											
Benzo(a)pyrène		46.9	74.9	71.6	4.0	17.7	75.6	104.6	7.91	27.2	**430**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-54%	20%	-7%	-15%	81%	16%	***-7%***
Arsenic		0.44	0.71	0.69	0.04	0.16	0.72	0.98	0.08	0.26	**4.1**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-55%	20%	-6%	-15%	83%	16%	***-7%***
Nickel		2.47	3.98	3.90	0.21	0.94	4.08	5.49	0.45	1.44	**23.0**
	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	-10%	0%	-13%	-55%	20%	-6%	-15%	83%	16%	***-7%***

Source : Egis

3.2.1.3 - Analyse comparative des bilans des émissions entre le Fil de l'eau 2028 et le Fil de l'eau 2048

Le bilan des émissions routières à l'horizon 2048 sans projet (***Fil de l'eau 2048***) est présenté dans le Tableau 25. Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre le ***Fil de l'eau* 2028** et le ***Fil de l'eau* 2048** (noté $(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$).

L'analyse comparative des émissions polluantes à ces deux horizons met en évidence une diminution moyenne de -18 % des émissions en polluants, pour l'ensemble des groupes de tronçons. Cette variation de -18 % correspond à une diminution modérée des émissions de polluants. Cette diminution moyenne cache des différences selon les polluants :

- Diminution très forte pour le dioxyde d'azote (-37 kg/j soit -85 %) ;
- Diminution forte pour le benzo(a)pyrène (-216 mg/j soit -47 %) et le benzène (-34 g/j soit -39 %) ;
- Diminution modérée pour le monoxyde de carbone (-20 kg/j soit -20 %) et les particules PM2,5 (-1 476 g/j soit -15 %) ;
- Diminution faible pour les particules PM10 (-1,32 kg/j soit -9 %) ;
- Diminution non significative pour les COVNM (-17 g/j soit -1 %) ;
- Augmentation non significative pour le dioxyde de soufre (+12 g/j soit +1 %) ;
- Augmentation faible pour l'arsenic (+80 ng/j soit +2 %) ;
- Augmentation modérée pour le dioxyde de soufre (+103 g/j soit +10 %) et pour le nickel (+4,9 mg/j soit 20 %).

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons présentent une bonne homogénéité et sont comprises entre -22 % pour le groupe *Mémorial* et -18 % pour les groupes *Beaulieu*, *Guillou - Detolle – Bayeux*, *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* et *Verdun – Château – Plaisance*.

Les émissions routières diminuent donc pour la plupart des polluants, le plus souvent plus fortement que la diminution du kilométrage parcouru (-12 %). Ces résultats montrent les effets positifs liés aux améliorations technologiques (généralisation du pot catalytique, reformulation des carburants, *etc.*). Le renouvellement du parc roulant est un facteur important de réductions des pollutions atmosphériques.

TABLEAU 25 – BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES AU FIL DE L'EAU – 2048

		Groupe de tronçons									TOTAL
		Beaulieu	Guillou - Detolle - Bayeux	La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	Maréchal Leclerc	Mémorial	Orne - Bassins	RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	RD220	Verdun - Château - Plaisance	
Emissions en kg/j											
Dioxyde d'azote		0.7	1.0	1.1	0.1	0.2	1.1	1.6	0.1	0.3	**6**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-85%	-85%	-85%	-86%	-86%	-85%	-85%	-85%	-85%	***-85%***
Monoxyde de carbone		8.5	12.4	13.6	1.4	2.4	13.2	21.1	0.9	3.9	**78**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-20%	-21%	-20%	-18%	-22%	-20%	-21%	-22%	-20%	***-20%***
PM10		1.5	2.2	2.6	0.3	0.4	2.5	3.5	0.1	0.7	**14**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-8%	-9%	-9%	-9%	-11%	-8%	-8%	-8%	-8%	***-9%***
PM2,5		0.9	1.3	1.5	0.2	0.2	1.4	2.0	0.1	0.4	**8**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-15%	-16%	-15%	-16%	-18%	-15%	-15%	-15%	-15%	***-15%***
Emissions en g/j											
COVNM		269.8	472.9	489.7	37.2	64.3	441.0	703.6	25.4	136.0	**2 640**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-4%	6%	0.1%	-19%	-17%	-3%	1%	-11%	1%	***-1%***
Benzène		5.8	8.5	9.4	1.0	1.6	9.1	14.0	0.6	2.7	**53**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-39%	-39%	-40%	-40%	-41%	-39%	-39%	-40%	-39%	***-39%***
Dioxyde de soufre		123.9	177.5	200.2	21.0	34.1	194.8	289.5	11.0	56.1	**1 108**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	11%	9%	10%	9%	8%	10%	11%	11%	11%	***10%***
Emissions en mg/j											
Benzo(a)pyrène		27.9	39.9	44.0	4.5	7.6	43.2	65.6	2.34	12.6	**248**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-46%	-47%	-47%	-47%	-48%	-47%	-46%	-47%	-46%	***-47%***
Arsenic		0.50	0.72	0.81	0.08	0.14	0.79	1.17	0.04	0.23	**4.5**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	3%	1%	1%	1%	-0.4%	2%	2%	2%	3%	***2%***
Nickel		3.33	4.75	5.37	0.57	0.92	5.23	7.76	0.30	1.50	**29.7**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	21%	19%	19%	18%	17%	20%	21%	20%	21%	***20%***

Source : Egis

3.2.1.4 - Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2048

Le bilan des émissions routières à l'horizon 2048 pour l'***État projeté 2048*** (EP48), à savoir la situation avec la mise en service +20 ans de l'extension du tramway de Caen la mer, est présenté dans le Tableau 26. Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'***État projeté 2048*** et le ***Fil de l'eau 2048*** (noté $(EP_{48}-FE_{48})/FE_{48}$).

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2048 met en évidence des diminutions faibles de mêmes proportions (-13 %), quel que soit le polluant :

- Monoxyde de carbone -10 kg/j ;
- Dioxyde d'azote -1 kg/j ;
- PM10 -1,73 kg/j ;
- PM2,5 -1 kg/j ;
- COVNM -323 g/j ;
- Dioxyde de soufre -140 g/j ;
- Benzène -7 g/j ;
- Benzo(a)pyrène -31 mg/j ;
- Nickel -3,7 mg/j ;
- Arsenic -565 ng/j.

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons sont différentes suivant les groupes de tronçons :

- Diminution très forte (-21 %) pour le groupe *Maréchal Leclerc* (-57 %) ;
- Diminution modérée pour les groupes *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (-21 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (-17 %), *Beaulieu* (-16 %) et *Orne – Bassins* (-13 %) ;
- Diminution faible pour le groupe *Guillou - Detolle – Bayeux* (-5 %) ;
- Augmentation modérée pour les groupes *Verdun - Château – Plaisance* (+11 %) et *Mémorial* (+16 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe *RD220* (+70 %).

Les évolutions des moyennes des émissions sont cohérentes avec les évolutions moyennes du kilométrage parcouru de -12 %.

TABLEAU 26 – BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT PROJETÉ – 2048

		Groupe de tronçons									TOTAL
		Beaulieu	Guillou - Detolle - Bayeux	La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	Maréchal Leclerc	Mémorial	Orne - Bassins	RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	RD220	Verdun - Château - Plaisance	
Emissions en kg/j											
Dioxyde d'azote		0.6	1.0	0.9	0.1	0.2	1.0	1.3	0.1	0.4	**6**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-57%	16%	-13%	-21%	71%	11%	***-13%***
Monoxyde de carbone		7.2	11.8	11.3	0.6	2.8	11.5	16.7	1.5	4.3	**68**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-56%	16%	-13%	-21%	63%	11%	***-13%***
PM10		1.3	2.1	2.1	0.1	0.5	2.2	2.8	0.2	0.8	**12**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-58%	16%	-13%	-20%	76%	11%	***-13%***
PM2,5		0.8	1.2	1.2	0.1	0.3	1.3	1.6	0.1	0.5	**7**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-58%	16%	-13%	-20%	76%	11%	***-13%***
Emissions en g/j											
COVNM		228.0	449.8	412.1	16.5	74.4	386.4	558.2	40.9	150.4	**2 317**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-15.9%	-56%	16%	-12%	-21%	61%	11%	***-12%***
Benzène		4.9	8.1	7.8	0.4	1.9	7.9	11.1	1.0	3.0	**46**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-56%	16%	-13%	-21%	66%	11%	***-13%***
Dioxyde de soufre		104.2	169.3	165.8	8.9	39.5	169.7	230.1	18.8	62.2	**968**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-57%	16%	-13%	-21%	72%	11%	***-13%***
Emissions en mg/j											
Benzo(a)pyrène		23.5	38.1	36.5	2.0	8.9	37.6	52.1	3.98	14.0	**217**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-56%	16%	-13%	-21%	70%	11%	***-13%***
Arsenic		0.4	0.7	0.7	0.0	0.2	0.7	0.9	0.1	0.3	**4**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-57%	15.9%	-13%	-21%	71%	11%	***-13%***
Nickel		2.8	4.5	4.4	0.2	1.1	4.6	6.2	0.5	1.7	**26**
	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	-16%	-5%	-17%	-57%	16%	-13%	-21%	72%	11%	***-13%***

Source : Egis

3.2.1.5 - Synthèse du bilan des émissions routières

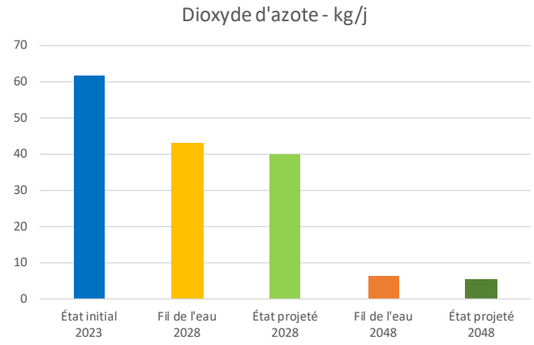
D'une manière générale, les émissions diminuent pour les scénarios sans projet entre 2023 (état initial) et 2028 puis entre 2028 et 2048, à l'exception du nickel et du dioxyde de soufre dont les émissions augmentent entre ces horizons et de l'arsenic, pour la période 2028 à 2048.

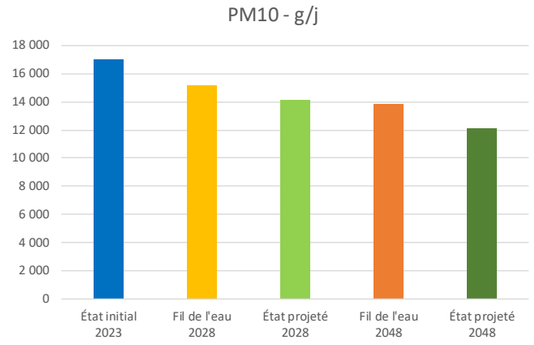
Avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer, les émissions diminuent pour tous les polluants en 2028 (mise en service) et en 2048 (20 ans après la mise en service).

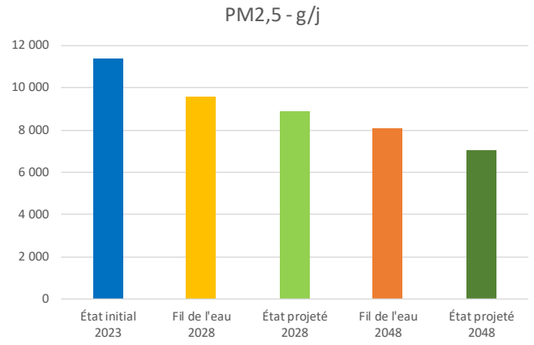
Les diagrammes de la Figure 77 montrent l'évolution des émissions totales, polluant par polluant, pour l'***État initial 2023***, les ***Fils de l'eau 2028*** et ***2048*** et les ***États projetés 2028*** et***, 2048***.

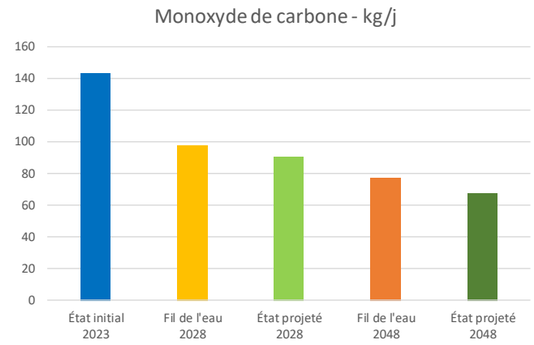
FIGURE 77 – ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS TOTALES PAR POLLUANT ET PAR ÉTAT

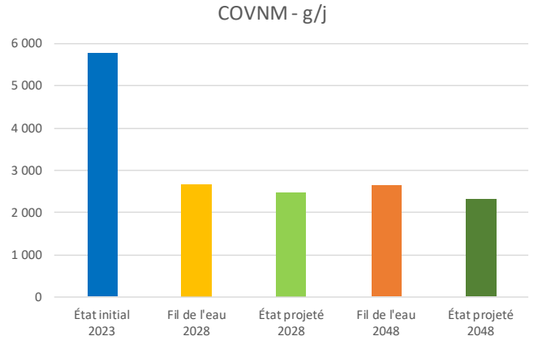
Source : Egis

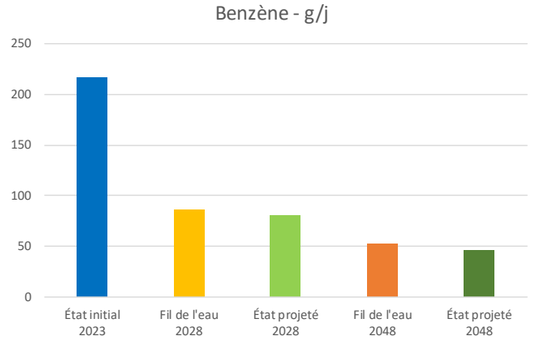


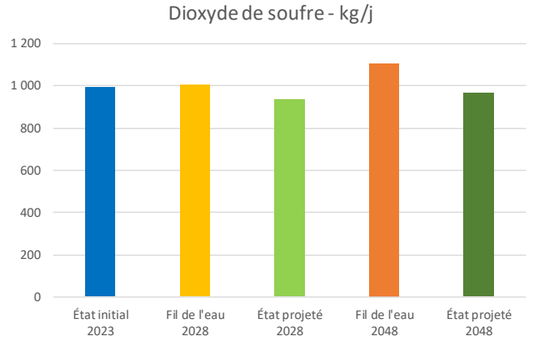


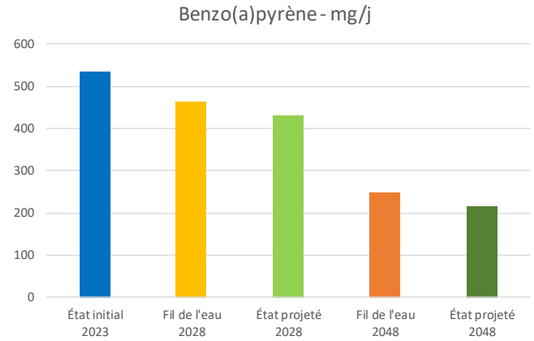


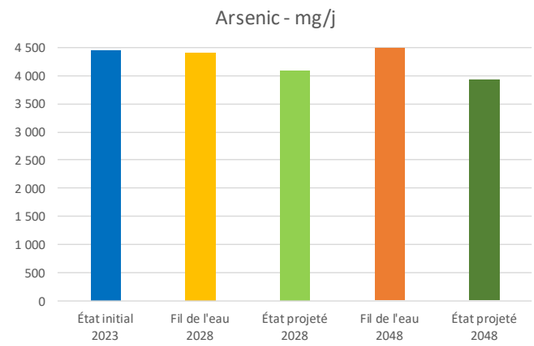


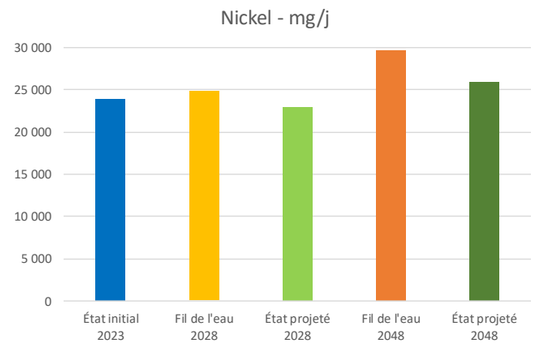












3.2.2 - Évaluation des teneurs dans l'air ambiant

Comme décrit précédemment, la dispersion et l'évaluation des teneurs en dioxyde d'azote dans l'air ambiant ont été déterminées avec le logiciel ADMS Roads. Les teneurs en polluants ainsi obtenues sont exprimées sous la forme de teneurs moyennes annuelles en tout point de la bande d'étude.

Ces teneurs annuelles sont comparables aux normes de qualité de l'air en vigueur et leur comparaison aux différents horizons permet d'appréhender l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Il convient de souligner que ces résultats mettent en évidence la contribution des émissions induites par le réseau routier étudié, à l'exclusion de toute autre source d'émissions.

3.2.2.1 - Cartographies des teneurs en polluants

Les cartographies des teneurs en dioxyde d'azote en tout point de la bande d'étude sont présentées de la Figure 78 à la Figure 82 pour l'***État de référence*** 2023, le ***Fil de l'eau*** 2028 et 2048 et l'***État projeté*** 2028 et 2048.

Ces cartographies ont été réalisées sous SIG (Système d'Information Géographique) par interpolation géostatistique des teneurs évaluées, en chaque point du maillage, à l'issue des calculs de dispersion atmosphérique.

Ces cartographies mettent en évidence :

- Les **effets significatifs**, mais néanmoins géographiquement limités, des émissions polluantes induites par le trafic routier du réseau étudié sur la qualité de l'air (entre 50 et 150 m de part et d'autre des infrastructures routières en fonction des axes et des polluants) ;
- Une **diminution significative des concentrations** à l'échelle de la bande d'étude entre l'État initial 2023, le fil de l'eau en 2028 et le fil de l'eau en 2048 pour le dioxyde d'azote, du fait du renouvellement du parc automobile entre 2023, 2028 et 2048 et ce, malgré l'évolution non significative du kilométrage parcouru (+1 % en 2028 et +3 % en 2048) ;
- Une **légère diminution des concentrations** entre le fil de l'eau et l'état projeté en 2028 et en 2048 pour le dioxyde d'azote dans la bande d'étude et en particulier le long de l'axe de l'extension du tramway ;
- Les **concentrations les plus élevées** situées au droit du boulevard Yves Guillou.

FIGURE 78 – DISPERSION DU DIOXYDE D'AZOTE – ÉTAT DE RÉFÉRENCE 2023

Source : Egis

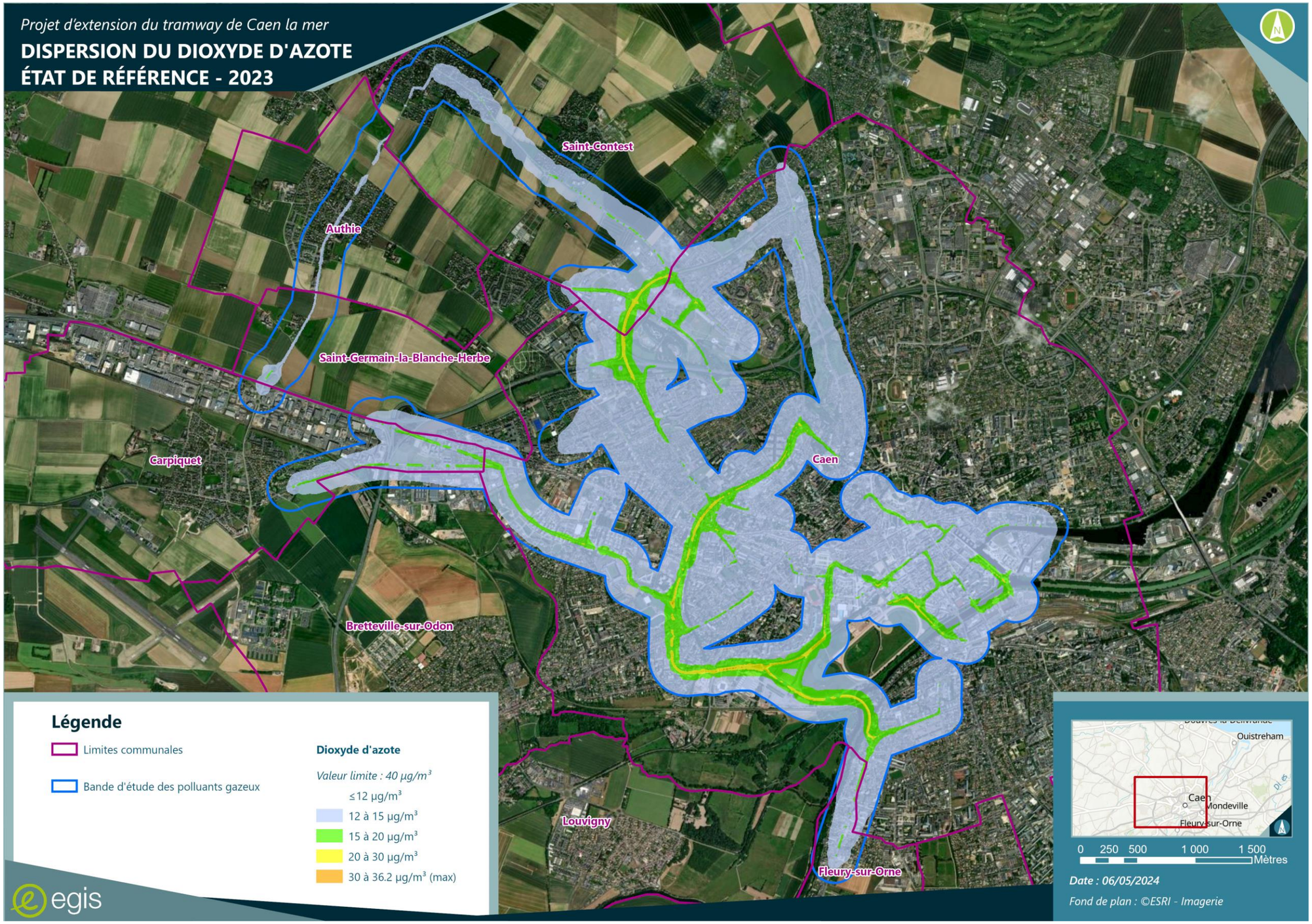


FIGURE 79 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – FIL DE L'EAU 2028

Source : Egis

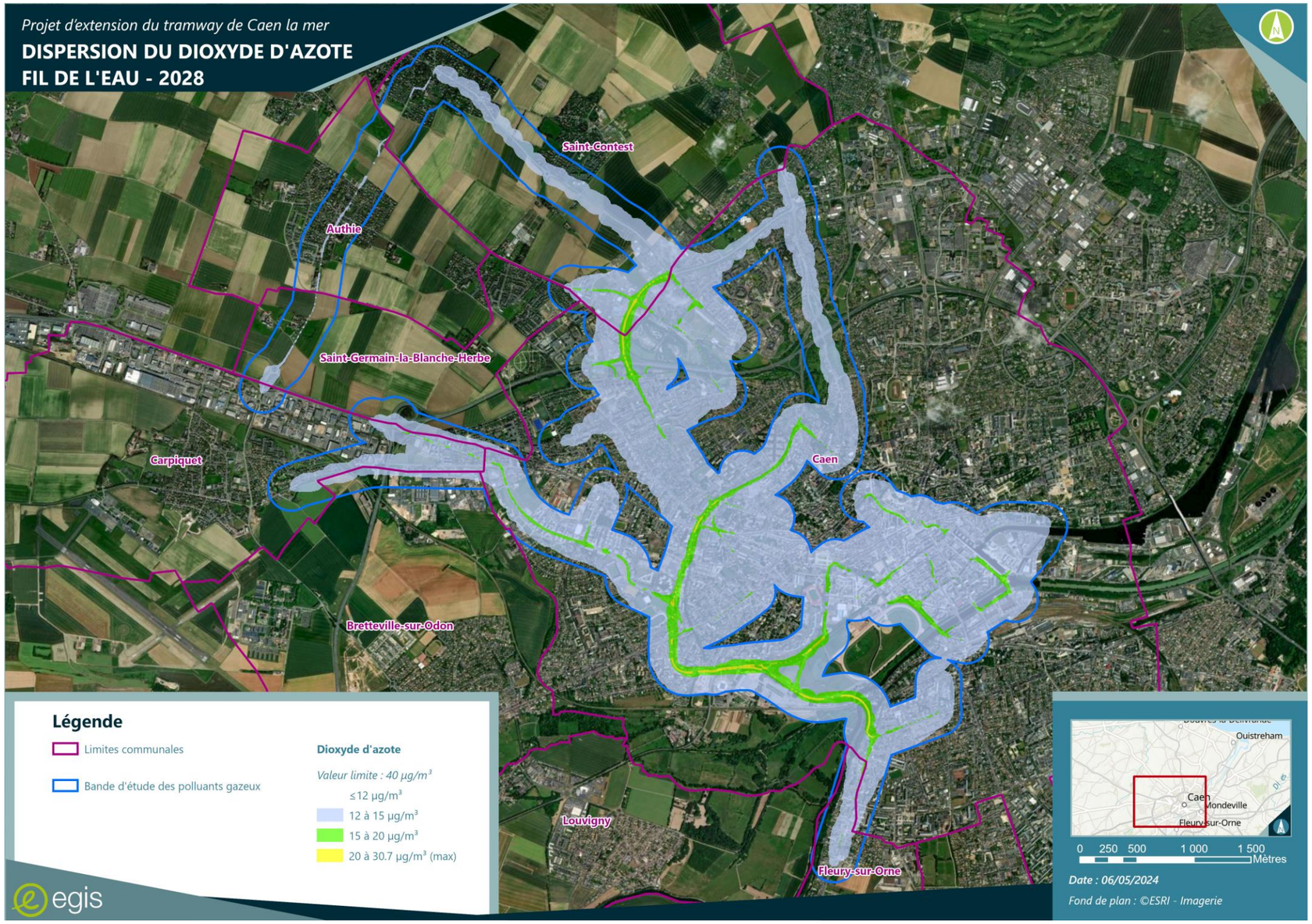


FIGURE 80 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ÉTAT PROJETÉ 2028

Source : Egis

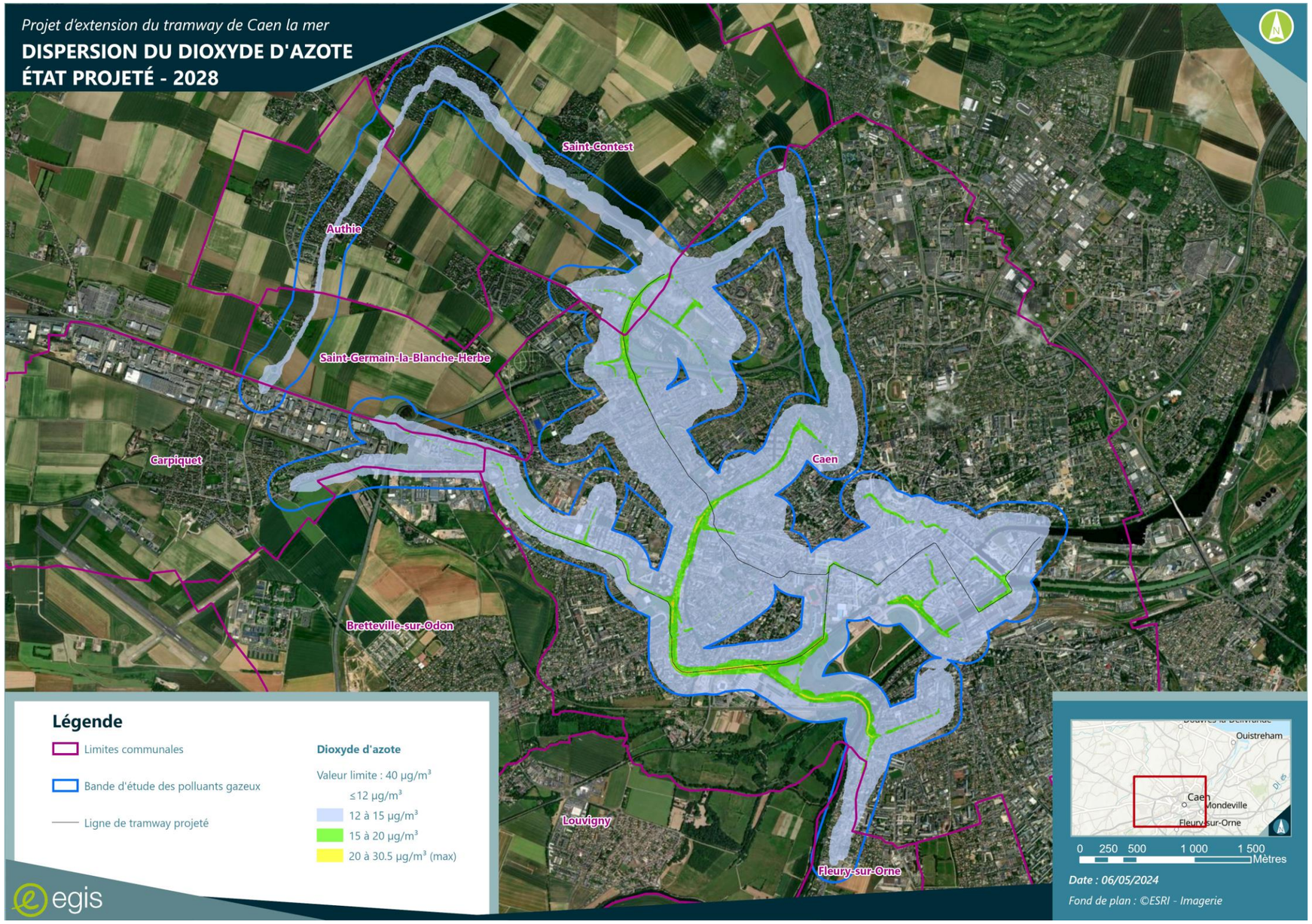


FIGURE 81 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – FIL DE L'EAU 2048

Source : Egis

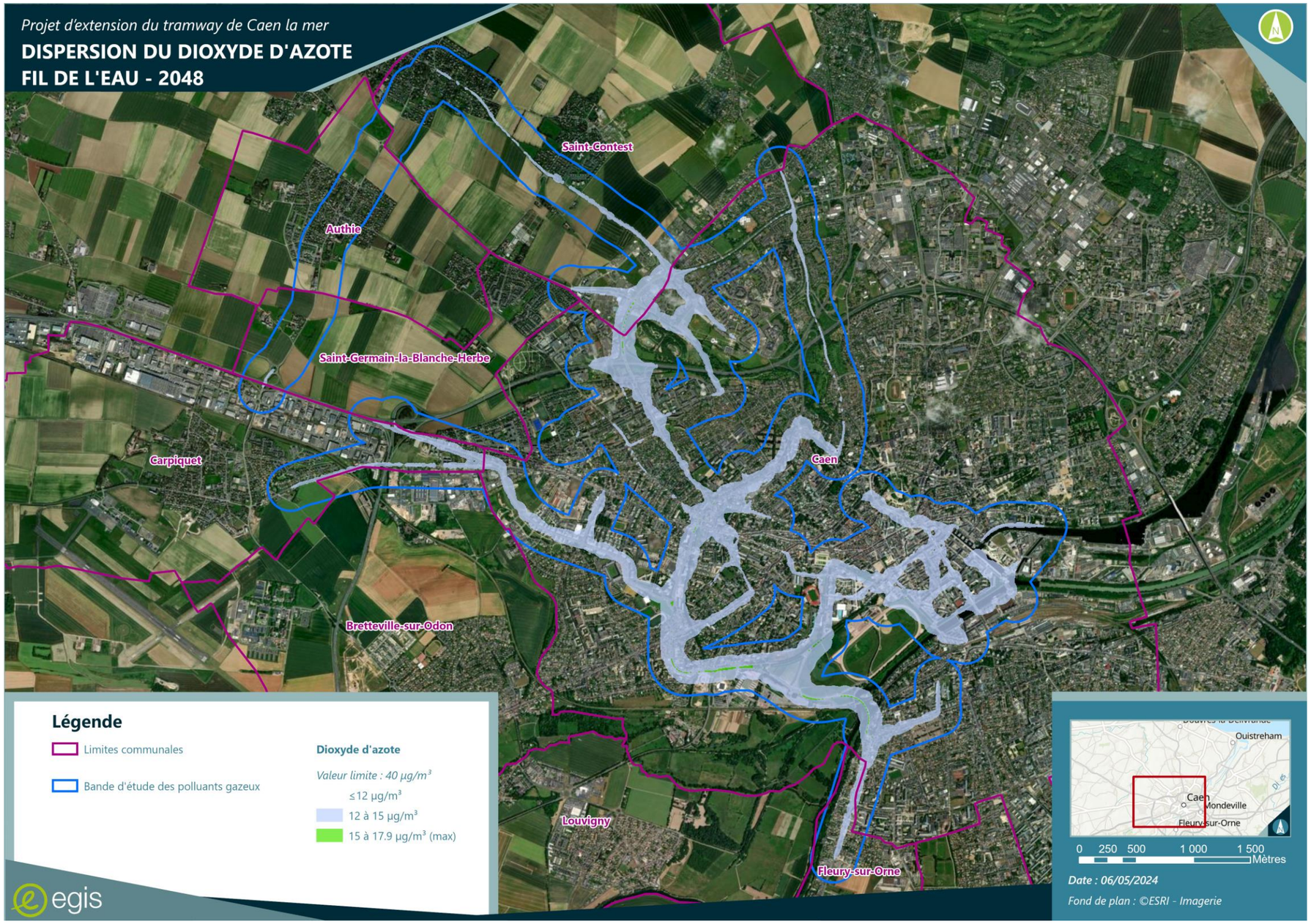
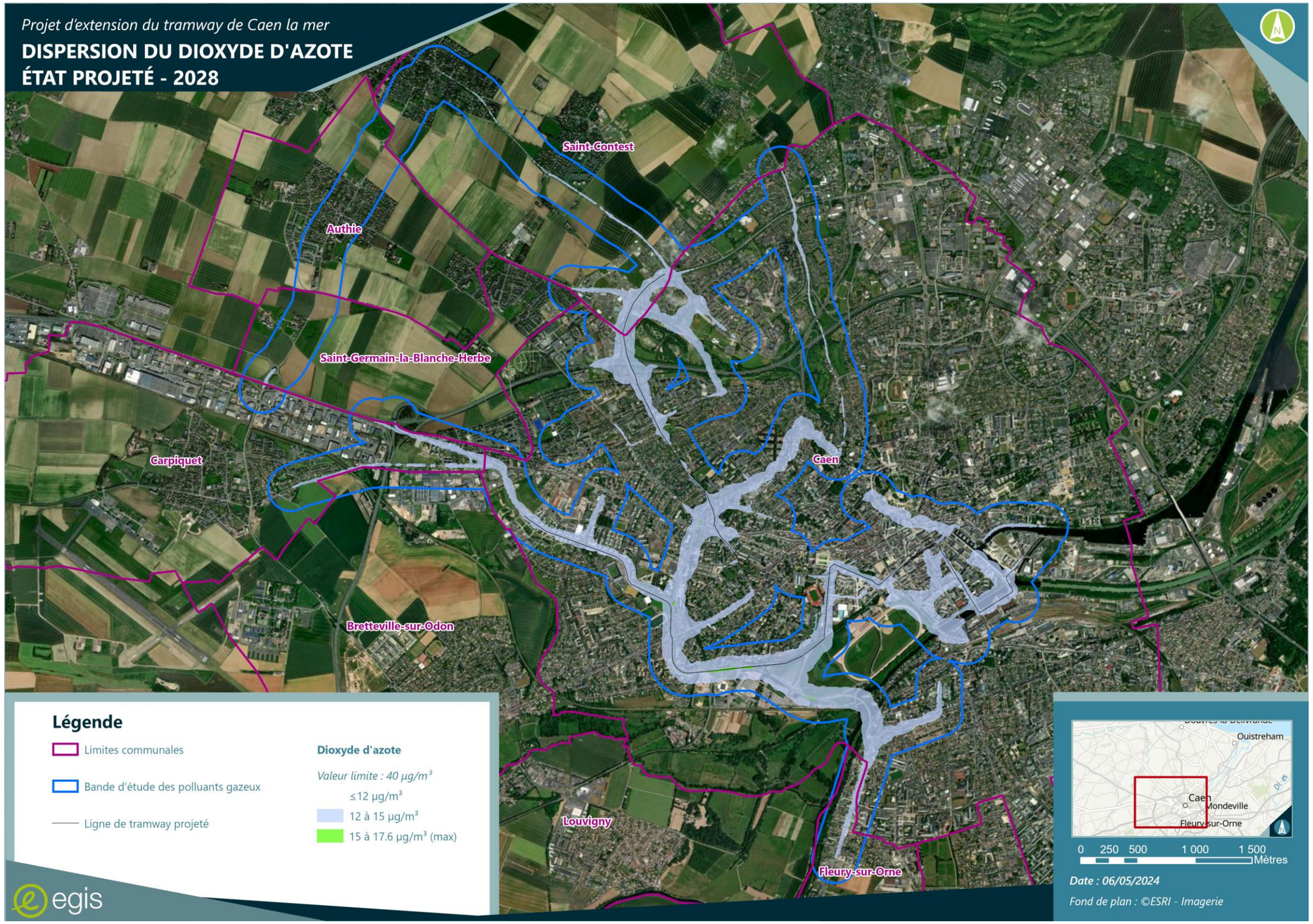


FIGURE 82 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT PROJETÉ 2048

Source : Egis



3.2.2.2 - Teneurs en polluants dans la bande d'étude

Les teneurs moyennes et les teneurs maximales de ces polluants modélisés (NO_2, PM10 et PM2,5) dans l'ensemble de la bande d'étude sont synthétisées dans le Tableau 27 pour l'***État initial*** 2023, le ***Fil de l'eau*** 2028 et 2048 et l'***État projeté*** 2028 et 2048. Les teneurs maximales sont représentatives des teneurs relevées au droit des axes routiers. Elles sont données à titre indicatif.

TABLEAU 27 – TENEURS MOYENNES ET MAXIMALES DANS LA BANDE D'ÉTUDE

		État initial		Fil de l'eau		État projeté		Fil de l'eau +20 ans		État projeté +20 ans		dont teneur de fond
		Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	
Dioxyde d'azote	***µg/m³***	13.1	36.1	12.7	30.7	12.6	30.5	11.9	17.9	11.9	17.6	*11.6*
PM10	***µg/m³***	14.0	17.4	13.9	17.1	13.9	17.1	13.9	16.8	13.9	16.7	*13.7*
PM2,5	***µg/m³***	9.0	11.3	9.0	11.0	8.9	10.9	8.9	10.6	8.9	10.5	*8.8*

Source : Egis

3.2.2.2.1 - Situations sans projet

Les teneurs **moyennes** évoluent différemment suivant les polluants entre l'***État initial*** 2023 et les états au ***Fil de l'eau*** 2028 et 2048 :

- Diminution faible pour le dioxyde d'azote (-3 % à -6%) ;
- Aucune variation significative pour les PM10 et les PM2,5 (diminution inférieure à -0,5 %).

3.2.2.2.2 - Situation avec projet

Entre les états au ***Fil de l'eau*** 2028 et 2048 et les ***États projetés*** 2028 et 2048, l'évolution des teneurs **moyennes** est peu significative pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5 (diminution inférieure à -1 % et -0,5%).

3.2.2.2.3 - Teneurs moyennes globales

Sur l'ensemble de la bande d'étude, le projet d'extension du tramway de Caen la mer impacte de manière peu significative les concentrations moyennes en polluants.

En situation avec projet, les teneurs moyennes respectent les valeurs limites réglementaires, quel que soit le polluant considéré, comme le rappelle le Tableau 28.

À titre indicatif, les teneurs moyennes modélisées pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5 respectent également les valeurs limites à atteindre au 1er janvier 2030 adoptées par le Parlement européen le 24 avril 2024 (en attente du vote du Conseil européen) et non promulguées à ce jour.

TABLEAU 28 – TENEURS MOYENNES DES POLLUANTS

		Valeur limite	État initial	Fil de l'eau	État projeté	Fil de l'eau +20 ans	État projeté +20 ans	dont teneur de fond
			Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	
Dioxyde d'azote	***µg/m³***	***40***	13.1	12.7	12.6	11.9	11.9	*11.6*
PM10	***µg/m³***	***40***	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	*13.7*
PM2,5	***µg/m³***	***25***	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9	*8.8*

Source : Egis

Les évolutions des concentrations moyennes sont peu significatives quel que soit l'horizon d'étude, en raison de la forte influence des teneurs de fond sur les concentrations totales, comme l'illustrent :

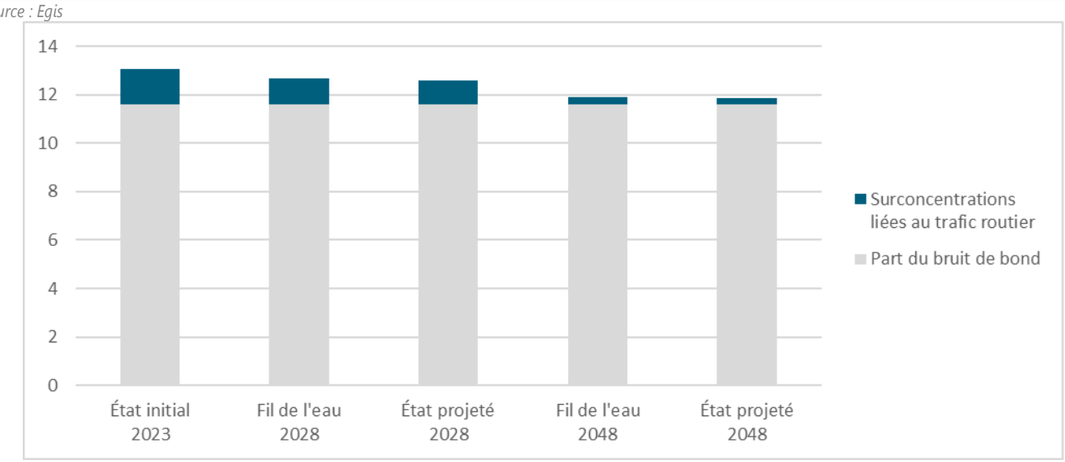
- La Figure 83 pour le dioxyde d'azote ;
- La Figure 84 pour les PM10 ;
- La Figure 85 pour les PM 2,5.

Les diagrammes de la Figure 83 à la Figure 85 mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations[12] liées au trafic routier pour les horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. La part du bruit de fond est prépondérante, quel que soit l'horizon considéré :

- Dioxyde d'azote : 89 % à 98 % ;
- PM10 et PM2,5 : 98 % à 99 %.

FIGURE 83 – TENEURS MOYENNES EN NO_2 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis



[12] *La surconcentration d'un polluant est la concentration située au-delà de la concentration de fond. Elle est imputable uniquement aux émissions des véhicules*

FIGURE 84 – TENEURS MOYENNES EN PM10 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis

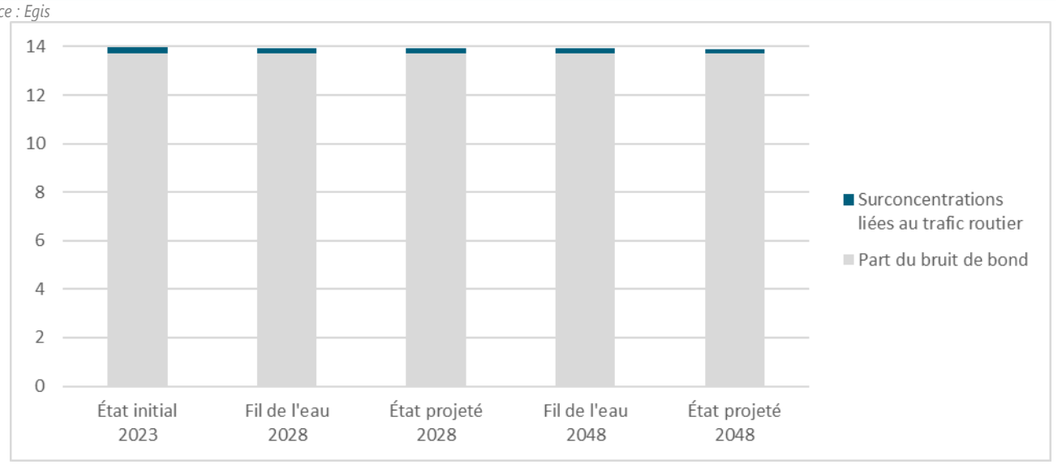


FIGURE 85 – TENEURS MOYENNES EN PM2,5 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis

FIGURE 86 – TENEURS MAXIMALES EN NO_2 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis

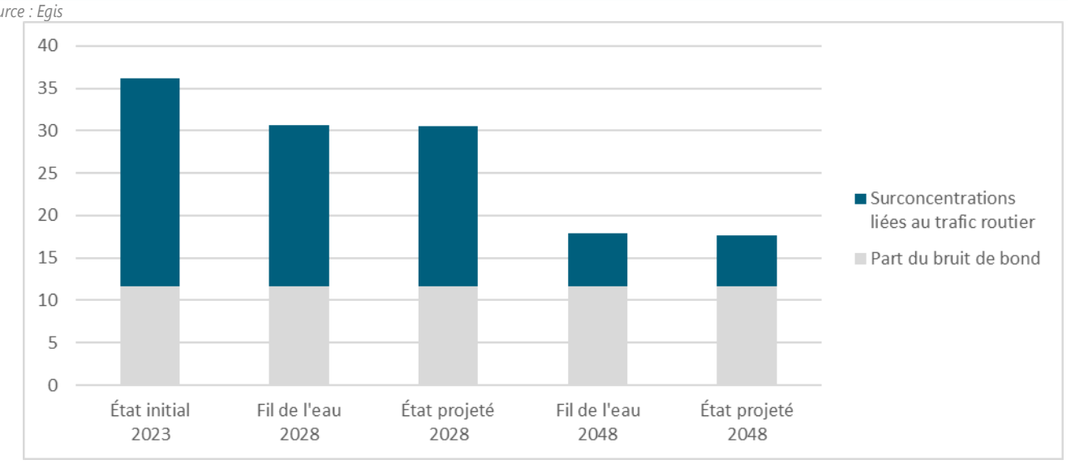


FIGURE 87 – TENEURS MAXIMALES EN PM10 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis

3.2.2.2.4 - Teneurs maximales

Les surconcentrations maximales sont illustrées par la Figure 86 pour le dioxyde d'azote, la Figure 87 pour les PM10 et la Figure 88 pour les PM 2,5.

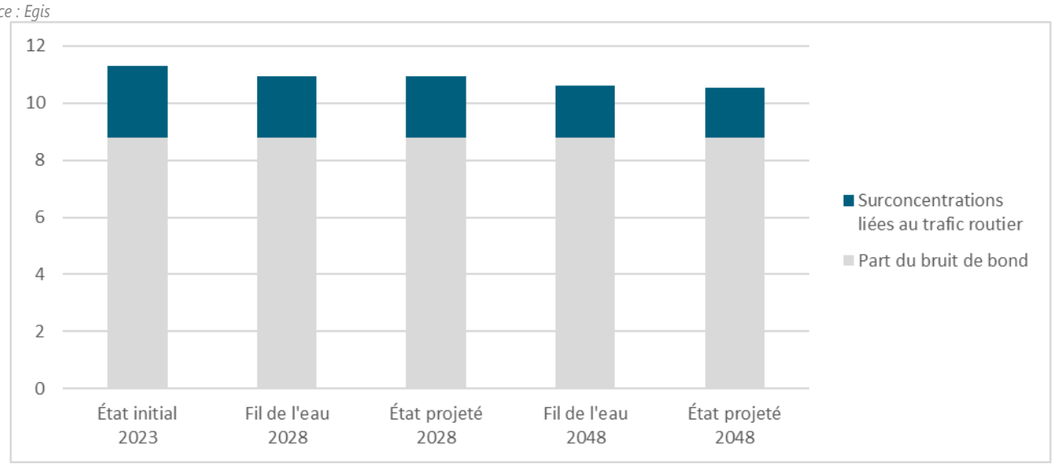
La part du bruit de fond pour le dioxyde d'azote est importante pour les horizons 2023 (32 %) et 2028 (38 %) et prépondérant pour les scénarios de l'horizon 2048 (65% à 66 %).

Cette part est prépondérante pour les particules pour tous les horizons :

- 79 % à 82 % pour les PM10 ;
- 78 % à 84 % pour les PM2,5.

FIGURE 88 – TENEURS MAXIMALES EN PM2,5 AVEC LA PART DU TRAFIC ET DU BRUIT DE FOND

Source : Egis



3.2.2.2.5 - Surconcentrations moyennes et maximales par groupe de tronçons

Les diagrammes de la Figure 89 et de la Figure 90 présentent les évolutions, respectivement, des surconcentrations moyennes et maximales de dioxyde d'azote par groupes de tronçons pour l'ensemble des horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. Ces diagrammes mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations liées au trafic routier pour tous les horizons 2023, 2028, 2048 et pour chacun des groupes de tronçons.

Les évolutions des surconcentrations moyennes (*Cf.* Figure 89) montrent d'une part des évolutions assez disparates entre les groupes de tronçons :

- Diminution entre l'**État initial 2023** et les autres scénarios pour tous les groupes, à l'exception :
  - Des groupes *Beaulieu* et *RD220* pour lesquels les surconcentrations moyennes sont sensiblement identiques quel que soit le scénario considéré ;
  - Le groupe *Ornes – Bassins* pour lequel les surconcentrations au **Fil de l'eau 2028** sont plus élevées ;
- Diminution entre l'horizon 2028 et l'horizon 2048, sans et avec projet, pour tous les groupes de tronçons ;
- Évolution différenciée entre le **Fil de l'eau 2028** et l'**État projeté 2028** :
  - Faible à très faible diminution pour les groupes *Guillou - Detolle – Bayeux*, *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu*, *Maréchal Leclerc*, *Orne – Bassins* et *RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert* ;
  - Très faible augmentation pour les groupes *Beaulieu*, *Mémorial*, *RD220* et *Verdun - Château – Plaisance* ;
- Évolution différenciée entre le **Fil de l'eau 2048** et l'**État projeté 2048** :
  - Très faible diminution pour les groupes *Guillou - Detolle – Bayeux*, *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu*, *Maréchal Leclerc* et *Orne – Bassins* ;
  - Pas d'évolution significative pour les groupes *Beaulieu*, *Mémorial*, *RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert*, *RD220* et *Verdun - Château – Plaisance*.

Ce diagramme montre également que les surconcentrations moyennes sont assez homogènes entre les différents groupes.

Les évolutions des surconcentrations maximales (*Cf.* Figure 90) présentent des orientations sensiblement similaires aux les concentrations moyennes mais avec des valeurs beaucoup plus marquées : les diminutions des surconcentrations maximales sont effectives et très remarquables entre les horizons 2023, 2028 et 2048. Il en est de même pour les situations sans et avec projet, pour lesquelles les écarts observés sont plus importants que pour les surconcentrations moyennes. Plus précisément, les écarts entre les groupes consistent en :

- Diminution entre l'**État initial 2023** et les autres scénarios pour tous les groupes ;
- Diminution faible à forte entre l'horizon 2028 et l'horizon 2048, sans et avec projet, pour tous les groupes de tronçons ;
- Évolution différenciée entre le **Fil de l'eau 2028** et l'**État projeté 2028** :
  - Très faible diminution pour les groupes *Guillou - Detolle – Bayeux*, *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu*, *Maréchal Leclerc*, *Mémorial* et *RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert* ;
  - Très faible augmentation pour les groupes *Beaulieu*, *Orne – Bassins*, *RD220* et *Verdun - Château – Plaisance* ;
- Évolution différenciée entre le **Fil de l'eau 2048** et l'**État projeté 2048** :
  - Très faible diminution pour les groupes *Guillou - Detolle – Bayeux*, *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu*, *Maréchal Leclerc*, *Mémorial* et *RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert* ;
  - Pas d'évolution significative pour le groupe *Orne – Bassins* ;
  - Très faible augmentation pour les groupes *Beaulieu*, *RD220* et *Verdun - Château – Plaisance*.

FIGURE 89 – EVOLUTION DES SURCONCENTRATIONS MOYENNES EN NO_2 PAR GROUPE DE TRONÇONS

Source : Egis

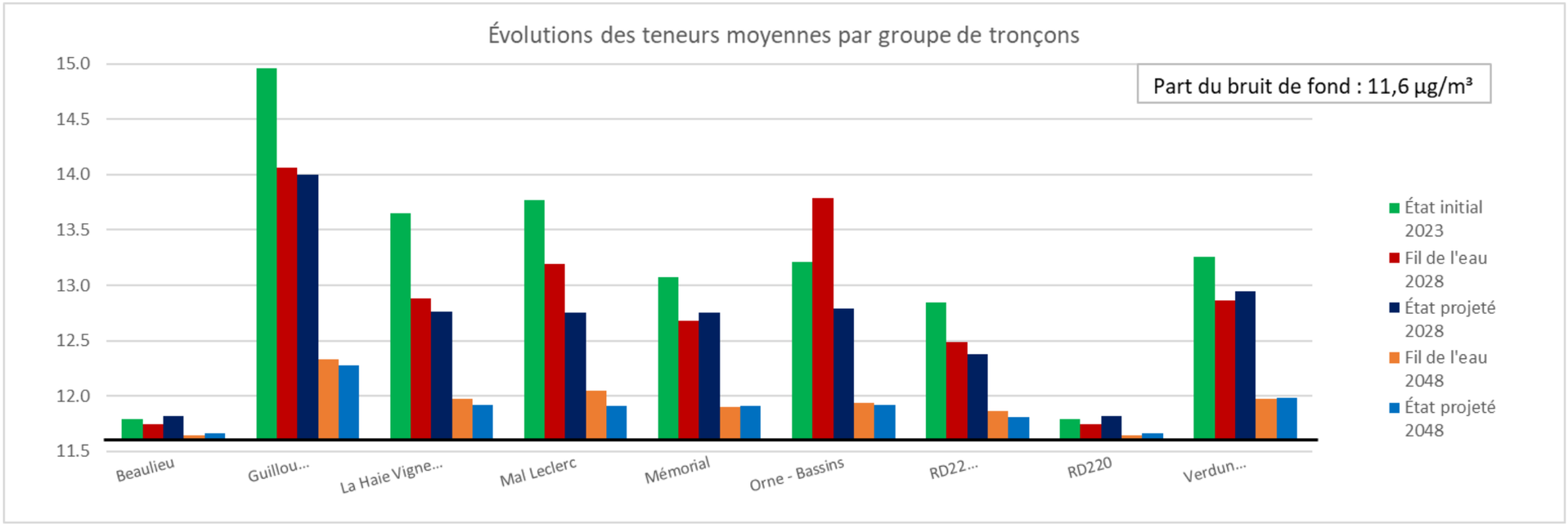
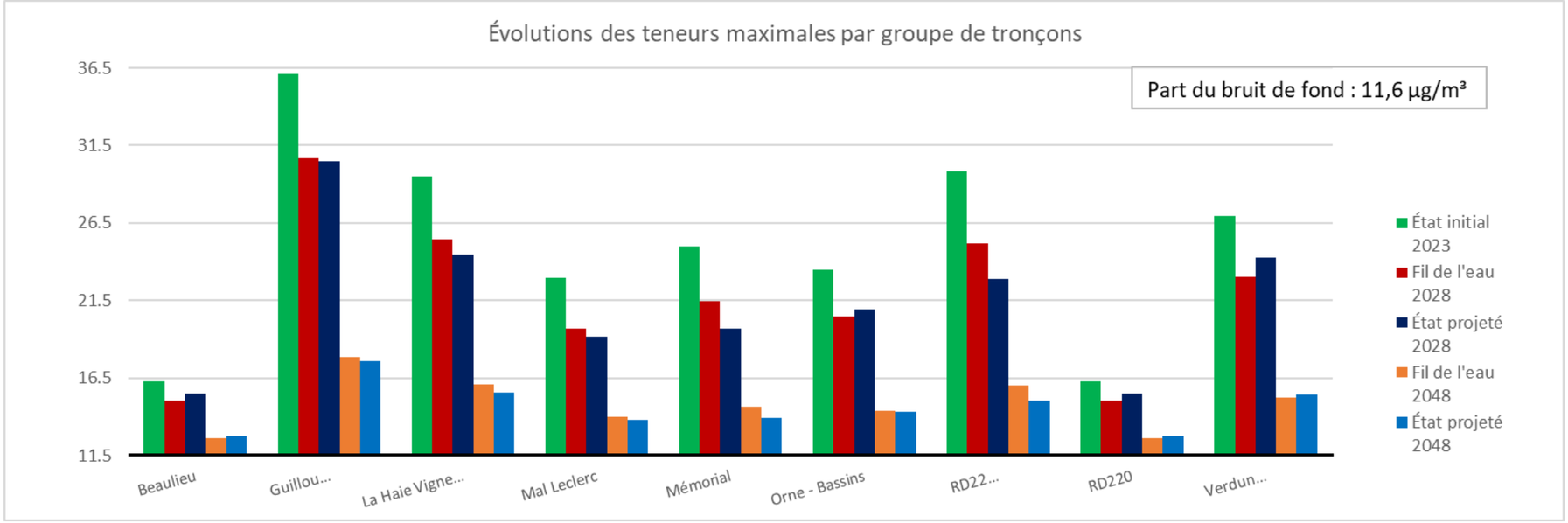


FIGURE 90 – EVOLUTION DES SURCONCENTRATIONS MAXIMALES EN NO_2 PAR GROUPE DE TRONÇONS

Source : Egis



3.2.2.3 - Comparaison aux normes de qualité de l'air

La comparaison des teneurs maximales en tout point de la bande d'étude, pour le dioxyde d'azote et les particules, aux normes de la qualité de l'air est présentée dans le Tableau 29 et illustrée de la Figure 91 à la Figure 93. Notons que les teneurs maximales sont représentatives des teneurs relevées au droit des axes routiers.

Au regard des résultats obtenus, aucune des teneurs maximales en dioxyde d'azote, PM10 et PM2,5 ne dépassent la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³ (dioxyde d'azote et PM10) ou de 25 µg/m³ (PM2,5), quel que soit le scénario.

Ainsi, la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer ne sera pas à l'origine de dépassements des normes de la qualité de l'air.

À titre indicatif, aucune des concentrations maximales en dioxyde d'azote et PM2,5 ne respecte les recommandations de l'OMS, à savoir 10 µg/m³ pour le dioxyde d'azote et 5 µg/m³ pour les PM2,5. Les valeurs de fond sont, à elles seules, déjà en dépassement.

Les concentrations maximales en PM10 présentent un dépassement, du fait d'une valeur de fond proche de la valeur recommandée par l'OMS.

À titre indicatif également, aucune des concentrations maximales en PM2,5 ne respecte les futures Valeurs limites européennes à atteindre au 1er janvier 2030, adoptées par le Parlement européen le 24 avril 2024 (en attente du vote du Conseil européen), à savoir 10 µg/m³. Les valeurs de fond des PM2,5 représentent, à elles seules, 88 % de la future Valeur limite.

Les concentrations maximales en dioxyde d'azote pour l'état initial 2023 et pour l'horizon 2028 (sans et avec réalisation du projet) ne respectent pas la future Valeur limite européenne de 20 µg/m³. En revanche cette Valeur limite est respectée pour l'horizon 2048 (sans et avec réalisation du projet).

Par ailleurs, les concentrations moyennes en PM10 respectent toutes la future Valeur limite européenne de 20 µg/m³.

Comme il a été précisé aux paragraphes 3.2.2.2.3 - Teneurs moyennes et 3.2.2.2.4 - Teneurs maximales, le bruit de fond est une part prépondérante des concentrations dans l'air ambiant. Pour rappel, ces bruits de fond sont de :

- 11,6 µg/m³ pour le dioxyde d'azote — supérieur à la recommandation OMS (10 µg/m³) soit 58 % de la future Valeur limite européenne (20 µg/m³)
- 13,7 µg/m³ pour les PM10 — teneur représentant 91 % de la valeur OMS (15 µg/m³) soit 68,5 % de la future Valeur limite européenne (20 µg/m³)
- 8,8 µg/m³ pour les PM2,5 — supérieur à la recommandation OMS (5 µg/m³) soit 88 % de la future Valeur limite européenne (10 µg/m³).

TABLEAU 29 – COMPARAISON AUX NORMES DE LA QUALITÉ DE L'AIR

		Valeurs limites	État initial 2023	Fil de l'eau 2028	État projeté 2028	Fil de l'eau 2048	État projeté 2048	dont teneur de fond	*Recommandations OMS*	*Valeurs limites attendues UE*
			Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale			
Dioxyde d'azote	*µg/m³*	***40***	36.1	30.7	30.5	17.9	17.6	*11.6*	***10***	***20***
PM10	*µg/m³*	***40***	17.4	17.1	17.1	16.8	16.7	*13.7*	***15***	***20***
PM2,5	*µg/m³*	***25***	11.3	11.0	10.9	10.6	10.5	*8.8*	***5***	***10***

Source : Egis

FIGURE 91 – TENEURS MAXIMALES EN DIOXYDE D'AZOTE

Source : Egis

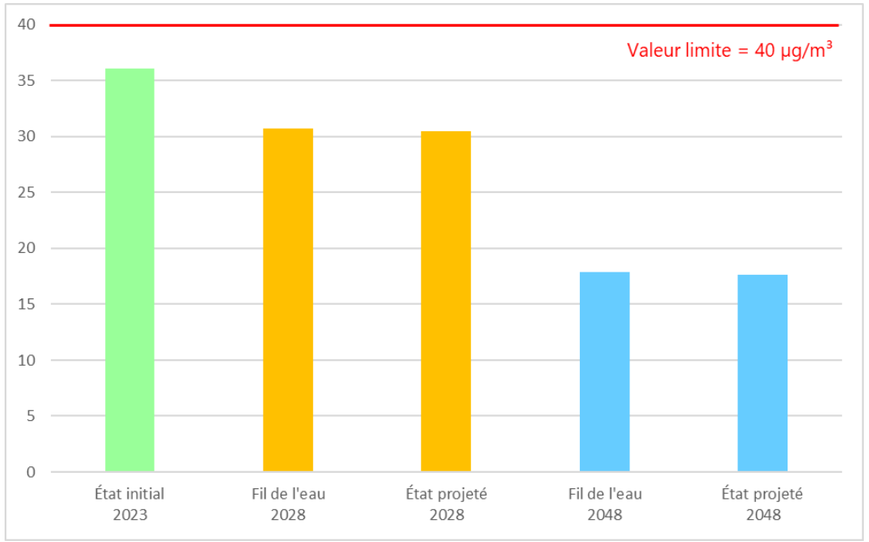


FIGURE 92 – TENEURS MAXIMALES EN PM10

Source : Egis

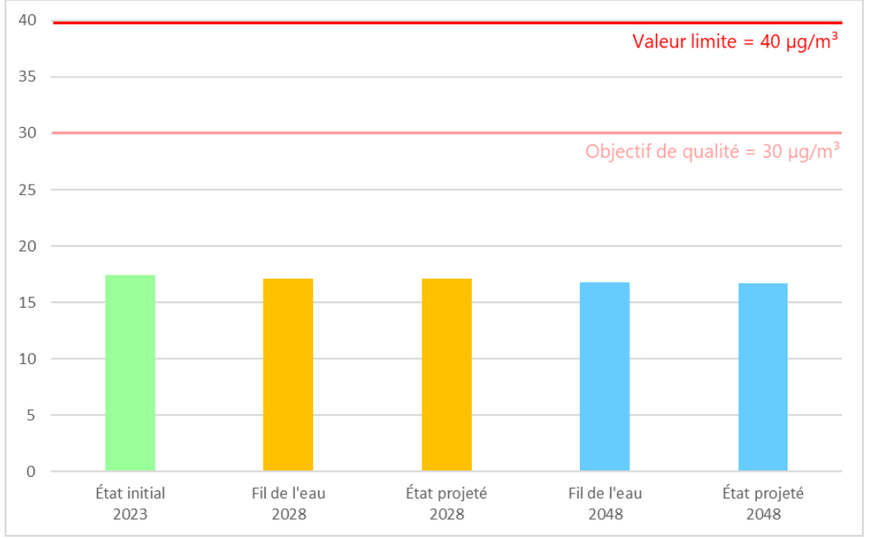
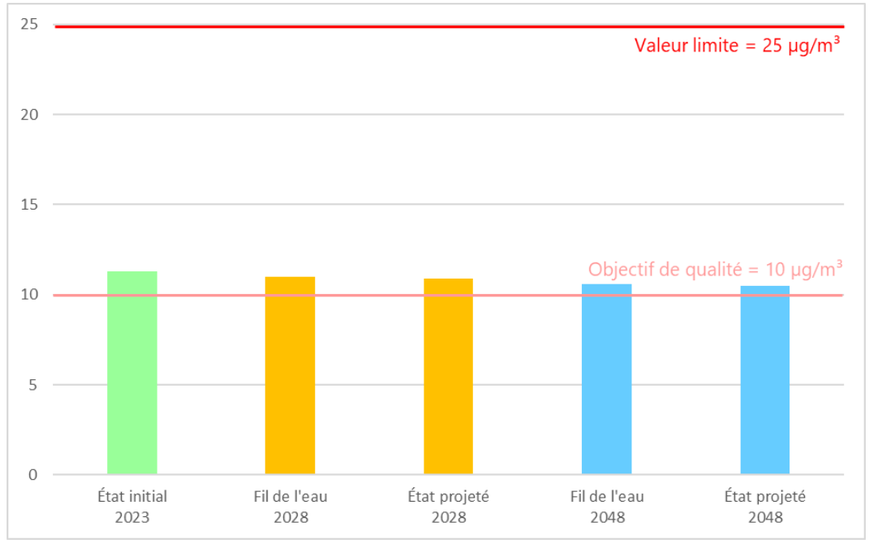


FIGURE 93 – TENEURS MAXIMALES EN PM2,5

Source : Egis



3.3 - Synthèse de l'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a pour impact la diminution du kilométrage parcouru de l'ordre de -7 % et -12 % par rapport aux horizons sans projet, en 2028 et 2048.

L'évaluation des émissions du trafic routier aux différents horizons a été menée avec la méthodologie Copert 5.

Les évolutions des émissions en polluants sont cohérentes avec les évolutions du trafic routier dans la bande d'étude. Globalement, les émissions routières diminuent à l'État projeté par rapport à l'horizon Fil de l'eau (2028 et 2048) pour tous les polluants.

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air a été menée avec le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Roads.

Les évolutions des concentrations moyennes et maximales mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations liées au trafic routier pour les horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. Cette diminution, liée à la part du bruit de fond importante pour le dioxyde d'azote et prépondérante pour les particules, est notable pour le dioxyde d'azote :

- Surconcentrations moyennes : 11 % en 2023, 8 % en 2028 et 2 à 3 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 68 % en 2023, 62 % en 2028 et 34 à 35 % en 2048 ;

Elle est moins perceptible pour les particules PM10 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 à 2 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 21 % en 2023, 20 % en 2028, 18 % en 2048

Ou les particules PM2,5 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 22 % en 2023, 20 % en 2028 et 16 à 17 % en 2048 pour les PM2,5.

Les évolutions des concentrations moyennes par groupes de tronçons montrent des évolutions différenciées mais faibles à très faibles suivant les groupes de tronçons.

Ces évolutions montrent également que les teneurs moyennes sont assez homogènes entre les différents groupes.

Les évolutions des teneurs maximales présentent des orientations sensiblement similaires aux concentrations moyennes mais avec des valeurs beaucoup plus marquées: Il s'agit d'une diminution assez marquée pour le dioxyde d'azote :

- Sans projet : -15 % en 2028 et -41 % en 2048 ;
- Avec projet : -0,5 % en 2028 et -2 % en 2048.

La diminution est beaucoup moins nette pour les particules PM10 :

- Sans projet : -2 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,9 % en 2048.

Ou les particules PM2,5 :

- Sans projet : -3 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,8 % en 2048.

Au regard des résultats obtenus, les teneurs maximales en dioxyde d'azote, en PM10 et en PM2,5 respectent les valeurs limites réglementaires actuelles pour tous les horizons.

Ces teneurs maximales respectent aussi les futures Valeurs limites européennes pour le dioxyde d'azote à l'horizon 2018 et pour les PM10 à tous les horizons. En revanche, Elles dépassent les valeurs attendues pour le dioxyde d'azote aux horizons 2023 et 2028 et pour les particules PM2,5 à tous les horizons.

Ainsi, la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer provoquera une réduction des concentrations moyennes et maximales en polluants, dans le bande d'étude retenue et ne sera pas à l'origine de dépassements des normes actuelles de la qualité de l'air.

4 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EXPOSITION DES POPULATIONS

L'évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations est réalisée par l'estimation d'un indicateur simplifié, l'Indice Pollution Population (IPP). Ce chapitre présente la méthodologie employée pour la détermination de l'IPP ainsi que les résultats obtenus.

4.1 - Méthodologie

L'Indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui permet la comparaison de différents horizons d'étude et différentes variantes de tracé eu égard à leurs impacts sur l'exposition potentielle de la population présente dans la bande d'étude. Il intègre ainsi, dans un même critère, les teneurs en polluants et la population potentiellement exposée.

L'IPP consiste à croiser les données de population avec les données de qualité de l'air (les teneurs en polluants issues des résultats du modèle de dispersion), afin d'obtenir une distribution spatiale de la population potentiellement exposée.

Il convient de préciser que cet indicateur s'utilise comme une aide à la comparaison de situation. Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique.

Le polluant retenu pour l'évaluation de l'IPP est le dioxyde d'azote.

Dans le cadre de cette étude, l'IPP a été évalué à l'horizon 2023 (***État initial 2023***), à l'horizon de mise en service 2028 (***Fil de l'eau 2028*** et ***État projeté 2028***) et à l'horizon lointain 2048, correspondant à la mise en service + 20 ans (***Fil de l'eau 2048*** et ***État projeté 2048***), conformément à la note technique du 22 février 2019 et au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA.

Le calcul de l'IPP est soumis aux incertitudes relatives aux calculs de dispersion des polluants et aux incertitudes relatives au dénombrement des populations. Enfin, il a été considéré pour ces calculs que l'ensemble de la population est situé au niveau du sol. Les résultats sont donc surestimés.

4.2 - Estimation de la population dans la bande d'étude

Pour rappel (*Cf.* § 2.1.2 - Populations), les populations communales ont été estimées en 2020 sur la base des données de population INSEE à l'IRIS les plus récentes disponibles pour les communes concernées.

Les populations situées dans la bande d'étude des polluants gazeux ont ensuite été déterminées, sous SIG, en interceptant la bande d'étude et les communes avec une clef de répartition spatiale (données d'occupation des sols Open Street Map et orthophotos), afin de localiser les populations sur les zones bâties.

Les populations interceptées par la bande d'étude du projet sont données dans le Tableau 5.

Sur la base de ces estimations, la population en 2020 située dans la bande d'étude s'établit à 54 335 habitants, soit respectivement 43 % de la population des 6 communes concernées.

4.3 - Résultats de l'IPP

Les résultats de l'IPP du dioxyde d'azote sont présentés du Tableau 30 au Tableau 34 et sur la Figure 94.

Dans ces tableaux, les populations indiquées sont issues de l'intersection des populations 2020 et des teneurs en dioxyde d'azote. Les populations inférieures à 50 habitants ne sont pas précisées, mais remplacées par la mention « < 50 hab. ».

Pour rappel, le bruit de fond retenu pour le dioxyde d'azote dans le cadre de cette étude est de 11,6 µg/m^3.

D'après les résultats, la proportion d'habitants de la bande d'étude impactée par :

- Des teneurs inférieures à 12 µg/m^3 :
  - À ***l'État initial 2023*** est de 8 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2028*** est de 20 % ;
  - À ***l'État projeté 2028*** est de 20 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2048*** est de 81 % ;
  - À ***l'État projeté 2048*** est de 87 % ;
- Des teneurs comprises entre 12 et 15 µg/m^3 :
  - À ***l'État initial 2023*** est de 87 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2028*** est de 78 % ;
  - À ***l'État projeté 2028*** est de 78 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2048*** est de 19 % ;
  - À ***l'État projeté 2048*** est de 13 % ;
- Des teneurs comprises entre 15 et 20 µg/m^3 :
  - À ***l'État initial 2023*** est de 5 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2028*** est de 2 % ;
  - À ***l'État projeté 2028*** est de 2 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2048*** est nulle (aucun habitant) ;
  - À ***l'État projeté 2048*** est nulle (aucun habitant) ;
- Des teneurs comprises entre 20 et 25 µg/m^3 :
  - À ***l'État initial 2023*** est inférieure à 0,1 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2028*** est inférieure à 0,1 % ;
  - À ***l'État projeté 2028*** est inférieure à 0,1 % ;
  - Au ***Fil de l'eau 2048*** est nulle (aucun habitant) ;
  - À ***l'État projeté 2048*** est nulle (aucun habitant) ;
- Des teneurs supérieures à 25 µg/m^3, est nulle (aucun habitant), quel que soit le scénario.

La proportion d'habitants impactée par des concentrations supérieures à 12 µg/m^3 en dioxyde d'azote diminue entre l'***État initial*** et les horizons au ***Fil de l'eau*** en cohérence avec les diminutions des teneurs de dioxyde d'azote dans la bande d'étude, à savoir de :

- -12,5 % entre l'***État initial 2023*** et le ***Fil de l'eau 2028*** ;
- -76 % entre le ***Fil de l'eau 2028*** et le ***Fil de l'eau 2048***.

Entre les horizons ***Fils de l'eau*** et ***États projetés***, les proportions d'habitants impactées par des concentrations en dioxyde d'azote supérieures à 12 µg/m^3 diminuent avec la réalisation du projet :

- -1 % entre le ***Fil de l'eau 2028*** et l'***État projeté 2028*** ;
- -31 % entre le ***Fil de l'eau 2048*** et l'***État projeté 2048***.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a donc un effet positif sur l'impact des populations.

Aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote supérieures à 25 µg/m^3. **A fortiori aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote ne respectant pas la valeur limite réglementaire de 40 µg/m^3, quel que soit l'horizon d'étude, avec et sans projet.**

TABLEAU 30 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE – ÉTAT INITIAL 2023

Commune	Nom de l'IRIS	Population impactée en nombre d'habitants				
		Teneurs < 12 µg/m³	Teneurs comprises entre 12 et 15 µg/m³	Teneurs comprises entre 15 et 20 µg/m³	Teneurs comprises entre 20 et 25 µg/m³	Teneurs supérieures à 40 µg/m³
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	719	< 50 hab.			
Caen	14118 0101 - Préfecture		2 412	131		
	14118 0102 - Le Château	< 50 hab.	2 043	< 50 hab.		
	14118 0201 - Saint-Jean		2 853	124		
	14118 0202 - Théâtre		2 101	203	< 50 hab.	
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	< 50 hab.	1 334	173	< 50 hab.	
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	< 50 hab.	119			
	14118 0303 - Quartier Branville	< 50 hab.	1 959	< 50 hab.		
	14118 0401 - Bas de Venoix	< 50 hab.	308	< 50 hab.		
	14118 0402 - La Prairie		30	< 50 hab.		
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	< 50 hab.	1 163	< 50 hab.		
	14118 0502 - Le Beau Site	< 50 hab.	1 093	175		
	14118 0601 - La Haie Vigne		2 875	347	< 50 hab.	
	14118 0701 - Beaulieu	< 50 hab.	369			
	14118 0702 - Quartier Malherbe	< 50 hab.	413	68		
	14118 0801 - Saint-Paul	< 50 hab.	735	51		
	14118 0802 - Les Coutures	< 50 hab.	1 757	331	< 50 hab.	
	14118 0803 - La Maladrerie	347	1 369	< 50 hab.		
	14118 0804 - Authie Sud	< 50 hab.	2 038	50	< 50 hab.	
	14118 0901 - Chemin Vert	232	1 767			
	14118 0902 - Champagne	< 50 hab.	1 274	203		
	14118 0903 - Méridien	< 50 hab.	1 231	< 50 hab.		
	14118 0904 - Chardonneret		1 256	38		
	14118 1001 - Verte Vallée	< 50 hab.	1 206	68		
	14118 1101 - Jardin des Plantes	< 50 hab.	674	132	< 50 hab.	
	14118 1102 - Saint-Nicolas	< 50 hab.	1 861	174	< 50 hab.	
	14118 1201 - Université	54	761			
	14118 1202 - Saint-Julien	< 50 hab.	1 190	< 50 hab.		
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	123	82			
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	52	< 50 hab.			
	14118 1502 - Saint-Gilles	89	939	< 50 hab.		
	14118 1601 - Le Port	45	2 139	65		
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	135	327			
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	< 50 hab.	253			
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	< 50 hab.	1 537	149	< 50 hab.	
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	415	458			
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	474	614			
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	< 50 hab.	319			
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	216	702			
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	< 50 hab.	1 614	< 50 hab.		
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	264	420	< 50 hab.		
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	224	621	< 50 hab.		
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	807	386			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	245	387			
Total		**4 553**	**47 024**	**2 716**	**< 50 hab.**	**0**

TABLEAU 31 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE – FIL DE L'EAU 2028

Commune	Nom de l'IRIS	Population impactée en nombre d'habitants				
		Teneurs < 12 µg/m³	Teneurs comprises entre 12 et 15 µg/m³	Teneurs comprises entre 15 et 20 µg/m³	Teneurs comprises entre 20 et 25 µg/m³	Teneurs supérieures à 40 µg/m³
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	737	< 50 hab.			
Caen	14118 0101 - Préfecture		2 497	< 50 hab.		
	14118 0102 - Le Château	61	2 013	< 50 hab.		
	14118 0201 - Saint-Jean		2 959	< 50 hab.		
	14118 0202 - Théâtre		2 278	< 50 hab.		
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	< 50 hab.	1 432	79	< 50 hab.	
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	83	< 50 hab.			
	14118 0303 - Quartier Branville	264	1 738	< 50 hab.		
	14118 0401 - Bas de Venoix	< 50 hab.	310	< 50 hab.		
	14118 0402 - La Prairie		< 50 hab.	< 50 hab.		
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	< 50 hab.	1 171	< 50 hab.		
	14118 0502 - Le Beau Site	< 50 hab.	1 186	83		
	14118 0601 - La Haie Vigne		3 028	208	< 50 hab.	
	14118 0701 - Beaulieu	148	241			
	14118 0702 - Quartier Malherbe	77	378	< 50 hab.		
	14118 0801 - Saint-Paul	< 50 hab.	768	< 50 hab.		
	14118 0802 - Les Coutures	< 50 hab.	1 936	125		
	14118 0803 - La Maladrerie	685	1 061			
	14118 0804 - Authie Sud	483	1 598	< 50 hab.		
	14118 0901 - Chemin Vert	738	1 261			
	14118 0902 - Champagne	< 50 hab.	1 438	< 50 hab.		
	14118 0903 - Méridien	169	1 066			
	14118 0904 - Chardonneret		1 290	< 50 hab.		
	14118 1001 - Verte Vallée	166	1 092	< 50 hab.		
	14118 1101 - Jardin des Plantes	108	656	< 50 hab.		
	14118 1102 - Saint-Nicolas	< 50 hab.	1 982	56	< 50 hab.	
	14118 1201 - Université	432	383			
	14118 1202 - Saint-Julien	483	714	< 50 hab.		
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	154	51			
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	58				
	14118 1502 - Saint-Gilles	470	563	< 50 hab.		
	14118 1601 - Le Port	138	2 088	< 50 hab.		
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	281	181			
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	121	146			
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	191	1 454	< 50 hab.		
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	595	278			
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	806	282			
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	51	273			
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	526	392			
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	749	902			
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	274	422	< 50 hab.		
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	663	196			
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	844	349			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	152	480			
Total		**10 798**	**42 611**	**918**	**< 50 hab.**	**0**

TABLEAU 32 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE – ÉTAT PROJETÉ 2028

Commune	Nom de l'IRIS	Population impactée en nombre d'habitants				
		Teneurs < 12 µg/m³	Teneurs comprises entre 12 et 15 µg/m³	Teneurs comprises entre 15 et 20 µg/m³	Teneurs comprises entre 20 et 25 µg/m³	Teneurs supérieures à 40 µg/m³
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	664	81			
Caen	14118 0101 - Préfecture	244	2 297	< 50 hab.		
	14118 0102 - Le Château	162	1 902	< 50 hab.		
	14118 0201 - Saint-Jean	546	2 414	< 50 hab.		
	14118 0202 - Théâtre	462	1 793	< 50 hab.		
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	< 50 hab.	1 435	77	< 50 hab.	
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	84	< 50 hab.			
	14118 0303 - Quartier Branville	693	1 309	< 50 hab.		
	14118 0401 - Bas de Venoix	< 50 hab.	293	< 50 hab.		
	14118 0402 - La Prairie	< 50 hab.	< 50 hab.			
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	79	1 098			
	14118 0502 - Le Beau Site	< 50 hab.	1 174	74		
	14118 0601 - La Haie Vigne	590	2 484	164	< 50 hab.	
	14118 0701 - Beaulieu	190	199			
	14118 0702 - Quartier Malherbe	356	124	< 50 hab.		
	14118 0801 - Saint-Paul	319	461	< 50 hab.		
	14118 0802 - Les Coutures	224	1 787	92		
	14118 0803 - La Maladrerie		1 746			
	14118 0804 - Authie Sud	553	1 528	< 50 hab.		
	14118 0901 - Chemin Vert	778	1 221			
	14118 0902 - Champagne	< 50 hab.	1 456	< 50 hab.		
	14118 0903 - Méridien		1 235			
	14118 0904 - Chardonneret	552	742			
	14118 1001 - Verte Vallée	124	1 127	< 50 hab.		
	14118 1101 - Jardin des Plantes	110	655	< 50 hab.		
	14118 1102 - Saint-Nicolas	372	1 599	69	< 50 hab.	
	14118 1201 - Université	437	378			
	14118 1202 - Saint-Julien	107	1 086	< 50 hab.		
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	154	51			
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	58				
	14118 1502 - Saint-Gilles	104	925	< 50 hab.		
	14118 1601 - Le Port	77	2 145	< 50 hab.		
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	< 50 hab.	459			
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	172	95			
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	312	1 341	< 50 hab.		
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	312	561			
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	280	808			
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest		324			
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est		918			
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest		1 651			
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	316	383			
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	227	629	< 50 hab.		
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	789	404			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	495	137			
Total		**11 041**	**42 505**	**783**	**< 50 hab.**	**0**

TABLEAU 33 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE – FIL DE L'EAU 2048

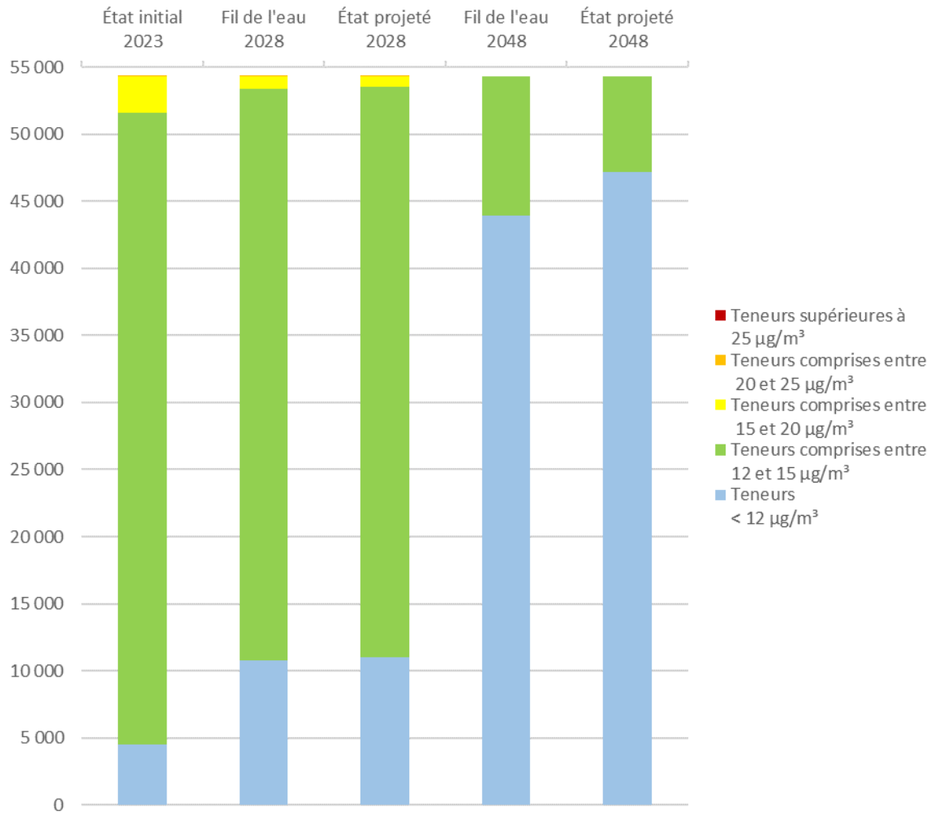
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	745				
	14118 0101 - Préfecture	2 103	440			
	14118 0102 - Le Château	1 801	287			
	14118 0201 - Saint-Jean	1 491	1 486			
	14118 0202 - Théâtre	1 298	1 007			
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	1 061	457			
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	120				
	14118 0303 - Quartier Branville	1 779	224			
	14118 0401 - Bas de Venoix	247	98			
	14118 0402 - La Prairie	< 50 hab.	< 50 hab.			
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	1 081	96			
	14118 0502 - Le Beau Site	763	509			
	14118 0601 - La Haie Vigne	2 328	911			
	14118 0701 - Beaulieu	307	82			
	14118 0702 - Quartier Malherbe	336	148			
	14118 0801 - Saint-Paul	603	186			
	14118 0802 - Les Coutures	1 234	869			
	14118 0803 - La Maladrerie	1 459	287			
	14118 0804 - Authie Sud	1 905	193			
	14118 0901 - Chemin Vert	1 953	< 50 hab.			
Caen	14118 0902 - Champagne	1 020	461			
	14118 0903 - Méridien	1 173	62			
	14118 0904 - Chardonneret	1 024	270			
	14118 1001 - Verte Vallée	1 032	243			
	14118 1101 - Jardin des Plantes	551	259			
	14118 1102 - Saint-Nicolas	1 603	439			
	14118 1201 - Université	813	< 50 hab.			
	14118 1202 - Saint-Julien	1 142	60			
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	203	< 50 hab.			
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	58				
	14118 1502 - Saint-Gilles	977	57			
	14118 1601 - Le Port	2 038	211			
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	461	< 50 hab.			
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	251	< 50 hab.			
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	1 174	521			
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	865	< 50 hab.			
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	1 088				
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	312	< 50 hab.			
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	908	< 50 hab.			
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	1 503	148			
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	589	110			
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	732	127			
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	1 180	< 50 hab.			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	632				
Total		**43 964**	**10 371**	**0**	**0**	**0**

TABLEAU 34 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE – ÉTAT PROJETÉ 2048

Commune	Nom de l'IRIS	Population impactée en nombre d'habitants				
		Teneurs < 12 µg/m³	Teneurs comprises entre 12 et 15 µg/m³	Teneurs comprises entre 15 et 20 µg/m³	Teneurs comprises entre 20 et 25 µg/m³	Teneurs supérieures à 40 µg/m³
Authie	14030 0000 - Commune non irisée	745				
Caen	14118 0101 - Préfecture	2 388	155			
	14118 0102 - Le Château	1 557	531			
	14118 0201 - Saint-Jean	2 642	335			
	14118 0202 - Théâtre	2 293	< 50 hab.			
	14118 0301 - Le Bas Vaucelles	1 382	136			
	14118 0302 - Quartier du Vieux Cimetière	92	< 50 hab.			
	14118 0303 - Quartier Branville	1 760	243			
	14118 0401 - Bas de Venoix	343	< 50 hab.			
	14118 0402 - La Prairie	< 50 hab.				
	14118 0501 - Le Bon Sauveur	828	349			
	14118 0502 - Le Beau Site	1 186	86			
	14118 0601 - La Haie Vigne	2 365	874			
	14118 0701 - Beaulieu	389				
	14118 0702 - Quartier Malherbe	376	108			
	14118 0801 - Saint-Paul	700	89			
	14118 0802 - Les Coutures	1 529	574			
	14118 0803 - La Maladrerie	1 263	483			
	14118 0804 - Authie Sud	1 377	721			
	14118 0901 - Chemin Vert	1 910	89			
	14118 0902 - Champagne	1 299	182			
	14118 0903 - Méridien	1 138	97			
	14118 0904 - Chardonneret	858	436			
	14118 1001 - Verte Vallée	1 235	< 50 hab.			
	14118 1101 - Jardin des Plantes	730	80			
	14118 1102 - Saint-Nicolas	1 804	238			
	14118 1201 - Université	815				
	14118 1202 - Saint-Julien	1 202				
	14118 1301 - Calvaire Saint-Pierre	158	< 50 hab.			
	14118 1501 - Saint-Jean Eudes	58				
	14118 1502 - Saint-Gilles	1 034				
	14118 1601 - Le Port	2 127	122			
	14118 1901 - La Grâce de Dieu Sud	313	149			
	14118 1902 - La Grâce de Dieu Est	267				
	14118 1903 - La Grâce de Dieu Ouest	1 615	80			
	14118 2002 - Hameau de la Folie Couvrechef	737	136			
	14118 2004 - Quartier des Boutiques	899	189			
	14118 2005 - Zone Activité Nord-Ouest	289	< 50 hab.			
	14118 2006 - Zac de la Folie Couvrechef Est	588	330			
	14118 2007 - Zac de la Folie Couvrechef Ouest	1 649	< 50 hab.			
Carpiquet	14137 0000 - Commune non irisée	576	123			
Fleury-sur-Orne	14271 0102 - Secteur périphérique	857	< 50 hab.			
Saint-Contest	14566 0000 - Commune non irisée	1 117	76			
Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	145870000 - Commune non irisée	620	< 50 hab.			
Total		**47 146**	**7 189**	**0**	**0**	**0**

FIGURE 94 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS LA BANDE D'ÉTUDE

Source : Egis



4.4 - Synthèse de l'IPP

Sur la base des données de trafic prises en compte, et du calcul de l'Indice Pollution-Population, indicateur sanitaire simplifié, la réalisation du projet induirait une diminution de l'exposition des populations présentes dans la bande d'étude pour le dioxyde d'azote.

Entre les horizons Fil de l'eau et État projeté (2028 et 2048), les proportions d'habitants impactées par des concentrations en dioxyde d'azote supérieures à 12 µg/m³ diminuent de -1 % à -31 % avec la réalisation du projet. **Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a donc un effet positif sur l'impact des populations**.

Aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote ne respectant pas la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³, quel que soit l'horizon d'étude, avec et sans projet.

Il est à noter, par ailleurs, une nette amélioration de l'exposition des populations entre l'état initial et les horizons futurs, sans réalisation du projet.

5 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

Ce chapitre contient quatre thématiques qui ne sont pas directement traitées dans les impacts sur :

- La qualité de l'air : chapitre 3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air ;
- Les populations : chapitre 4 - Évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations.

Ces thématiques concernent :

- La pollution sensible (liée à la perception) :
  - Odeurs ;
  - Transparence de l'air ;
  - Nuages de poussières ;
- Les impacts de la pollution atmosphérique sur :
  - Le sol ;
  - La flore ;
  - La faune ;
  - Les bâtiments ;
  - L'économie ;
- Les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) issues de la circulation routières et assimilées aux émissions de GES ;
- La consommation énergétique liée au trafic routier.

Les deux premiers items sont traités en fonction des sources bibliographiques existantes, les deux suivants sont les résultats des calculs des émissions sur le réseau routier retenu et les trafics étudiés.

5.1 - Pollution sensible

5.1.1 - Odeurs

De très nombreuses molécules odorantes sont présentes dans l'air. À concentration suffisante, elles deviennent perceptibles par les récepteurs olfactifs de la paroi nasale et engendrent une réponse émotionnelle (agréable ou non, sucrée, aigre, etc.), une réponse affective (souvenirs, faim, stress, *etc.*) avant la réponse descriptive (odeur de vanille, d'herbes sèches ou d'ordures).

La perception très fréquente d'odeurs fortes et/ou désagréables engendre un trouble important, source du deuxième motif de plainte après le bruit. Ainsi l'odeur acide, nauséabonde… est souvent associée à un risque sanitaire, mais ce rapprochement est le plus souvent sans fondement puisque les composés odorants perçus sont présents à des niveaux inférieurs aux valeurs limites d'exposition (VLE).

Cette perception chronique, bien qu'inoffensive directement, peut provoquer un stress entrainant des conséquences sur la santé (troubles respiratoires, nausées, vomissements, troubles du sommeil, etc.).

Trois types d'activités principales sont génératrices d'odeurs :

- Les émissions industrielles :
  - Activités liées à l'énergie (pétrochimie, combustion de gaz de charbon, pétrole) ;
  - Activités chimiques (chimie minérale, organique ou inorganique) ;
  - Activités de l'industrie du bois, du papier et de la viscose ;
  - Activités des industries de l'agroalimentaire (préparation d'aliments : sucres, levures alimentaires…) ;
- Les déchets d'origine :
  - Végétale : compostage, algue verte ;
  - Animale : carcasses d'animaux, déchets de poissons, fumier, épandage ;
  - Anthropique : déchets ménagers et industriels ;
- Les installations de traitement des eaux usées :
  - Réseaux de collecte et d'assainissement ;
  - Stations d'épuration urbaines et industrielles.

Par conséquent, un réseau routier et le trafic associé ne sera pas générateur d'odeurs hormis celles chroniques des échappements (liées à la combustion incomplète des carburants) ou occasionnelles suite au passage d'un transport de boues de stations d'épuration, d'ordures ménagères…

5.1.2 - Transparence de l'air

Des conditions météorologiques anticycloniques, en particulier en hiver, apportent une situation de vents calmes favorisant la stagnation au-dessus des zones géographiques fortement émissives (régions industrielles, métropoles). Il peut ainsi apparaître des cloches de pollution visibles de loin, voire des nuages opacifiant plus ou moins le ciel (*Cf.* Figure 95), comme le smog (contraction anglaise de smoke – fumée et fog – brouillard). Ce smog peut provoquer des atteintes plus ou moins importantes sur la santé, en témoigne l'épisode de smog à Londres du 5 au 9 décembre 1952 à l'origine de plus de 4 000 morts dans les semaines suivantes.

FIGURE 95 – COMPARAISON DE SITUATION SANS ET AVEC UNE POLLUTION PROVOQUANT UN SMOG À PARIS

Source : Carlos Moreno



Ces niveaux de transparence, plus ou moins marqués, reflètent la qualité de l'air, et aussi sa dégradation, mesurée par les stations des AASQAs.

5.1.3 - Nuages de poussière

Les nuages de poussière sont des phénomènes occasionnels dont l'origine repose sur des conditions météorologiques spécifiques. Il s'agit de vents dont les vitesses sont supérieures à 15-20 km/h soufflant sur des sols instables : dune, plage, champ avant végétalisation et durant des phases d'exploitation, chantier, carrière, stockage de matériau de granulométrie fine…

Ces nuages de poussière naissent ainsi du ré-envol des particules (*Cf.* Figure 96). Plus les vitesses des vents augmentent, plus la granulométrie des poussières augmente également.

FIGURE 96 – RÉ-ENVOL DES RÉSIDUS DE STOCKAGE D'UNE USINE DE PRODUCTION D'ALUMINES

Source : Jean-Claude Monet



5.2 - Pollution atmosphérique et environnement

5.2.1 - Effets sur les sols

Lorsque le sol devient plus acide, sa capacité à retenir de nombreux nutriments, minéraux et éléments essentiels, comme le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le potassium (K), diminue. Ces derniers sont donc transportés par l'eau qui s'écoule à travers le sol et les rend moins disponibles pour les organismes qui y vivent.

De même, l'augmentation de l'acidité du sol peut accroître la mobilité des métaux lourds qui s'y trouvent et qui s'écoulent alors plus facilement dans les lacs, les cours d'eau et les ruisseaux.

5.2.2 - Effets sur la flore

Les polluants atmosphériques ont des impacts importants sur les cultures et les écosystèmes, de manière chronique (poussières sur les feuilles limitant la photosynthèse) ou de manière aigüe (action agressive engendrant ou permettant l'action de maladies).

5.2.2.1 - Ozone

Ce polluant, particulièrement, possède des propriétés oxydantes impactant fortement la végétation. La plupart des végétaux sont sensibles à l'ozone, à des degrés divers cependant. Parmi les plantes cultivées, les plus vulnérables sont blé, le soja, la laitue, l'oignon, la tomate, le tournesol et certaines légumineuses comme le haricot.

L'ozone provoque ainsi des dégâts spectaculaires au niveau des feuilles, l'exposition de la végétation à des concentrations très fortes mais ponctuelles d'ozone entrainent des tâches ou des nécroses (*Cf.* Figure 97). Cet impact reste limité aux feuilles endommagées et cesse après le pic de pollution. D'une manière plus insidieuse, l'ozone agit sur la réduction de la photosynthèse et l'augmentation de la respiration, affaiblissant ainsi les organismes et diminuant la croissance des plantes. À titre d'exemple, la pollution atmosphérique à l'ozone a réduit de 10 % sur une quinzaine d'années les rendements du blé en Île-de-France.

FIGURE 97 – IMPACT FOLIAIRE DE L'OZONE

Source : Atmo Nouvelle-Aquitaine



5.2.2.2 - Pluies acides

Les polluants atmosphériques, portés par les vents, peuvent parcourir de longues distances et impacter des écosystèmes sensibles et éloignés des sources d'émissions. Sous l'effet des oxydes d'azote (NOx) et du dioxyde de soufre (SO_2), les précipitations (pluies et neiges) et le brouillard deviennent plus acides et altèrent alors les sols et les cours d'eau, entrainant un déséquilibre des écosystèmes et un appauvrissement de la biodiversité. Les forêts de conifères sont particulièrement sensibles aux pluies acides (*Cf.* Figure 98).

FIGURE 98 – IMPACT DES PLUIES ACIDES SUR UNE FORÊT DE CONIFÈRES

Source : Atmo Nouvelle-Aquitaine



5.2.2.3 - Bio-indicateurs

Certaines plantes sensibles à la pollution atmosphérique sont utilisées comme outils d'évaluation dans les programmes de recherches. C'est ainsi le cas pour :

- Les lichens, inexistants dans les secteurs géographiques où la pollution atmosphérique est avérée ;
- Le tabac et certains trèfles, très sensibles à l'ozone (réaction foliaire quelques heures après une exposition forte), utilisés comme outils d'alerte ;
- Les mousses, marqueurs des métaux ;
- …

5.2.3 - Effets sur la faune

La pollution atmosphérique peut être préjudiciable à la faune de deux principales façons :

- La détérioration de la qualité de l'environnement ou de l'habitat des espèces ;
- La diminution de la disponibilité et de la qualité de l'approvisionnement alimentaire.

Les pluies acides altèrent la qualité des cours d'eau et des plans d'eau en modifiant la composition chimique des eaux et en favorisant le lessivage des métaux lourds, très toxiques pour la faune aquatique. Le smog, les poussières, l'ozone, *etc.* par leurs effets sur la flore perturbe les milieux favorables aux espèces, entrainant parfois jusqu'à leur disparition.

Stockés par les végétaux à l'origine de la chaîne alimentaire, les polluants sont ensuite et successivement ingérés et emmagasinés dans les tissus par les différentes espèces animales. Ce processus est nommé bioaccumulation. Ces polluants peuvent être toxiques pour les animaux en :

- Perturbant leur fonction endocrinienne ;
- Endommageant leurs organes ;
- Accroissant leur vulnérabilité au stress et à la maladie ;
- Diminuant leur succès de reproduction ;
- Causant possiblement leur mort.

Les changements dans l'abondance d'une espèce causés par la pollution atmosphérique peuvent grandement influer sur l'abondance (augmentation ou diminution) et la santé des espèces dépendantes y compris l'espèce humaine.

Le déclin des espèces polinisatrices est un exemple connu des effets sur la faune de la pollution atmosphérique, plus précisément des effets des produits phytosanitaires aérosols.

5.2.4 - Effets sur les bâtiments

On observe, davantage dans les zones urbanisées, une dégradation physique et esthétique des bâtiments anciens et des statues. Il apparaît ainsi une alternance de zones sombres et claires (*Cf.* Figure 99).

Les zones sombres sont formées s'une pellicule de suies associées à des faibles quantités de sulfates et de carbonates. Elles sont à l'abri de la pluie et ces zones ne sont donc pas lessivées par les précipitations, d'où leur teinte. Les zones claires, elles, sont lessivées par les eaux. Le matériau de construction est alors mis à nu et parfois érodé.

Les verres des fenêtres et des façades des immeubles contemporains souffrent moins, leur composition étant chimiquement plus stable. Toutefois, la pluie peut laisser des traces légèrement opacifiantes. Les vitraux anciens sont attaqués par les pluies jusqu'à des niveaux de corrosion avancés.

FIGURE 99 – IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LES MATÉRIAUX

Source : Airparif



5.2.5 - Effets sur l'économie

En 2012, le Commissariat Général au Développement durable estimait le coût de la pollution atmosphérique par les particules sur la santé entre 20 et 30 milliards d'euros par an dont plus de la moitié imputable à la mortalité. Plus récemment, la Commission d'enquête du Sénat et le rapport de l'OCDE aboutissait à des tendances similaires malgré des divergences de chiffres, avec respectivement par année 67 à 98 milliards pour le coût total de la pollution de l'air (Sénat) et 51 milliards pour la seule mortalité liée à la pollution aux particules fines (OCDE).

Au-delà des décès, les maladies dues à la pollution de l'air impactent principalement le système de soin : l'asthme, les bronchites aiguës et chroniques, les pneumopathies et les cancers des voies respiratoires.

5.3 - Gaz à effet de serre

Les polluants atmosphériques n'ont pas uniquement des effets négatifs sur l'homme et l'environnement. Ils influencent aussi directement indirectement le climat.

5.3.1 - Dérèglement climatique

Au cours du XXème siècle, le réchauffement général de la planète a été de +0,5 °C. Suivant les engagements de la COP21, à savoir limiter le réchauffement mondial moyen bien en deçà de 2 °C, tout en poursuivant les efforts pour limiter le réchauffement à 1,5 °C d'ici 2100, la persistance et l'amplification de ce phénomène est prévisible. Il conduirait, entre autres conséquences, à la fonte des glaciers et l'élévation du niveau moyen des mers.

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) augmentent les quantités déjà présentes dans l'atmosphère et conséquemment accentuent le réchauffement climatique global de la planète, d'après le GIEC. Pour autant, il n'existe aucune certitude sur l'importance et les conséquences de ce réchauffement global. Toutefois, les scientifiques s'accordent sur certaines perspectives éventuelles :

- Climat – multiplication d'évènements météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, sécheresses, *etc.*) ;
- Environnement – fonte des glaces, augmentation de l'élévation des mers, modification des grands courants marins, extinction d'espèces animales et végétales, migrations climatiques animales et humaines, *etc.* ;
- Alimentation – diminution et perte de fertilité des sols, chute des productions agricoles, déplacements des zones de production, risque de famines ;
- Santé – développement de maladies transmises par des agents vecteurs, augmentation des affections cardio-respiratoires en lien avec le stress thermique, intensification des problèmes sanitaires pour les plus vulnérables, *etc.*

5.3.2 - Actions des GES

Les Gaz à Effet de Serre sont les gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations qui rencontrent d'autres molécules de gaz, répétant ainsi le processus et créant l'effet de serre, avec augmentation de la température. Les GES ont pour origine première les activités humaines et les combustibles fossiles.

Les principaux GES sont :

- La vapeur d'eau – H_2O – produit par l'évaporation des masses d'eau ;
- Le dioxyde de carbone – CO_2 – produit par la combustion de combustibles fossiles et la déforestation ;
- Le méthane – CH_4 – présent par la décomposition anaérobie de composés organiques (ruminants, rizières, décharges, etc.) et la pyrolyse des composés carbonés ;
- Le protoxyde d'azote – N_2O – produit par l'industrie chimique et les produits azotés ;
- Les hydrocarbures fluorés – HFC, PFC, SF_6, CFC et HCFC – présents dans les gaz réfrigérants et divers procédés industriels (expansion des mousses plastiques, composants électroniques, appareillage haute tension, électrolyse de l'alumine, etc.) ;
- L'ozone – O_3 – produit par réaction des COV et des oxydes d'azote.

Toutefois, la vapeur d'eau et l'ozone ne sont pas pris en compte dans les évaluations des Gaz à Effet de Serre.

Ces différents GES ont un impact plus ou moins important sur le climat. Afin de pouvoir les comparer, les émissions de GES sont exprimées dans une unité commune : le CO_{2e}, c'est-à-dire en équivalent CO_2. Un indicateur d'impact – le Potentiel de Réchauffement Global (PRG) – a été créé. Il permet de classer l'impact des GES comparativement à l'impact du CO_2, et ce, à une échéance de 100 ans.

L'indicateur PRG signifie que :

1 gramme d'un GES ayant un PRG de n sera équivalent à n gramme de CO_2

Les indicateurs PRG des différents Gaz à Effet de Serre évoluent régulièrement puisqu'ils dépendent :

- Des concentrations des divers GES déjà présents dans l'atmosphère et qui évoluent continuellement ;
- Des cycles naturels des gaz considérés qui conditionnent leur durée de vie dans l'air.

La durée de vie du CO_2 étant de 100 ans, on considère généralement cette échéance pour exprimer l'impact des GES.

Les PRG des principaux GES sont détaillés dans le Tableau 35. Ces valeurs signifient que le méthane d'origine fossile, par exemple, aura une action 30 fois supérieure à celle du dioxyde d'azote ou que celle du CFC sera de 4 660 à 13 900 fois supérieure à celle du CO_2 (en fonction de la molécule de CFC considérée).

TABLEAU 35 – TABLEAU DES PRINCIPAUX PRG À 100 ANS

Nom du gaz	PRG à 100 ans
Dioxyde de carbone fossile - CO_2	1
Méthane biogénique - CH_{4b}	28
Méthane fossile - CH_{4f}	30
Protoxyde d'azote - N_2O	265
Hexafluorure de soufre - SF_6	23 500
HFC	138 à 12 400
PFC	6 630 à 11 100
CFC	4 660 à 13 900
HCFC	79 à 1 980

Source : 5 ème rapport du GIEC

Les GES ont un effet primordial sur la destruction de l'ozone stratosphérique, en particulier par l'action de composés chimiques à base de chlore et de brome, tels que les chlorofluorocarbones (CFC) ou les bromures de méthyle (CH_3Br), résultant des activités humaines et participant ainsi à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, notamment au-dessus des pôles. Cette couche naturelle limite l'arrivée de certains rayons ultra-violets néfastes pour notre santé et notre environnement.

En effet, une augmentation du flux de rayons UV atteignant la surface terrestre suite à une diminution de la concentration en ozone dans la haute atmosphère pourrait avoir de graves conséquences sur les êtres vivants, à savoir :

- Pour l'environnement :
  - Réduction de la taille des feuilles ;
  - Diminution de la photosynthèse ;
  - Impact sur le rendement et la qualité des cultures ;
  - Disparition du plancton ;
- Pour l'homme :
  - Brûlures superficielles ;
  - Atteintes oculaires ;
  - Augmentation des cancers et vieillissement de la peau ;
  - Maladies du système immunitaire ;
  - …

5.3.3 - Calcul des émissions de GES liées au projet

La méthodologie Copert 5 (*Cf.* chapitre 3.1.2 - Évaluation des émissions routières) ne permet pas de calculer l'ensemble des émissions de Gaz à Effet de Serre induites par le trafic routier retenu. Seules les émissions de dioxyde de carbone sont calculées.

Les émissions routières pour le dioxyde de carbone ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier, pour l'***État initial 2023*** (EI23) à l'horizon 2023, pour les ***Fils de l'eau 2028*** et ***2048*** et les ***États projetés 2028*** et ***2048***. Elles sont présentées dans le Tableau 36.

Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre :

- L'État initial 2023 et le Fil de l'eau 2028 (noté $(FE_{28}\text{-}EI_{23})/EI_{23}$) ;
- Le Fil de l'eau 2028 et le Fil de l'eau 2048 (noté $(FE_{48}\text{-}FE_{28})/FE_{28}$) ;
- Le Fil de l'eau 2028 et l'État projeté 2028 (noté $(EP_{28}\text{-}FE_{28})/FE_{28}$;
- Le Fil de l'eau 2048 et l'État projeté 2048 (noté $(EP_{48}\text{-}FE_{48})/FE_{48}$.

Ces résultats témoignent d'une diminution des émissions de dioxyde de carbone entre l'***État initial 2023*** et les situations au ***Fil de l'eau 2028*** (-4 %) et ***2048*** (-18 %), malgré l'augmentation faible du kilométrage parcouru (+1 % en 2028 et +3 % en 2048).

Les émissions de dioxyde de carbone diminuent entre les situations au ***Fil de l'eau*** et les ***États projetés*** quel que soit l'horizon considéré : ***2028*** (-7 %) ou ***2048*** (-12 %). Cette diminution est directement corrélée avec la baisse du kilométrage parcouru (-7 % en 2028 et -12 % en 2048).

TABLEAU 36 – BILAN DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE DU RÉSEAU ROUTIER ÉTUDIÉ (EN T/JOUR)

Groupe de tronçons	État initial	Fil de l'eau		État projeté		Évolution			
	2023	2028	2048	2028	2048	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	$(EP_{48}-FE_{48})/FE_{48}$
Beaulieu	10.01	8.93	7.38	8.04	6.21	-11%	-10%	-17%	-16%
Guillou - Detolle - Bayeux	13.67	13.22	10.80	13.20	10.29	-3%	-0.2%	-18%	-5%
La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	15.13	14.75	12.07	12.80	10.01	-3%	-13%	-18%	-17%
Maréchal Leclerc	1.60	1.51	1.23	0.68	0.52	-6%	-55%	-19%	-57%
Mémorial	2.53	2.49	1.99	2.98	2.31	-1%	20%	-20%	16%
Orne - Bassins	5.30	5.24	4.27	5.25	3.95	-1%	<0,1 %	-19%	-8%
RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	22.19	21.08	17.41	18.02	13.84	-5%	-15%	-17%	-20%
RD220	0.76	0.78	0.65	1.42	1.10	3%	82%	-17%	71%
Verdun - Château - Plaisance	3.97	4.07	3.37	4.72	3.74	3%	16%	-17.2%	11%
TOTAL	**75**	**72**	**59**	**67**	**52**	**-4%**	**-7%**	**-18%**	**-12%**

Source : Egis

5.3.4 - Consommation énergétique

Les calculs de consommation énergétique sont réalisés avec Copert 5 suivant la méthodologie précisée dans le chapitre 3.1.2 - Évaluation des émissions routières. Par conséquent, cette consommation est étroitement liée au parc roulant utilisé et les incertitudes sur la réalité de ce parc se reportent sur les résultats des calculs de consommation énergétique.

Les calculs ne prennent en compte que le réseau routier retenu. Les consommations énergétiques sont reportées dans le Tableau 37.

Ces résultats témoignent d'une diminution de la consommation énergétique entre l'***État initial 2023*** et les situations au ***Fil de l'eau 2028*** (-4 % %) et ***2048*** (-18 %), malgré l'augmentation faible du kilométrage parcouru (+1 % en 2028 et +3 % en 2048).

Les consommations énergétiques diminuent également entre les situations au ***Fil de l'eau*** et les ***États projetés*** quel que soit l'horizon considéré : ***2028*** (-7 %) ou ***2048*** (-12 %). Cette diminution est directement corrélée avec la baisse du kilométrage parcouru (-7 % en 2028 et -12 % en 2048).

TABLEAU 37 – CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (EN T/JOUR)

Groupe de tronçons	État initial	Fil de l'eau		État projeté		Évolution			
	2023	2028	2048	2028	2048	$(FE_{28}-EI_{23})/EI_{23}$	$(EP_{28}-FE_{28})/FE_{28}$	$(FE_{48}-FE_{28})/FE_{28}$	$(EP_{48}-FE_{48})/FE_{48}$
Beaulieu	3.16	2.82	2.33	2.54	1.96	-11%	-10%	-17%	-16%
Guillou - Detolle - Bayeux	4.32	4.18	3.41	4.17	3.25	-3%	0%	-18%	-5%
La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu	4.78	4.66	3.82	4.04	3.17	-2%	-13%	-18%	-17%
Maréchal Leclerc	0.50	0.48	0.39	0.21	0.17	-6%	-55%	-19%	-57%
Mémorial	0.80	0.79	0.63	0.94	0.73	-1%	20%	-20%	16%
Orne - Bassins	1.67	1.66	1.35	1.66	1.25	-1%	0%	-18%	-8%
RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert	7.00	6.66	5.50	5.69	4.38	-5%	-15%	-17%	-20%
RD220	0.24	0.25	0.20	0.45	0.35	3%	82%	-17%	71%
Verdun - Château - Plaisance	1.25	1.28	1.07	1.49	1.18	3%	16%	-17.1%	11%
TOTAL	**24**	**23**	**19**	**21**	**16**	**-4%**	**-7%**	**-18%**	**-12%**

Source : Egis

6 - MESURES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE PROXIMITÉ

6.1 - Mesures envisagées pour réduire l'impact sur l'air et la santé

À l'échelle d'une infrastructure routière, les actions de lutte contre la pollution atmosphérique sont peu nombreuses et leurs périmètres d'influence restent limités à proximité des voies. On distingue usuellement deux types de mesure de réduction :

- la **réduction des émissions polluantes** : limitation des vitesses (mesure dont l'impact est variable selon les polluants), réduction du trafic (par catégorie de véhicules, par tranche horaire, *etc.*) ;
- la **réduction des impacts** : éloignement des zones d'habitats et des sites sensibles; confinement de la pollution (insertion d'écrans acoustiques et végétalisés, adaptation des profils, *etc.*).

6.1.1 - Réduction des émissions polluantes par la limitation des vitesses set l'usage des transports en commun à l'échelle de l'agglomération de Caen

6.1.1.1 - Réduction des vitesses de circulation

Dans une étude réalisée an avril 2021[13], le CEREMA montre l'influence de la vitesse des véhicules sur les émissions en polluants atmosphériques et en gaz à effet de serre.

L'étude se concentre sur les oxydes d'azote (NOx) et les PM10 émis par les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires et les poids lourds. Les émissions en polluants sont comparées pour les parcs roulants de 2020, 2030, 2040 et 2050.

L'étude conclue :

- Aux alentours de 70 km/h pour un véhicule léger et 86 km/h pour un poids lourd, la vitesse moyenne correspond à un régime moteur optimal, pour lequel les émissions de polluants et la consommation de carburant sont minimales ;
- Pour des vitesses très faibles (inférieures à 30 km/h), les émissions et la consommation sont très élevées pour un véhicule léger et maximales pour un poids lourd ;
- Pour des vitesses élevées (dès 100 km/h), les émissions de NOx sont toujours supérieures à celles à très faible vitesse pour un véhicule léger.

La Figure 100 et la Figure 101 présentent les émissions en NOx en fonction de la vitesse pour les véhicules légers et les poids lourds.

Les calculs montrent également que les émissions en polluants (NOx et PM10) ont tendance à évoluer de moins en moins significativement en fonction des vitesses avec des parcs roulants à horizons lointains car les motorisations des véhicules sont de plus en plus propres.

FIGURE 100 – EMISSIONS DE NOX D'UN VÉHICULE LÉGER EN FONCTION DE LA VITESSE

Source : Émissions routières des polluants atmosphériques – Courbes et facteurs d'influence – CEREMA – Avril 2021

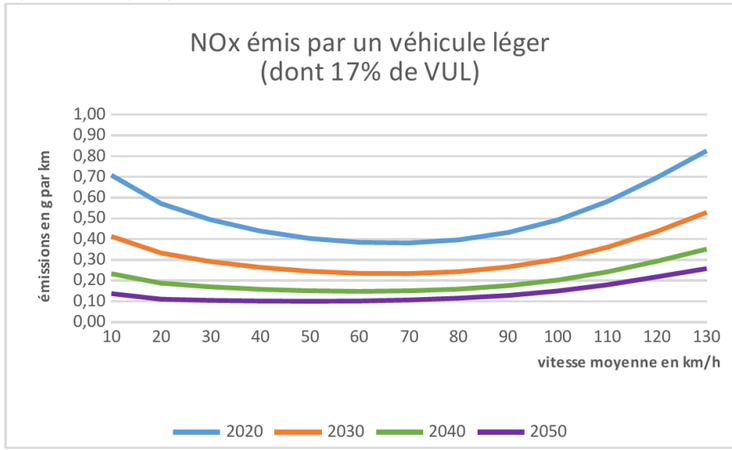
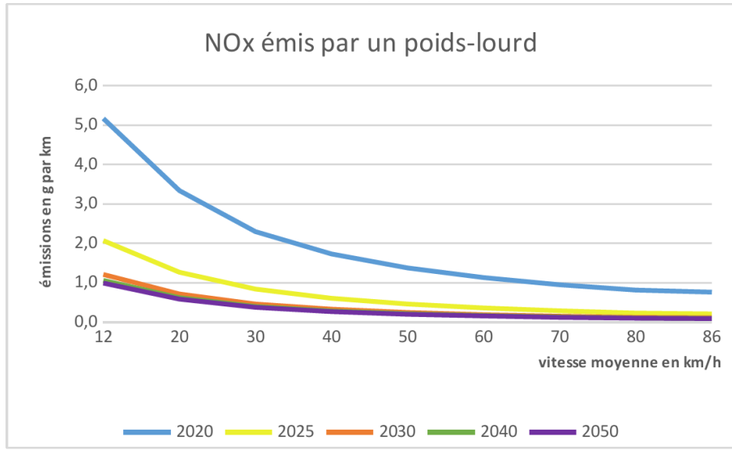


FIGURE 101 – EMISSIONS DE NOX D'UN POIDS LOURD EN FONCTION DE LA VITESSE

Source : Émissions routières des polluants atmosphériques – Courbes et facteurs d'influence – CEREMA – Avril 2021



6.1.1.2 - Transport en commun à Caen

Depuis le 1er janvier 2015, Caen la mer est organisatrice des transports publics et de la mobilité durable sur son territoire et met en œuvre la politique globale de déplacements avec des mesures concrètes émanant du Plan de Déplacements Urbains de la période 2013-2018.

Dans ce cadre, Caen la mer défini l'offre de transport du réseau Twisto qui propose une gamme complète de modes de déplacements de manière à faciliter la mobilité sur le territoire de Caen la mer.

[13] *Émissions routières des polluants atmosphériques – Courbes et facteurs d'influence – CEREMA – Avril 2021*

Le réseau de transport en commun de Caen la mer Twisto compte actuellement :

- 3 lignes de tramway :
  - T1 – Hérouville Saint-Clair → Ifs – Jean Vilar ;
  - T2 – Caen Campus 2 → Caen Presqu'Île ;
  - T3 – Caen Château Quatrans → Fleury Hauts de l'Orne ;
- 72 lignes de bus, dont principalement :
  - 12 lignes structurantes dites « lignes fortes » ;
  - 3 lignes Express ;
  - 10 lignes de proximité ;
  - 1 navette centre-ville ;
- Un service de mise à disposition de vélo :
  - 230 vélos en libre-service répartis dans 22 stations ;
  - 400 vélos à assistance électrique disponibles en location ;
- 2 Parcs Relais :
  - Au nord de Caen, à proximité de l'université Campus 2 – station tramway T2 Côte de Nacre ;
  - Au sud de Caen, à proximité du périphérique sud échangeur 13 – station tramway T1 Jean Vilar.

6.1.2 - Autres mesures de réduction des impacts

Les écrans physiques tels que les remblais, les talus, les protections phoniques (écran, merlon, *etc.*) permettent de limiter la dispersion des polluants, de les confiner au niveau de la voie et/ou de les dévier. La végétation (écran végétalisé, plantation dense en bordure de voies, *etc.*) peut également contribuer à limiter et à « piéger » la pollution particulaire et gazeuse.

Les écrans physiques peuvent entraîner une diminution des concentrations de 10 à 30 % à une distance de 70 à 100 m de la voie. Pour la végétation, les diminutions seraient de 10 à 40 % en fonction des végétaux et des conditions météorologiques.

Outre les écrans physiques, la photocatalyse permet de dégrader les oxydes d'azote, en présence de rayonnement UV et en contact avec un catalyseur, comme le dioxyde de titane (TiO_2). Ce catalyseur doit être déposé ou mélangé au matériau constituant la surface de la voie ou des murs. Au contact du TiO_2, les NOx vont se transformer en nitrates (NO_3) qui se déposeront à la surface du revêtement traité et seront éliminés par un nettoyage (pluie ou jet d'eau).

6.2 - Mesures envisagées en phase chantier

En phase chantier, les principales sources d'émissions polluantes sont :

- les émissions des moteurs thermiques des matériels roulants, compresseurs, groupes électrogènes, etc. ;
- les rejets des centrales à bitume, centrales d'enrobage, etc. ;
- les émissions de poussières produites par la circulation des engins, les mouvements des terres (notamment lors du terrassement) et les matériaux (transport, stockage, mise en œuvre) ;
- les émissions de poussières issues des opérations d'épandage de liants hydrauliques ; ces poussières sont susceptibles de véhiculer des composés nocifs pour la santé.

Les émissions des matériels, compresseurs, etc. sont fortement dépendantes des stratégies qui seront mises en œuvre par les entreprises lors des travaux.

Les centrales font l'objet d'une procédure de déclaration ou d'autorisation qui imposent des valeurs limites à l'émission.

Les poussières produites lors de la phase de chantier sont susceptibles de se déposer sur les végétaux et les bâtiments situés à proximité. Elles peuvent être à l'origine de salissures sur les bâtiments, mais surtout de risques sanitaires par inhalation et par ingestion (contamination des végétaux et de la chaine alimentaire). Pour limiter les émissions de poussière et leurs impacts, il est possible de prendre les mesures suivantes :

- Arroser de façon préventive, lors de conditions météorologiques défavorables (temps sec et venté) ;
- Choisir opportunément les lieux d'implantations des équipements et zones de stockage des matériaux en tenant compte des vents dominants et des zones urbanisées ;
- Éviter les opérations de traitement à la chaux ou aux liants hydrauliques et les opérations de chargement / déchargement des matériaux les jours de vents forts ;
- Mettre en place des dispositifs de protection (bâchage par exemple) au niveau des aires de stockage (permanentes ou temporaires) des matériaux susceptibles de générer des envols de poussières.

Rappelons que, conformément à la réglementation en vigueur, les brulages de matériaux (emballages, plastiques, caoutchouc, etc.) sont interdits.

Afin de réduire les émissions en polluants des véhicules de chantier, deux mesures peuvent être mises en place :

- Imposer le type de motorisation des véhicules de chantier ;
- Éteindre les moteurs lorsque le véhicule est à l'arrêt.

Au-delà, les travaux induisent souvent des nuisances olfactives causées par les centrales à bitumes, la réalisation des chaussées. Lors de la réalisation des chaussées, des émissions de COV se dégagent des enrobés à chaud générant des odeurs fortes, mais peu persistantes (quelques heures). Les nuisances engendrées par les centrales pourront être réduites en les éloignant autant que possible des zones d'habitations et en veillant au bon fonctionnement des appareils.

7 - MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE

7.1 - Méthodologie

La monétarisation et l'analyse des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre ont été réalisées conformément à la ***Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport, aux fiches outils associées*** (version du 1er octobre 2014) et ***le rapport d'Alain Quinet de février 2019 – La valeur de l'action pour le climat***. Ces documents de référence ont été rédigés par la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et par France Stratégie.

7.1.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

La fiche outil intitulé ***Effets sur la pollution locale de l'air***[14] avertit sur les limites de la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique.

Il est indiqué que « *les connaissances actuelles (données et outils disponibles) ne permettent pas de déterminer les pics de pollution, les variations saisonnières ou journalières de la pollution dues au projet* ».

Les résultats obtenus doivent davantage être lus comme des tendances plus que comme des valeurs formelles.

7.1.1.1 - Valeurs de référence

La fiche outil du 1er octobre 2014 intitulée ***Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique*** précise les valeurs de la pollution atmosphérique pour le mode routier devant être utilisées dans le calcul des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique. Ces valeurs sont indiquées par type de véhicules et par densité d'urbanisation des territoires (*Cf.* Tableau 38).

Le calcul des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique s'appuie sur :

- les types de véhicules et carburants associés ;
- la densité de l'urbanisation ;
- le taux de croissance du PIB par tête.

TABLEAU 38 – VALEURS DE RÉFÉRENCE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE POUR LE MODE ROUTIER

€2023/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VL essence	5.2	1.5	0.7	0.5	0.4
VL diesel	16.7	4.6	1.9	1.5	1.2
VL GPL	4.4	1.2	0.5	0.4	0.1
Utilitaire essence	7.4	2.1	0.8	0.6	0.4
Utilitaire diesel	23.7	6.7	2.9	2.4	2.1
PL diesel	156.3	30.8	14.6	7.8	5.2
Bus et cars	98.3	19.9	9.8	5.3	3.6

Source : Egis

7.1.1.2 - Répartition des véhicules et carburants aux horizons de l'étude

La répartition par type de véhicules est directement issue du parc roulant IFSTTAR 2022, défini à l'heure actuelle jusqu'en 2050. Cette répartition est présentée, pour les horizons d'étude 2023, 2028 et 2048, dans le Tableau 39.

TABLEAU 39 – RÉPARTITION DES VÉHICULES ET CARBURANTS AUX HORIZONS DE L'ÉTUDE

Type de véhicules	État initial 2023	Fil de l'eau 2028	Fil de l'eau 2048	État projeté 2028	État projeté 2048
VL essence	42%	40%	57%	47%	57%
VL diesel	54%	46%	22%	46%	22%
VL GPL	1%	1%	2%	1%	2%
Utilitaire essence	3%	7%	26%	6%	26%
Utilitaire diesel	95%	92%	41%	88%	41%
PL diesel	100%	98%	90%	98%	90%
Bus diesel	79%	69%	29%	69%	29%
Bus biodiesel	0%	0%	1%	0%	1%
Bus CNG	16%	20%	33%	20%	33%

Source : Egis

7.1.1.3 - Répartition de l'urbanisation aux horizons de l'étude

Les critères retenus pour la détermination de la densité d'urbanisation s'appuient sur la ***Méthode de construction de la grille de densité (typologie européenne) mise en œuvre au PSAR AT***[15]. Ils tiennent également compte de la définition officielle de l'Unité urbaine[16] telle qu'elle est décrite par l'INSEE, l'IGN, le MEDDE.

Ces valeurs de surfaces s'obtiennent, sous SIG, par la détermination des secteurs urbanisés (Corine Land Cover, Open Street Map, numérisation) et l'affectation des populations légales (Insee). Á défaut, il est possible d'utiliser la répartition de l'urbanisation (en ajoutant et en quantifiant les zones interurbaines) définies par l'INSEE[17].

Les populations communales ont été estimées sur la base des données de population INSEE de 2020 (*Cf.* paragraphe 2.1.2 - Populations).

Les classes de densité retenues sont issues de la fiche outil concernant les ***Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique*** (paragraphe 3 – Externalités environnementales). Cette répartition est présentée dans le Tableau 40.

TABLEAU 40 – RÉPARTITION DE L'URBANISATION DANS LA BANDE D'ÉTUDE

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interrurbain
Classes de densité	> 4 500 hab/km²	1 500 à 4 500 hab/km²	450 à 1 500 hab/km²	37 à 450 hab/km²	< 37 hab/km²
Horizon 2023	40%	9%	0%	14%	37%
Horizon 2028	40%	9%	0%	14%	37%
Horizon 2048	40%	9%	0%	14%	37%

Source : Egis

---

[14] *MEDDE - Fiche outil Effets sur la pollution de l'air – 01/10/14 – 3 Limites et précautions - page 2*

[15] *INSEE, Méthode de construction de la grille de densité (typologie européenne) mise en œuvre au PSAR AT15 - © Insee - Mars 2015*

[16] *INSEE - http://insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm*

[17] *INSEE - http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/grille-densite.htm*

7.1.1.4 - Croissance du PIB

Les croissances du PIB sont fournies par la Banque Mondiale[18] pour les années 1961 à 2022, par la Commission Européenne[19] pour les années 2006 à 2021, et par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) jusqu'en 2025.

En l'absence de données prévisionnelles à utiliser pour les horizons prospectifs au-delà de 2025, le taux de croissance du PIB ne peut pas être intégré dans cette méthodologie.

La croissance du PIB n'a donc pas été considérée dans le cadre de cette évaluation. Cette absence de donnée n'entrave toutefois pas l'analyse comparative entre les États au ***fil de l'eau 2028 et 2048*** et les ***États projetés 2028 et 2048***, puisqu'elle concerne les mêmes horizons d'étude.

7.1.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre

Le calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre s'appuie sur les émissions de dioxyde de carbone pour l'ensemble des tronçons et des véhicules et sur le coût de la tonne de CO_2 en $€_{2018}$ pour l'année considérée.

7.1.2.1 - Valeurs de référence

Les valeurs de référence du prix de la tonne de dioxyde de carbone sont indiquées dans le rapport « La valeur de l'action pour le climat » d'Alain Quinet[20].

7.1.2.2 - Coûts de la tonne de CO_2 aux horizons d'étude

Les valeurs de référence du coût de la tonne de dioxyde de carbone sont présentées dans le Tableau 41.

TABLEAU 41 – VALEURS DE RÉFÉRENCE DE LA TONNE DE DIOXYDE DE CARBONE

Année	Coût de la tonne de CO_2
2018	54 $€_{2018}$
2030	250 $€_{2018}$
2050	775 $€_{2018}$

Source : Egis

À partir de ces valeurs de référence, des taux d'évolution annuel ont été déterminés pour la période 2018 – 2030, la période 2030 – 2040 et pour la période 2040 – 2050. Ils sont présentés dans le Tableau 42.

Le coût de la tonne de CO_2 n'est pas déterminé pour les horizons antérieurs à 2018. Ainsi le coût de la tonne de CO_2 pour ces horizons sera basé sur le coût en 2018 soit 54$€_{2018}$.

TABLEAU 42 – TAUX D'ÉVOLUTION DU PRIX EN €2018 DE LA TONNE DE DIOXYDE DE CARBONE

Période	Taux d'évolution
2018 - 2030	14%
2030 - 2040	7%
2040 - 2050	4%

Source : Egis

Les coûts de la tonne de dioxyde d'azote en $€_{2023}$ pour les horizons concernés sont indiqués dans le Tableau 43.

TABLEAU 43 – COÛT DE LA TONNE DE CO_2 EN €2018

Scénario	Année	Coût de la tonne de CO_2 en $€_{2023}$
État initial	2023	117
Fil de l'eau / État projeté	2028	258
	2048	810

Source : Egis

7.1.3 - Monétarisation des effets amont-aval

Ces coûts intègrent la prise en charge des externalités, à savoir la production et la distribution des énergies, la fabrication, la maintenance et le retrait des véhicules, ainsi que la construction, la maintenance et la fin de vie de l'infrastructure.

Les valeurs tutélaires des émissions atmosphériques, précisées dans la fiche outil ***Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique***, sont données dans le Tableau 44.

Les valeurs pour l'étude sont calculées à partir des valeurs tutélaires et du kilométrage parcouru.

TABLEAU 44 – VALEURS TUTÉLAIRES DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES EN €2023 POUR 100 VÉH.KM

Transport routier	VL	1.12
	Utilitaire	1.41
	PL	3.67
	Bus - Car	3.51

Source : Egis

7.1.4 - Prise en compte des risques

La monétarisation intègre la notion de risques pouvant affectés les effets du projet.

D'origines multiples, physiques (aléas naturels, industriels, malveillance) ou économiques (coûts, croissance, prix relatifs, etc.), ces risques sont classés en :

- risques non systémiques (données insuffisamment fiables, erreurs d'estimation des coûts…) dont l'évaluation n'intervient pas dans la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre ;
- risques systémiques (contexte macro-économique, prix de l'énergie…) qui sont évalués dans la monétarisation.

La prise en compte du risque systémique est réalisée par la méthode de calcul élémentaire qui consiste à « *évaluer l'ensemble des coûts et avantages du projet dans un scénario de contexte macro-économique unique (dit 'tendanciel')* »[21]. Le taux d'actualisation est alors fixé à 4,5 %.

Toutefois, comme les projets concernant les trajets de longues distances sont réputés plus risqués que les projets locaux, le rapport Quinet introduit un facteur risque qui implique la prise en compte d'un taux variable en fonction du type de projet.

---

[18] *Banque Mondiale - http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.PCAP.KD.ZG*

[19] *Commission européenne - Eurostat / Regions and Cities Illustrated (RCI) (europa.eu)*

[20] *La valeur de l'action pour le climat – Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques – Alain Quinet – Février 2019*

[21] *MEDDE – Prise en compte des risques dans l'analyse monétarisée - 01/10/14 - 3. Prise en compte des risques systémiques dans l'analyse monétarisée - page 5*

Le rapport propose d'introduire la notion de risque dans le taux d'actualisation (méthode dite du dénominateur). En pratique il s'agit de considérer un taux d'actualisation selon la formule suivante :

$$r = rf + \varphi\beta$$

Avec :

- r taux d'actualisation risqué propre au projet ;
- rf taux sans risque de 2,5 % passant à 1,5 % au-delà de 2070 ;
- φ prime de risque du projet, de 2 % passant à 3 % au-delà de 2070 ;
- ß corrélation entre la valeur du projet et le PIB.

On distingue trois types de corrélation ß en fonction :

- du gain de temps et qui ne concerne pas la présente monétarisation ;
- des coûts de construction et fixée à 0,5 par défaut dans le rapport Quinet[22] ;
- des effets carbone et fixée à 1 par défaut dans le rapport Quinet[23].

Les taux d'actualisation utilisés pour la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont-aval sont présentés dans le Tableau 45.

TABLEAU 45 – TAUX D'ACTUALISATION DES RISQUES LIÉS À LA CONSTRUCTION

Actualisation	État initial	Fil de l'eau et État projeté	Fil de l'eau et État projeté
Horizon	2023	2028	2048
Pollution atmosphérique	3.5%	3.5%	3.5%
Gaz à effet de serre	4.5%	4.5%	4.5%
Effets amont - aval	3.5%	3.5%	3.5%

Source : Egis

7.2 - Résultats de la monétarisation

7.2.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution

Les coûts collectifs en €$_{2023}$ liés à la pollution atmosphérique sont présentés dans le Tableau 46.

TABLEAU 46 – MONÉTARISATION DES COÛTS ANNUELS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Coût annuel en k€	État initial	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-EI)/EI		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
	EI2023	FE2028	FE2048	EP2028	EP2048	2028	2048	2028	2048
VL	10.3	7.6	2.4	8.1	2.4	-26%	-76%	7%	-3%
Utilitaires	7.8	6.5	1.6	6.4	1.5	-16%	-80%	-2%	-3%
PL	2.9	2.4	1.0	2.5	1.0	-16%	-64%	3%	-3%
Total	**21.0**	**16.6**	**5.1**	**17.0**	**4.9**	**-21%**	**-76%**	**3%**	**-3%**

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique permet d'estimer une augmentation annuelle de +0,47 k€ à l'horizon 2028 et une diminution annuelle de -0,15 k€ à l'horizon 2048, en lien avec l'évolution des motorisations et des carburants du kilométrage parcouru du fait de la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

L'évolution est plus positive, avec la réalisation du projet, en 2048 qu'en 2028, à l'instar de l'évolution du kilométrage parcouru (-7 % en 2028 et -12 % en 2048).

7.2.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre

Les coûts collectifs en €$_{2023}$ liés à l'effet de serre sont présentés dans le Tableau 47

TABLEAU 47 – MONÉTARISATION DES COÛTS COLLECTIFS ANNUELS LIÉS À L'EFFET DE SERRE

Coût annuel en k€$_{2018}$	État initial	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-EI)/EI		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
	EI2023	FE2028	FE2048	EP2028	EP2048	2028	2048	2028	2048
Gaz à effet de serre	3 420	8 423	10 199	7 033	7 899	146%	198%	-16%	-23%

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre permet d'estimer une diminution annuelle de -1 389 k€ à l'horizon 2028 et de -2 300 k€ à l'horizon 2048, en lien avec la diminution du kilométrage parcouru du fait de la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

7.2.3 - Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont-aval

Les coûts collectifs en €$_{2023}$ liés aux effets amont-aval sont présentés dans le Tableau 48

TABLEAU 48 – MONÉTARISATION DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS AUX EFFETS AMONT-AVAL

Coût annuel en k€	État initial	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-EI)/EI		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
	EI2023	FE2028	FE2048	EP2028	EP2048	2028	2048	2028	2048
VL	2.198	1.875	0.877	1.927	0.850	-15%	-60%	3%	-3%
Utilitaires	1.023	0.873	0.408	0.897	0.396	-15%	-60%	3%	-3%
PL	0.155	0.132	0.062	0.135	0.060	-15%	-60%	3%	-3%
Total	**3.376**	**2.880**	**1.347**	**2.959**	**1.306**	**-15%**	**-60%**	**3%**	**-3%**

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont-aval permet d'estimer une augmentation annuelle de +0,079 k€ à l'horizon 2028 et une diminution de -0,041 k€ à l'horizon 2048, du fait de la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

L'évolution est plus positive, avec la réalisation du projet, en 2048 qu'en 2028, à l'instar de l'évolution du kilométrage parcouru (-7 % en 2028 et -12 % en 2048).

---

[22] *Commissariat général à la stratégie et à la prospective – Évaluation socio-économique des investissements publics – rapport de la mission présidée par Émile Quinet – Chapitre 1 – 3.5.3. Les considérants concernant le système d'actualisation – page 82*

[23] *Commissariat général à la stratégie et à la prospective – Évaluation socio-économique des investissements publics – rapport de la mission présidée par Émile Quinet – Chapitre 1 – 9.2. Comment envisager la révision 2013 – page 123*

7.2.4 - Synthèse

Les coûts collectifs en €$_{2023}$ liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont-aval sont cumulés dans le Tableau 49.

TABLEAU 49 – SYNTHÈSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE, À L'EFFET DE SERRE ET AUX EFFETS AMONT-AVAL

Coût annuel en k€		État initial	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-EI)/EI		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
		EI2023	FE2028	FE2048	EP2028	EP2052	2028	2048	2028	2048
Pollution de l'air	VL	10.3	7.6	2.4	8.1	2.4	-26%	-76%	7%	-3%
	Utilitaires	7.8	6.5	1.6	6.4	1.5	-16%	-80%	-2%	-3%
	PL	2.9	2.4	1.0	2.5	1.0	-16%	-64%	3%	-3%
Effet de serre		3 420	8 423	10 199	7 033	7 899	146%	198%	-16%	-23%
Effets Amont - Aval		3.4	2.9	1.3	3.0	1.3	-15%	-60%	3%	-3%
Total en k€		**3 444**	**8 442**	**10 206**	**7 053**	**7 906**	**145%**	**196%**	**-16%**	**-23%**

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont-aval permet d'estimer une diminution annuelle de -1 389 k€ à l'horizon 2028 et de -2 300 k€ à l'horizon 2048, du fait de la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer. À noter que l'effet de serre représente plus de 99 % des coûts collectifs. Il est *de facto* principalement responsable de la diminution des coûts collectifs totaux.

8 - CONCLUSION

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'inscrit dans un environnement caractérisé principalement par des espaces urbains et périurbains avec une densité de population relativement élevée. Dans la bande d'étude définie le long du tracé du projet et autour de chaque voie du réseau routier retenu potentiellement impacté par les aménagements liés au projet, 59 établissements vulnérables ont été recensés, dont 22 sont situés au droit du projet.

À proximité du projet, l'AASQA ATMO Normandie dispose de trois stations permanentes de mesures en fond urbain et de proximité trafic, dont deux sont situées dans la bande d'étude (en gras) : la station urbaine de fond **Caen – Chemin Vert** et les stations urbaines de trafic Caen – Délivrande et **Caen – Vaucelles**. Ces stations ont mesuré des teneurs moyennes annuelles qui respectent les normes de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote, les PM10, les PM2,5 et l'ozone en 2022. À titre indicatif, les seuils recommandés par l'OMS sont dépassés pour le dioxyde d'azote sur les trois stations et pour les PM2,5 sur la station Caen – Chemin Vert.

Afin de caractériser plus finement la qualité de l'air à proximité du projet, une campagne de mesures a été réalisée en janvier 2024.

Sur tous les sites de mesures quel que soit la typologie de la mesure, toutes les teneurs moyennes en dioxyde d'azote sont inférieures à la valeur limite réglementaire (40 µg/m^3).

Au regard des résultats des campagnes de mesures menées en janvier 2024, la qualité de l'air est globalement satisfaisante sur la zone d'étude en fond urbain et périurbain.

Il est néanmoins important de noter que les normes réglementaires sont des moyennes annuelles. Or la campagne de mesures n'est pas représentative d'une année complète. La comparaison aux normes en vigueur est ainsi indicative.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a pour impact la diminution du kilométrage parcouru de l'ordre de -7 % et -12 % par rapport aux horizons sans projet, en 2028 et 2048.

L'évaluation des émissions du trafic routier aux différents horizons a été menée avec la méthodologie Copert 5.

Les évolutions des émissions en polluants sont cohérentes avec les évolutions du trafic routier dans la bande d'étude. Globalement, les émissions routières diminuent à l'État projeté par rapport à l'horizon Fil de l'eau (2028 et 2048) pour tous les polluants.

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air a été menée avec le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Roads.

Les évolutions des concentrations moyennes et maximales mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations liées au trafic routier pour les horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. Cette diminution, liée à la part du bruit de fond importante pour le dioxyde d'azote et prépondérante pour les particules, est notable pour le dioxyde d'azote :

- Surconcentrations moyennes : 11 % en 2023, 8 % en 2028 et 2 à 3 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 68 % en 2023, 62 % en 2028 et 34 à 35 % en 2048 ;

Elle est moins perceptible pour les particules PM10 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 à 2 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 21 % en 2023, 20 % en 2028, 18 % en 2048

Ou les particules PM2,5 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 22 % en 2023, 20 % en 2028 et 16 à 17 % en 2048 pour les PM2,5.

Les évolutions des concentrations moyennes par groupes de tronçons montrent des évolutions différenciées mais faibles à très faibles suivant les groupes de tronçons.

Ces évolutions montrent également que les teneurs moyennes sont assez homogènes entre les différents groupes.

Les évolutions des teneurs maximales présentent des orientations sensiblement similaires aux concentrations moyennes mais avec des valeurs beaucoup plus marquées: Il s'agit d'une diminution assez marquée pour le dioxyde d'azote :

- Sans projet : -15 % en 2028 et -41 % en 2048 ;
- Avec projet : -0,5 % en 2028 et -2 % en 2048.

La diminution est beaucoup moins nette pour les particules PM10 :

- Sans projet : -2 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,9 % en 2048.

Ou les particules PM2,5 :

- Sans projet : -3 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,8 % en 2048.

Au regard des résultats obtenus, les teneurs maximales en dioxyde d'azote, en PM10 et en PM2,5 respectent les valeurs limites réglementaires actuelles pour tous les horizons.

Ces teneurs maximales respectent aussi les futures Valeurs limites européennes pour le dioxyde d'azote à l'horizon 2018 et pour les PM10 à tous les horizons. En revanche, Elles dépassent les valeurs attendues pour le dioxyde d'azote aux horizons 2023 et 2028 et pour les particules PM2,5 à tous les horizons.

Ainsi, la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer provoquera une réduction des concentrations moyennes et maximales en polluants, dans le bande d'étude retenue et ne sera pas à l'origine de dépassements des normes actuelles de la qualité de l'air.

Sur la base des données de trafic prises en compte, et du calcul de l'Indice Pollution-Population, indicateur sanitaire simplifié, la réalisation du projet induirait une diminution de l'exposition des populations présentes dans la bande d'étude pour le dioxyde d'azote.

Entre les horizons Fil de l'eau et État projeté (2028 et 2048), les proportions d'habitants impactées par des concentrations en dioxyde d'azote supérieures à 12 µg/m³ diminuent de -1 % à -31 % avec la réalisation du projet. **Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a donc un effet positif sur l'impact des populations**.

Aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote ne respectant pas la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³, quel que soit l'horizon d'étude, avec et sans projet.

Il est à noter, par ailleurs, une nette amélioration de l'exposition des populations entre l'état initial et les horizons futurs, sans réalisation du projet.

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont-aval permet d'estimer une diminution annuelle de -1 389 k€ à l'horizon 2028 et de -2 300 k€ à l'horizon 2048, du fait de la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer. À noter que l'effet de serre représente plus de 99 % des coûts collectifs. Il est *de facto* principalement responsable de la diminution des coûts collectifs totaux.

9 - ANNEXE – RÉSEAU ROUTIER RETENU

TABLEAU 50 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS BEAULIEU

Tronçons	Longueur en km	État initial 2023				Fil de l'eau 2028				État projeté 2028				Fil de l'eau 2048				État projeté 2048			
		VL	PL	TMJA	Vit	VL	PL	TMJA	Vit	VL	PL	TMJA	Vit	VL	PL	TMJA	Vit	VL	PL	TMJA	Vit
Tr_3160	0.313	8 274	42	8 316	50	8 228	41	8 269	50	8 152	41	8 193	50	9 349	47	9 396	50	7 917	40	7 957	50
Tr_4790	0.314	9 041	185	9 226	50	8 938	182	9 120	50	8 185	167	8 352	50	9 015	184	9 199	50	7 815	160	7 975	50
Tr_4797	0.141	5 139	105	5 244	50	4 644	95	4 739	50	4 753	97	4 850	50	5 271	108	5 379	50	4 606	94	4 700	50
Tr_4806	0.077	9 949	50	9 999	50	9 815	49	9 864	50	8 608	43	8 651	50	9 985	50	10 035	50	9 058	46	9 104	50
Tr_5220	0.352	12 027	60	12 087	50	11 635	58	11 693	50	10 254	52	10 306	50	11 703	59	11 762	50	10 466	53	10 519	50
Tr_5653	0.134	8 501	174	8 675	50	6 512	133	6 645	50	6 664	136	6 800	50	7 004	143	7 147	50	6 126	125	6 251	50
Tr_5655	0.404	8 495	173	8 668	50	6 438	131	6 569	50	6 380	130	6 510	50	6 968	142	7 110	50	5 994	122	6 116	50
Tr_7760	0.709	8 501	174	8 675	50	6 512	133	6 645	50	6 664	136	6 800	50	7 004	143	7 147	50	6 126	125	6 251	50
Tr_9845	0.207	3 202	99	3 301	50	3 114	96	3 210	50	3 023	94	3 117	50	3 434	106	3 540	50	2 945	91	3 036	50
Tr_9846	0.354	5 752	178	5 930	50	5 739	177	5 916	50	5 084	157	5 241	50	5 496	170	5 666	50	4 794	148	4 942	50
Tr_10131	0.560	9 046	185	9 231	50	8 943	183	9 126	50	8 191	167	8 358	50	9 022	184	9 206	50	7 818	160	7 978	50
Tr_20001	0.172	13 684	69	13 753	50	16 411	82	16 493	50	13 429	68	13 497	50	16 635	83	16 718	50	13 688	69	13 757	50
Tr_20002	0.172	12 786	65	12 851	50	13 679	69	13 748	50	10 538	53	10 591	50	13 701	69	13 770	50	10 904	54	10 958	50
Tr_20003	0.175	14 826	74	14 900	50	14 678	74	14 752	50	11 695	58	11 753	50	14 740	74	14 814	50	11 691	59	11 750	50
Tr_20004	0.091	14 027	64	14 091	50	13 566	64	13 630	50	14 946	50	14 996	50	14 689	66	14 755	50	14 876	50	14 926	50
Tr_20005	0.155	13 363	67	13 430	50	13 535	68	13 603	50	10 991	55	11 046	50	13 710	69	13 779	50	10 604	53	10 657	50
Tr_20006	0.181	12 274	61	12 335	50	12 400	62	12 462	50	9 774	49	9 823	50	12 384	63	12 447	50	8 958	45	9 003	50
Tr_20007	0.098	14 988	76	15 064	50	15 000	75	15 075	50	12 714	64	12 778	50	15 195	76	15 271	50	12 151	61	12 212	50
Tr_20008	0.374	13 288	67	13 355	50	13 446	67	13 513	50	10 745	54	10 799	50	13 391	67	13 458	50	10 510	53	10 563	50
Tr_20009	0.199	13 942	70	14 012	50	14 421	72	14 493	50	11 456	57	11 513	50	14 562	73	14 635	50	11 604	58	11 662	50
Tr_20010	0.496	8 501	174	8 675	50	6 512	133	6 645	50	6 664	136	6 800	50	7 004	143	7 147	50	6 126	125	6 251	50
Tr_20011	0.185	8 753	44	8 797	50	8 734	44	8 778	50	8 412	42	8 454	50	10 192	52	10 244	50	8 398	43	8 441	50

TABLEAU 51 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS GUILLOU - DETOLLE - BAYEUX

Tr_3838	0.207	11 468	234	11 702	50	11 783	240	12 023	50	11 140	227	11 367	50	11 935	244	12 179	50	10 601	216	10 817	50
Tr_3840	0.197	10 107	206	10 313	50	10 321	211	10 532	50	10 359	211	10 570	50	10 353	211	10 564	50	10 048	205	10 253	50
Tr_4360	0.178	19 404	396	19 800	50	20 003	408	20 411	50	19 674	402	20 076	50	20 454	417	20 871	50	19 188	392	19 580	50
Tr_5372	0.163	19 992	408	20 400	50	20 562	420	20 982	50	19 772	404	20 176	50	20 789	424	21 213	50	19 183	392	19 575	50
Tr_5381	0.075	506	3	509	30	479	2	481	30	1 815	9	1 824	30	473	2	475	30	1 635	8	1 643	30
Tr_5584	0.165	7 263	148	7 411	40	7 035	144	7 179	40	8 879	181	9 060	40	7 870	161	8 031	40	8 724	178	8 902	40
Tr_6524	0.074	7 163	146	7 309	50	7 345	150	7 495	50	9 726	199	9 925	50	8 284	169	8 453	50	9 496	194	9 690	50
Tr_6525	0.104	6 581	134	6 715	50	6 492	132	6 624	50	11 349	232	11 581	50	7 369	150	7 519	50	11 074	226	11 300	50
Tr_7294	0.182	8 524	174	8 698	50	8 780	179	8 959	50	8 634	176	8 810	50	8 853	181	9 034	50	8 583	175	8 758	50
Tr_7295	0.088	7 936	162	8 098	50	8 220	168	8 388	50	8 535	174	8 709	50	8 518	174	8 692	50	8 588	175	8 763	50
Tr_7325	0.067	3 457	30	3 487	50	3 833	33	3 866	50	4 074	34	4 108	50	3 457	30	3 487	50	4 599	36	4 635	50
Tr_10308	0.157	18 042	368	18 410	50	18 543	378	18 921	50	18 893	386	19 279	50	18 871	385	19 256	50	18 635	380	19 015	50
Tr_10323	0.069	5 376	27	5 403	50	5 403	27	5 430	50	5 390	27	5 417	50	5 399	27	5 426	50	5 520	28	5 548	50
Tr_10324	0.142	6 119	31	6 150	50	6 561	33	6 594	50	6 768	34	6 802	50	6 136	31	6 167	50	7 122	36	7 158	50
Tr_10543	0.040	1 002	5	1 007	30	1 073	5	1 078	30					1 044	5	1 049	30				
Tr_11082	0.329	18 631	380	19 011	50	19 101	390	19 491	50	18 992	388	19 380	50	19 206	392	19 598	50	18 631	380	19 011	50
Tr_11465	0.046	2 149	11	2 160	30	2 267	11	2 278	30	3 235	16	3 251	30	2 315	12	2 327	30	3 098	16	3 114	30
Tr_11468	0.047	506	3	509	30	477	2	479	30	1 476	7	1 483	30	466	2	468	30	1 378	7	1 385	30
Tr_12103	0.054	1 508	8	1 516	30	1 548	8	1 556	30	1 815	9	1 824	30	1 511	8	1 519	30	1 635	8	1 643	30
Tr_12122	0.103	7 936	162	8 098	50	8 220	168	8 388	50	8 535	174	8 709	50	8 518	174	8 692	50	8 588	175	8 763	50
Tr_20101	0.197	26 352	538	26 890	50	27 147	554	27 701	50	24 438	498	24 936	50	27 858	568	28 426	50	23 410	477	23 887	50
Tr_20102	0.103	25 653	524	26 177	50	26 463	540	27 003	50	23 788	485	24 273	50	27 167	554	27 721	50	22 828	465	23 293	50
Tr_20103	0.180	25 418	519	25 937	50	25 419	519	25 938	50	24 718	505	25 223	50	26 174	534	26 708	50	24 193	493	24 686	50
Tr_20104	0.269	26 466	540	27 006	50	26 463	540	27 003	50	25 740	526	26 266	50	27 168	555	27 723	50	25 074	511	25 585	50
Tr_20105	0.169	30 410	621	31 031	50	30 816	628	31 444	50	30 364	619	30 983	50	31 563	644	32 207	50	29 702	606	30 308	50
Tr_20106	0.231	34 383	701	35 084	50	35 133	717	35 850	50	35 055	715	35 770	50	35 733	730	36 463	50	34 411	703	35 114	50
Tr_20107	0.073	19 414	396	19 810	50	19 345	395	19 740	50	23 212	473	23 685	50	20 791	424	21 215	50	22 879	467	23 346	50
Tr_20108	0.236	22 537	460	22 997	50	23 251	475	23 726	50	22 614	461	23 075	50	23 843	486	24 329	50	22 022	450	22 472	50
Tr_20109	0.098	21 584	416	22 000	50	22 130	430	22 560	50	21 274	421	21 695	50	22 250	433	22 683	50	20 820	406	21 226	50
Tr_20110	0.374	18 968	387	19 355	50	19 688	402	20 090	50	19 779	404	20 183	50	19 810	404	20 214	50	18 939	386	19 325	50

TABLEAU 52 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS LA HAIE VIGNE - MAIRIE - LA GRÂCE DIEU

Tr_900	0.077	11 551	58	11 609	50	12 125	61	12 186	50	10 465	53	10 518	50	12 830	64	12 894	50	9 864	50	9 914	50
Tr_1477	0.351	11 443	234	11 677	50	11 889	243	12 132	50	10 837	221	11 058	50	12 273	250	12 523	50	10 822	221	11 043	50
Tr_1762	0.021	4 405	22	4 427	50	4 705	24	4 729	50	5 014	25	5 039	50	5 647	28	5 675	50	5 047	25	5 072	50
Tr_1895	0.128	1 390	7	1 397	30	1 400	7	1 407	30	941	5	946	30	1 375	7	1 382	30	830	4	834	30
Tr_2033	0.054	838	4	842	30	824	4	828	30	2 160	11	2 171	30	812	4	816	30	1 958	10	1 968	30
Tr_2036	0.071	1 331	7	1 338	30	1 320	7	1 327	30	2 834	14	2 848	30	1 298	7	1 305	30	2 609	13	2 622	30
Tr_2969	0.069	19 713	402	20 115	50	20 787	424	21 211	50	19 525	398	19 923	50	21 409	437	21 846	50	19 577	400	19 977	50
Tr_3009	0.185	7 400	151	7 551	50	7 918	162	8 080	50	6 934	142	7 076	50	8 312	170	8 482	50	6 932	141	7 073	50
Tr_3721	0.081	1 255	26	1 281	50	1 305	27	1 332	50	625	13	638	50	1 391	28	1 419	50	474	10	484	50
Tr_3722	0.063	5 215	26	5 241	50	5 535	28	5 563	50					5 537	28	5 565	50				
Tr_3760	0.159	4 274	21	4 295	50	4 617	23	4 640	50	3 672	18	3 690	50	4 681	24	4 705	50	3 561	18	3 579	50
Tr_3974	0.025	8 586	175	8 761	50	9 038	184	9 222	50	8 437	172	8 609	50	9 165	187	9 352	50	8 435	172	8 607	50
Tr_3991	0.280	9 319	190	9 509	50	9 751	199	9 950	50	8 781	179	8 960	50	10 151	207	10 358	50	8 847	181	9 028	50
Tr_4055	0.016	2 319	12	2 331	50	2 487	12	2 499	50	2 225	11	2 236	50	3 245	16	3 261	50	2 491	13	2 504	50
Tr_4056	0.011	2 315	16	2 331	50	2 481	18	2 499	50	2 219	17	2 236	50	3 239	22	3 261	50	2 487	17	2 504	50
Tr_4185	0.167	2 153	11	2 164	50	2 379	12	2 391	50					2 394	12	2 406	50				
Tr_4190	0.027	3 485	18	3 503	50	3 540	18	3 558	50	3 487	18	3 505	50	3 317	17	3 334	50	3 053	15	3 068	50
Tr_4356	0.091	28 720	586	29 306	50	29 768	608	30 376	50	27 263	556	27 819	50	30 225	617	30 842	50	26 589	543	27 132	50
Tr_4359	0.126	24 030	490	24 520	50	24 873	508	25 381	50	22 957	469	23 426	50	25 360	518	25 878	50	22 616	462	23 078	50
Tr_5174	0.105	3 131	16	3 147	20	3 409	17	3 426	20	2 571	13	2 584	20	3 453	17	3 470	20	2 506	13	2 519	20
Tr_5573	0.018	9 755	199	9 954	50	10 126	207	10 333	50	9 584	196	9 780	50	10 330	211	10 541	50	9 760	199	9 959	50
Tr_5581	0.219	2 525	13	2 538	30	2 555	13	2 568	30	1 916	10	1 926	30	2 592	13	2 605	30	1 968	10	1 978	30
Tr_5582	0.349	1 815	9	1 824	30	2 017	10	2 027	30	1 177	6	1 183	30	2 097	11	2 108	30	1 214	6	1 220	30
Tr_5589	0.236	5 594	28	5 622	30	5 392	27	5 419	30	3 372	17	3 389	30	5 492	28	5 520	30	2 880	14	2 894	30
Tr_5631	0.193	6 582	33	6 615	50	6 063	30	6 093	50	3 031	15	3 046	50	6 076	31	6 107	50	2 726	14	2 740	50
Tr_5694	0.042	5 359	27	5 386	50	5 352	27	5 379	50	5 142	26	5 168	50	6 307	32	6 339	50	5 283	27	5 310	50
Tr_5698	0.177	6 071	31	6 102	50	6 171	31	6 202	50	5 142	26	5 168	50	7 000	35	7 035	50	5 283	27	5 310	50
Tr_5742	0.120	2 602	13	2 615	50	2 647	13	2 660	50					2 605	13	2 618	50				
Tr_5938	0.098	494	2	496	30	497	3	500	30	1 619	8	1 627	30	486	2	488	30	1 485	7	1 492	30
Tr_6051	0.024	10 174	208	10 382	50	10 211	208	10 419	50	9 882	202	10 084	50	10 573	216	10 789	50	9 501	194	9 695	50
Tr_6184	0.203	6 000	122	6 122	50	6 704	137	6 841	50	6 544	134	6 678	50	6 830	139	6 969	50	6 436	131	6 567	50
Tr_6185	0.196	5 747	117	5 864	50	6 102	125	6 227	50	5 461	111	5 572	50	6 287	128	6 415	50	5 565	114	5 679	50
Tr_6203	0.090	4 147	21	4 168	30	4 001	20	4 021	30	2 242	11	2 253	30	4 347	22	4 369	30	1 879	9	1 888	30
Tr_6451	0.373	7 435	152	7 587	50	7 703	157	7 860	50	9 155	187	9 342	50	8 178	167	8 345	50	9 129	186	9 315	50
Tr_6452	0.040	11 201	229	11 430	50	12 127	248	12 375	50	12 878	263	13 141	50	12 431	254	12 685	50	13 048	266	13 314	50
Tr_6505	0.029	10 734	54	10 788	50	11 312	57	11 369	50	9 305	47	9 352	50	12 025	60	12 085	50	8 806	44	8 850	50
Tr_6506	0.098	9 896	50	9 946	50	10 489	53	10 542	50	8 135	41	8 176	50	11 212	56	11 268	50	7 733	39	7 772	50
Tr_6771	0.151	10 538	53	10 591	50	10 489	53	10 542	50	7 497	38	7 535	50	11 212	56	11 268	50	7 338	37	7 375	50
Tr_7210	0.086	2 319	12	2 331	50	2 487	12	2 499	50	2 225	11	2 236	50	3 245	16	3 261	50	2 491	13	2 504	50
Tr_7296	0.063	5 363	109	5 472	50	5 327	109	5 436	50	4 765	97	4 862	50	5 692	116	5 808	50	4 824	98	4 922	50
Tr_7297	0.024	5 514	113	5 627	50	5 475	112	5 587	50	4 924	101	5 025	50	5 852	119	5 971	50	4 699	96	4 795	50
Tr_7298	0.045	6 247	127	6 374	50	6 244	127	6 371	50	5 619	115	5 734	50	6 386	130	6 516	50	5 582	114	5 696	50
Tr_7681	0.281	9 316	190	9 506	50	9 766	199	9 965	50	7 590	155	7 745	50	9 773	199	9 972	50	7 402	151	7 553	50
Tr_7683	0.124	4 626	94	4 720	50	4 871	99	4 970	50	3 284	67	3 351	50	4 907	100	5 007	50	3 429	70	3 499	50
Tr_7689	0.202	4 690	96	4 786	50	4 895	100	4 995	50	4 306	88	4 394	50	4 866	99	4 965	50	3 973	81	4 054	50
Tr_7723	0.494	7 151	146	7 297	50	7 541	154	7 695	50	6 737	137	6 874	50	7 717	157	7 874	50	6 770	138	6 908	50
Tr_9161	0.034	9 755	199	9 954	50	9 754	199	9 953	50	9 212	188	9 400	50	10 137	207	10 344	50	9 199	188	9 387	50
Tr_9287	0.712	25 230	515	25 745	50	26 338	538	26 876	50	23 998	490	24 488	50	26 807	547	27 354	50	23 561	481	24 042	50
Tr_10188	0.079	735	4	739	20	1 380	7	1 387	20	1 253	6	1 259	20	1 311	7	1 318	20	1 111	6	1 117	20
Tr_10198	0.100	1 378	7	1 385	30	1 435	7	1 442	30	888	4	892	30	1 368	7	1 375	30	838	4	842	30
Tr_10352	0.308	2 844	14	2 858	30	2 781	14	2 795	30	2 101	11	2 112	30	2 900	15	2 915	30	1 766	9	1 775	30
Tr_10379	0.061	7 817	39	7 856	50	8 182	41	8 223	50					8 142	41	8 183	50				
Tr_10420	0.071	3 213	16	3 229	50	3 074	15	3 089	50	2 686	13	2 699	50	3 065	15	3 080	50	2 358	12	2 370	50
Tr_10542	0.056	3 557	18	3 575	30	3 606	18	3 624	30	1 130	6	1 136	30	3 517	18	3 535	30	1 001	5	1 006	30
Tr_10545	0.105	5 221	26	5 247	40	4 720	24	4 744	40	3 308	17	3 325	40	4 900	25	4 925	40	2 965	15	2 980	40
Tr_10547	0.103	1 285	6	1 291	20	497	3	500	20	1 619	8	1 627	20	486	2	488	20	1 485	7	1 492	20
Tr_11290	0.120	4 020	20	4 040	30	4 012	20	4 032	30	2 749	14	2 763	30	4 066	20	4 086	30	2 391	12	2 403	30
Tr_11462	0.093	3 062	15	3 077	50	3 155	16	3 171	50					3 142	16	3 158	50				
Tr_11489	0.201	12 261	250	12 511	50	13 207	270	13 477	50	13 559	277	13 836	50	13 599	278	13 877	50	13 468	275	13 743	50
Tr_11605	0.221	5 884	30	5 914	50	6 007	30	6 037	50	6 909	35	6 944	50	6 051	30	6 081	50	6 827	34	6 861	50
Tr_11607	0.061	6 613	33	6 646	50	6 775	34	6 809	50	7 833	39	7 872	50	6 824	34	6 858	50	7 661	39	7 700	50
Tr_12083	0.033	2 582	4	2 586	50	2 627	7	2 634	50	2 893	6	2 899	50	2 557	7	2 564	50	2 718	6	2 724	50
Tr_12210	0.100	838	4	842	30	824	4	828	30	2 160	11	2 171	30	812	4	816	30	1 958	10	1 968	30
Tr_20201	0.163	27 947	570	28 517	50	28 866	590	29 456	50	26 583	542	27 125	50	28 977	592	29 569	50	26 032	531	26 563	50
Tr_20202	0.222	11 194	228	11 422	30	11 051	225	11 276	30	8 842	180	9 022	30	11 111	227	11 338	30	8 813	180	8 993	30
Tr_20203	0.140	11 194	228	11 422	50	11 051	225	11 276	50	8 842	180	9 022	50	11 111	227	11 338	50	8 813	180	8 993	50
Tr_20204	0.175	13 479	275	13 754	40	13 302	271	13 573	40	8 762	178	8 940	40	13 529	276	13 805	40	8 542	174	8 716	40
Tr_20205	0.150	10 060	205	10 265	40	9 951	203	10 154	40	9 496	193	9 689	40	10 090	206	10 296	40	9 133	187	9 320	40
Tr_20206	0.058	3 931	20	3 951	20	5 138	26	5 164	20	4 447	22	4 469	20	5 043	26	5 069	20	4 145	21	4 166	20
Tr_20207	0.038	10 538	53	10 591	40	10 489	53	10 542	40	7 497	38	7 535	40	11 212	56	11 268	40	7 338	37	7 375	40
Tr_20208	0.035	11 091	55	11 146	40	10 915	55	10 970	40	7 492	38	7 530	40	11 696	59	11 755	40	7 369	37	7 406	40
Tr_20209	0.091	2 319	12	2 331	30	2 486	13	2 499	30	2 225	11	2 236	30	3 245	16	3 261	30	2 491	13	2 504	30
Tr_20210	0.034	3 936	15	3 951	20	5 144	20	5 164	20	4 452	17	4 469	20	5 049	20	5 069	20	4 150	16	4 166	20

TABLEAU 53 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS MÉMORIAL

Tr_2707	0.312	2 077	10	2 087	50	2 118	11	2 129	50	3 163	16	3 179	50	1 926	10	1 936	50	3 002	15	3 017	50
Tr_3747	0.372	9 971	50	10 021	50	9 960	50	10 010	50	11 151	56	11 207	50	10 063	51	10 114	50	10 992	55	11 047	50
Tr_3752	0.043	6 281	32	6 313	50	6 636	33	6 669	50	7 938	40	7 978	50	7 023	35	7 058	50	8 258	41	8 299	50
Tr_3754	0.734	7 444	37	7 481	50	7 978	40	8 018	50	9 649	48	9 697	50	8 145	41	8 186	50	9 361	47	9 408	50
Tr_6807	0.100	3 385	17	3 402	50	3 776	19	3 795	50	4 354	22	4 376	50	3 284	17	3 301	50	4 123	21	4 144	50
Tr_6809	0.064	4 096	21	4 117	50	4 426	22	4 448	50	4 997	25	5 022	50	4 091	21	4 112	50	4 696	24	4 720	50
Tr_6812	0.085	4 602	23	4 625	50	4 624	23	4 647	50	4 918	25	4 943	50	4 591	23	4 614	50	4 263	21	4 284	50
Tr_10009	0.089	4 818	24	4 842	50	4 899	25	4 924	50	6 181	31	6 212	50	5 012	25	5 037	50	6 060	30	6 090	50
Tr_10823	0.285	11 638	58	11 696	50	12 126	61	12 187	50	14 825	75	14 900	50	12 092	61	12 153	50	14 364	72	14 436	50

TABLEAU 54 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS MARÉCHAL LECLERC

Tr_492	0.112	4 981	25	5 006	50	4 945	25	4 970	50	4 646	23	4 669	50	5 341	27	5 368	50	4 612	23	4 635	50
Tr_1875	0.037	734	4	738	50	609	3	612	50	61		61		682	3	685	50	49		49	
Tr_1877	0.045	5 052	25	5 077	50	4 959	25	4 984	50	4 611	23	4 634	50	5 411	27	5 438	50	4 586	23	4 609	50
Tr_1878	0.062	5 052	25	5 077	50	4 959	25	4 984	50	4 364	22	4 386	50	5 411	27	5 438	50	4 384	22	4 406	50
Tr_4872	0.060	3 322	17	3 339	50	3 275	16	3 291	50	1 488	7	1 495	50	3 014	15	3 029	50	1 341	7	1 348	50
Tr_5170	0.038	8 344	42	8 386	40	8 755	44	8 799	40	2 116	11	2 127	40	9 017	45	9 062	40	2 016	10	2 026	40
Tr_5387	0.021	3 804	19	3 823	50	3 758	19	3 777	50	2 953	15	2 968	50	3 701	19	3 720	50	2 763	14	2 777	50
Tr_6063	0.117	4 148	21	4 169	35	4 756	24	4 780	35	142	1	143	35	4 862	24	4 886	35	58		58	
Tr_6065	0.119	7 605	39	7 644	40	7 781	39	7 820	40	2 679	13	2 692	40	7 603	38	7 641	40	2 329	12	2 341	40
Tr_6503	0.026	8 655	43	8 698	40	9 224	46	9 270	40	2 116	11	2 127	40	9 412	47	9 459	40	2 016	10	2 026	40
Tr_2914	0.110	5 428	27	5 455	35	5 569	28	5 597	35					5 582	28	5 610	35				
Tr_7041	0.020	9 677	49	9 726	40	9 286	47	9 333	40	4 340	22	4 362	40	9 355	47	9 402	40	3 885	20	3 905	40
Tr_7776	0.057	5 902	30	5 932	50	6 419	32	6 451	50	2 885	14	2 899	50	6 300	32	6 332	50	2 791	14	2 805	50
Tr_7777	0.078	4 284	22	4 306	50	4 522	23	4 545	50	2 398	12	2 410	50	4 243	21	4 264	50	2 303	12	2 315	50
Tr_8481	0.093	1 016	5	1 021	50	983	5	988	50	545	3	548	50	1 067	5	1 072	50	526	3	529	50
Tr_8483	0.028	2 530	13	2 543	50	2 496	13	2 509	50	1 999	10	2 009	50	2 592	13	2 605	50	1 922	10	1 932	50
Tr_8498	0.099	4 437	22	4 459	50	3 310	17	3 327	50	2 812	14	2 826	50	3 234	16	3 250	50	2 746	14	2 760	50
Tr_8501	0.120	4 689	24	4 713	50	3 837	19	3 856	50	3 381	17	3 398	50	4 000	20	4 020	50	3 447	17	3 464	50
Tr_8504	0.043	4 994	25	5 019	50	4 249	21	4 270	50	3 918	20	3 938	50	4 405	22	4 427	50	3 931	20	3 951	50
Tr_8506	0.084	4 932	25	4 957	50	4 188	21	4 209	50	3 845	19	3 864	50	4 345	22	4 367	50	3 863	19	3 882	50
Tr_9650	0.028	482	2	484	50	484	2	486	50	1 467	7	1 474	50	688	3	691	50	1 422	7	1 429	50
Tr_10200	0.049	1 239	6	1 245	50	1 400	7	1 407	50					1 375	7	1 382	50				
Tr_10291	0.100	1 011	5	1 016	50	976	5	981	50	544	3	547	50	1 048	5	1 053	50	524	3	527	50
Tr_11045	0.141	4 568	23	4 591	35	4 760	24	4 784	35					4 590	23	4 613	35				
Tr_11246	0.094	859	4	863	30	808	4	812	30					992	5	997	30				
Tr_11316	0.061	3 480	17	3 497	50	3 439	17	3 456	50	3 193	16	3 209	50	3 454	17	3 471	50	2 912	15	2 927	50
Tr_11560	0.099	1 613	8	1 621	50	1 888	9	1 897	50	500	3	503	50	2 061	10	2 071	50	476	2	478	50
Tr_11562	0.221	1 119	6	1 125	50	1 393	7	1 400	50	242	1	243	50	1 559	8	1 567	50	229	1	230	50
Tr_20301	0.063	13 434	67	13 501	40	13 925	70	13 995	40	6 382	32	6 414	40	14 557	74	14 631	40	6 297	32	6 329	40

TABLEAU 55 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS ORNE – BASSINS

Tr_1305	0.090	15 006	306	15 312	50	15 191	310	15 501	50	16 621	339	16 960	50	16 204	331	16 535	50	16 091	328	16 419	50
Tr_2114	0.180	13 000	265	13 265	50	14 075	287	14 362	50	12 918	264	13 182	50	14 004	286	14 290	50	12 393	253	12 646	50
Tr_2519	0.546	5 433	27	5 460	30	5 715	29	5 744	30	5 786	29	5 815	30	5 595	28	5 623	30	4 969	25	4 994	30
Tr_2597	0.169	2 595	13	2 608	30	3 362	17	3 379	30	3 372	17	3 389	30	3 604	18	3 622	30	2 754	14	2 768	30
Tr_3261	0.018	11 402	233	11 635	50	11 186	228	11 414	50	11 123	227	11 350	50	12 016	245	12 261	50	10 745	219	10 964	50
Tr_3651	0.220	1 324	7	1 331	30	1 324	7	1 331	30	1 090	5	1 095	30	1 064	5	1 069	30	1 165	6	1 171	30
Tr_3744	0.107	5 612	28	5 640	50	5 990	30	6 020	50	5 481	28	5 509	50	6 219	31	6 250	50	5 582	28	5 610	50
Tr_3863	0.081	7 297	37	7 334	50	8 333	42	8 375	50	7 471	38	7 509	50	8 471	43	8 514	50	7 253	36	7 289	50
Tr_4920	0.334	9 840	201	10 041	30	9 946	203	10 149	30	10 696	218	10 914	30	10 158	207	10 365	30	10 343	211	10 554	30
Tr_5395	0.141	4 674	95	4 769	50	4 900	100	5 000	50	4 711	96	4 807	50	5 029	103	5 132	50	4 303	88	4 391	50
Tr_6489	0.203	10 198	208	10 406	50	9 948	203	10 151	50	9 945	203	10 148	50	10 855	222	11 077	50	9 528	194	9 722	50
Tr_6490	0.196	5 158	105	5 263	50	5 561	114	5 675	50	6 982	142	7 124	50	5 904	120	6 024	50	6 747	138	6 885	50
Tr_6601	0.085	6 233	127	6 360	50	6 835	139	6 974	50	6 177	126	6 303	50	6 962	142	7 104	50	6 237	127	6 364	50
Tr_6668	0.169	4 039	82	4 121	50	4 040	82	4 122	50	3 639	74	3 713	50	4 076	83	4 159	50	3 384	69	3 453	50
Tr_8510	0.172	5 618	28	5 646	50	6 073	31	6 104	50	5 440	27	5 467	50	6 268	31	6 299	50	5 398	27	5 425	50
Tr_11005	0.221	2 915	59	2 974	50	2 835	58	2 893	50	2 710	55	2 765	50	2 971	61	3 032	50	2 552	52	2 604	50
Tr_11329	0.106	8 142	41	8 183	50	9 437	47	9 484	50	9 364	47	9 411	50	9 189	46	9 235	50	8 355	42	8 397	50
Tr_11604	0.194	4 306	88	4 394	50	4 500	92	4 592	50	4 300	88	4 388	50	4 646	95	4 741	50	3 917	80	3 997	50
Tr_11626	0.147	14 614	298	14 912	50	15 743	321	16 064	50	14 495	296	14 791	50	15 590	318	15 908	50	13 940	284	14 224	50
Tr_12169	0.081	4 048	20	4 068	50	4 805	24	4 829	50	4 877	25	4 902	50	4 552	23	4 575	50	4 107	21	4 128	50
Tr_20401	0.122	12 841	262	13 103	50	13 832	282	14 114	50	12 643	258	12 901	50	13 927	284	14 211	50	11 964	245	12 209	50
Tr_20402	0.228	17 806	364	18 170	50	17 897	365	18 262	50	19 185	392	19 577	50	19 021	388	19 409	50	18 508	377	18 885	50

TABLEAU 56 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS RD22 – LA FOLIE-COUVRECHEF – LE CHEMIN VERT

Tr_125	0.101	2 358	12	2 370	50	2 963	15	2 978	50	2 377	12	2 389	50	3 337	17	3 354	50	2 272	11	2 283	50
Tr_365	0.695	5 388	110	5 498	70	5 248	107	5 355	70	4 058	83	4 141	70	5 320	109	5 429	70	3 627	74	3 701	70
Tr_387	0.460	6 407	131	6 538	50	6 420	131	6 551	50	5 051	103	5 154	50	6 440	131	6 571	50	4 648	95	4 743	50
Tr_546	0.212	2 648	13	2 661	50	2 200	11	2 211	50	1 283	6	1 289	50	2 240	11	2 251	50	1 130	6	1 136	50
Tr_613	0.504	4 326	22	4 348	50	4 594	23	4 617	50	4 471	22	4 493	50	4 711	24	4 735	50	4 204	21	4 225	50
Tr_799	0.259	4 608	94	4 702	50	4 745	97	4 842	50	4 372	89	4 461	50	4 937	101	5 038	50	4 108	84	4 192	50
Tr_2026	0.151	4 326	22	4 348	50	4 594	23	4 617	50	4 471	22	4 493	50	4 711	24	4 735	50	4 204	21	4 225	50
Tr_2190	0.094	2 858	14	2 872	50	2 537	13	2 550	50					2 676	13	2 689	50				
Tr_2712	0.064	2 683	13	2 696	50	2 799	14	2 813	50	2 837	14	2 851	50	2 606	13	2 619	50	2 472	12	2 484	50
Tr_2713	0.038	4 000	20	4 020	50	4 090	21	4 111	50	4 180	21	4 201	50	4 226	21	4 247	50	3 722	19	3 741	50
Tr_2961	0.156	7 992	163	8 155	50	8 198	167	8 365	50	7 285	149	7 434	50	8 511	174	8 685	50	6 944	149	7 093	50
Tr_3716	0.189	3 977	20	3 997	50	3 966	20	3 986	50	3 789	19	3 808	50	4 141	21	4 162	50	3 634	18	3 652	50
Tr_3889	0.113	5 022	25	5 047	50	5 220	26	5 246	50	4 764	24	4 788	50	5 053	25	5 078	50	4 564	23	4 587	50
Tr_3890	0.081	3 603	18	3 621	50	3 702	19	3 721	50	3 385	17	3 402	50	3 337	17	3 354	50	3 016	15	3 031	50
Tr_3891	0.108	2 831	14	2 845	50	2 631	13	2 644	50	2 704	14	2 718	50	2 764	14	2 778	50	2 375	12	2 387	50
Tr_3895	0.146	5 539	28	5 567	50	5 737	29	5 766	50	5 140	26	5 166	50	5 571	28	5 599	50	4 957	25	4 982	50
Tr_3896	0.101	4 977	25	5 002	50	5 153	26	5 179	50	4 571	23	4 594	50	5 009	25	5 034	50	4 444	22	4 466	50
Tr_3907	0.014	5 023	25	5 048	50	4 905	25	4 930	50	4 849	24	4 873	50	5 257	26	5 283	50	4 517	23	4 540	50
Tr_3908	0.092	2 943	15	2 958	50	2 701	14	2 715	50	2 876	14	2 890	50	3 061	15	3 076	50	2 554	13	2 567	50
Tr_4370	0.069	7 384	428	7 812	50	7 420	433	7 853	50	6 978	437	7 415	50	7 865	453	8 318	50	6 886	424	7 310	50
Tr_4601	0.269	8 468	173	8 641	50	8 626	176	8 802	50	9 943	203	10 146	50	9 115	186	9 301	50	9 838	201	10 039	50
Tr_4604	0.017	12 344	252	12 596	50	12 894	263	13 157	50	14 205	290	14 495	50	13 206	270	13 476	50	13 632	278	13 910	50
Tr_4606	0.154	13 473	275	13 748	50	14 038	286	14 324	50	14 951	305	15 256	50	14 444	295	14 739	50	14 398	294	14 692	50
Tr_4895	0.448	6 407	131	6 538	70	6 420	131	6 551	70	5 051	103	5 154	70	6 440	131	6 571	70	4 648	95	4 743	70
Tr_4897	0.512	6 407	131	6 538	90	6 420	131	6 551	90	5 051	103	5 154	90	6 440	131	6 571	90	4 648	95	4 743	90
Tr_5236	0.300	3 276	16	3 292	50	3 201	16	3 217	50	2 686	14	2 700	50	3 221	16	3 237	50	2 529	13	2 542	50
Tr_5239	0.091	5 151	26	5 177	50	5 149	26	5 175	50	5 164	26	5 190	50	5 238	26	5 264	50	4 350	22	4 372	50
Tr_5240	0.150	4 941	25	4 966	50	4 905	25	4 930	50	4 956	25	4 981	50	4 831	24	4 855	50	4 196	21	4 217	50
Tr_5268	0.397	11 715	59	11 774	50	11 694	59	11 753	50	8 955	45	9 000	50	11 808	59	11 867	50	8 506	43	8 549	50
Tr_5549	0.218	4 326	22	4 348	70	4 594	23	4 617	70	4 471	22	4 493	70	4 711	24	4 735	70	4 204	21	4 225	70
Tr_5691	0.074	7 723	39	7 762	50	7 611	38	7 649	50	6 219	31	6 250	50	7 629	38	7 667	50	5 955	30	5 985	50
Tr_5692	0.124	5 918	30	5 948	50	5 987	30	6 017	50	4 598	23	4 621	50	5 894	30	5 924	50	4 273	21	4 294	50
Tr_5746	0.076	3 309	17	3 326	50	3 718	19	3 737	50	3 475	17	3 492	50	4 163	21	4 184	50	3 512	18	3 530	50
Tr_5780	0.110	6 513	133	6 646	50	6 261	128	6 389	50	8 271	169	8 440	50	6 487	132	6 619	50	7 929	162	8 091	50
Tr_6198	0.082	5 896	30	5 926	50	5 926	30	5 956	50	5 141	26	5 167	50	6 016	30	6 046	50	4 579	23	4 602	50
Tr_6199	0.092	5 472	27	5 499	50	5 636	28	5 664	50	4 436	22	4 458	50	5 510	28	5 538	50	4 106	21	4 127	50
Tr_6200	0.131	6 214	31	6 245	50	6 160	31	6 191	50	4 779	24	4 803	50	6 192	31	6 223	50	4 362	22	4 384	50
Tr_6202	0.086	5 974	30	6 004	50	5 889	30	5 919	50	3 906	20	3 926	50	5 752	29	5 781	50	3 753	19	3 772	50
Tr_6675	0.199	9 337	289	9 626	50	8 060	249	8 309	50	7 083	219	7 302	50	8 258	255	8 513	50	6 903	213	7 116	50
Tr_6916	0.134	1 961	10	1 971	50	1 914	10	1 924	50	1 156	6	1 162	50	2 106	11	2 117	50	1 187	6	1 193	50
Tr_7035	0.081	11 665	59	11 724	50	11 614	58	11 672	50	9 519	48	9 567	50	11 544	58	11 602	50	9 653	49	9 702	50
Tr_7274	0.136	5 143	26	5 169	50	5 292	27	5 319	50	5 233	26	5 259	50	5 383	27	5 410	50	4 845	24	4 869	50
Tr_7873	0.091	2 213	11	2 224	50	2 010	10	2 020	50	1 868	9	1 877	50	1 958	10	1 968	50	1 695	9	1 704	50
Tr_7875	0.132	6 341	32	6 373	40	6 275	32	6 307	40	4 279	22	4 301	40	6 148	31	6 179	40	4 107	21	4 128	40
Tr_7999	0.171	1 874	38	1 912	50	1 944	40	1 984	50	4 343	89	4 432	50	2 013	41	2 054	50	4 264	87	4 351	50
Tr_9610	0.658	5 388	110	5 498	50	5 248	107	5 355	50	4 058	83	4 141	50	5 320	109	5 429	50	3 627	74	3 701	50
Tr_9701	0.252	10 285	318	10 603	90	10 746	332	11 078	90	9 068	280	9 348	90	10 551	326	10 877	90	9 021	279	9 300	90
Tr_9707	0.110	8 078	250	8 328	50	8 161	252	8 413	50	6 604	204	6 808	50	8 236	255	8 491	50	6 619	205	6 824	50
Tr_9899	0.234	4 326	22	4 348	50	4 594	23	4 617	50	4 471	22	4 493	50	4 711	24	4 735	50	4 204	21	4 225	50
Tr_9904	1.248	2 783	57	2 840	50	2 905	59	2 964	50	2 229	45	2 274	50	3 315	68	3 383	50	2 425	50	2 475	50
Tr_9923	0.131	2 536	13	2 549	50	3 068	15	3 083	50	2 740	14	2 754	50	3 740	19	3 759	50	2 780	14	2 794	50
Tr_10008	0.041	2 616	13	2 629	50	2 118	11	2 129	50	3 519	18	3 537	50	2 477	12	2 489	50	3 312	17	3 329	50
Tr_10086	0.235	2 796	14	2 810	50	2 261	11	2 272	50	1 709	9	1 718	50	2 442	12	2 454	50	1 525	8	1 533	50
Tr_10098	0.054	4 515	23	4 538	50	3 843	19	3 862	50	3 169	16	3 185	50	3 876	19	3 895	50	2 753	14	2 767	50
Tr_10099	0.105	2 729	14	2 743	50	3 113	16	3 129	50	2 396	12	2 408	50	3 402	17	3 419	50	2 320	12	2 332	50
Tr_10375	0.108	3 085	16	3 101	50	3 030	15	3 045	50	2 985	15	3 000	50	3 136	16	3 152	50	2 598	13	2 611	50
Tr_10376	0.034	3 160	16	3 176	50	3 161	16	3 177	50	3 150	16	3 166	50	3 405	17	3 422	50	2 700	14	2 714	50
Tr_10377	0.112	3 353	17	3 370	50	3 460	17	3 477	50	3 415	17	3 432	50	3 667	18	3 685	50	2 927	15	2 942	50
Tr_10450	0.134	13 511	68	13 579	50	13 478	68	13 546	50	10 620	53	10 673	50	13 931	70	14 001	50	10 276	52	10 328	50
Tr_10453	0.192	9 298	47	9 345	50	9 312	47	9 359	50	6 653	33	6 686	50	9 569	48	9 617	50	6 312	32	6 344	50
Tr_10567	0.161	6 316	195	6 511	50	5 841	181	6 022	50	5 328	165	5 493	50	6 288	194	6 482	50	5 196	161	5 357	50
Tr_10571	0.374	4 247	21	4 268	50	4 240	21	4 261	50	4 096	21	4 117	50	4 401	22	4 423	50	3 759	19	3 778	50
Tr_10819	0.085	15 854	80	15 934	50	16 026	81	16 107	50	15 603	78	15 681	50	16 109	81	16 190	50	14 702	74	14 776	50
Tr_10820	0.395	5 489	28	5 517	50	5 699	29	5 728	50	5 450	27	5 477	50	5 909	30	5 939	50	5 229	26	5 255	50
Tr_11265	0.112	4 608	94	4 702	50	4 745	97	4 842	50	4 372	89	4 461	50	4 937	101	5 038	50	4 108	84	4 192	50
Tr_20501	0.399	21 075	430	21 505	55	21 208	433	21 641	55	14 228	290	14 518	55	21 736	444	22 180	55	13 764	281	14 045	55
Tr_20502	0.308	28 377	579	28 956	60	28 230	576	28 806	60	20 000	408	20 408	60	28 986	592	29 578	60	19 625	400	20 025	60
Tr_20503	0.139	30 251	617	30 868	55	30 175	615	30 790	55	24 344	497	24 841	55	30 998	633	31 631	55	23 888	488	24 376	55
Tr_20504	0.045	18 623	380	19 003	55	18 408	376	18 784	55	14 284	292	14 576	55	19 141	391	19 532	55	13 923	285	14 208	55
Tr_20505	0.045	21 243	433	21 676	55	21 167	432	21 599	55	17 164	350	17 514	55	22 084	451	22 535	55	16 794	343	17 137	55
Tr_20506	0.163	23 472	479	23 951	50	23 780	485	24 265	50	19 653	401	20 054	50	24 423	498	24 921	50	19 222	392	19 614	50
Tr_20507	0.044	13 263	67	13 330	50	13 278	67	13 345	50	11 599	58	11 657	50	13 673	69	13 742	50	11 480	57	11 537	50
Tr_20508	0.195	13 224	67	13 291	50	12 967	65	13 032	50	11 108	56	11 164	50	13 402	68	13 470	50	10 911	54	10 965	50
Tr_20509	0.072	12 207	61	12 268	50	12 225	62	12 287	50	10 847	55	10 902	50	12 347	62	12 409	50	10 679	54	10 733	50
Tr_20510	0.053	12 562	63	12 625	50	12 203	61	12 264	50	10 351	52	10 403	50	12 688	64	12 752	50	10 256	52	10 308	50
Tr_20511	0.069	7 727	39	7 766	50	7 799	40	7 839	50	5 779	29	5 808	50	7 799	39	7 838	50	5 958	30	5 988	50

egis
PROJET D'EXTENSION DU

Tr_20512	0.098	10 375	53	10 428	50	10 553	54	10 607	50	8 705	43	8 748	50	10 602	53	10 655	50	8 793	44	8 837	50
Tr_20513	0.181	10 203	52	10 255	50	10 293	51	10 344	50	7 545	38	7 583	50	10 277	52	10 329	50	7 121	35	7 156	50
Tr_20514	0.147	14 918	358	15 276	50	15 044	364	15 408	50	14 599	358	14 957	50	15 824	383	16 207	50	14 231	351	14 582	50
Tr_20515	0.313	15 491	316	15 807	50	15 645	319	15 964	50	15 183	310	15 493	50	16 422	335	16 757	50	14 782	301	15 083	50
Tr_20516	0.233	12 280	250	12 530	50	12 245	250	12 495	50	11 128	227	11 355	50	13 064	266	13 330	50	10 844	221	11 065	50
Tr_20517	0.167	13 211	269	13 480	50	13 175	269	13 444	50	11 761	240	12 001	50	14 216	290	14 506	50	11 320	231	11 551	50
Tr_20518	0.081	16 779	342	17 121	50	16 776	342	17 118	50	15 132	309	15 441	50	17 797	363	18 160	50	14 635	298	14 933	50
Tr_20519	0.087	15 523	317	15 840	50	15 470	316	15 786	50	14 507	296	14 803	50	16 406	335	16 741	50	14 161	289	14 450	50
Tr_20520	0.067	18 472	377	18 849	45	18 445	377	18 822	45	18 165	370	18 535	45	20 223	413	20 636	45	18 187	372	18 559	45
Tr_20521	0.143	18 749	383	19 132	50	18 552	379	18 931	50	20 127	411	20 538	50	20 080	410	20 490	50	19 876	406	20 282	50
Tr_20522	0.194	7 036	144	7 180	50	7 361	151	7 512	50	7 464	153	7 617	50	7 512	154	7 666	50	6 880	140	7 020	50
Tr_20523	0.268	5 146	105	5 251	50	5 290	108	5 398	50	5 418	110	5 528	50	5 607	115	5 722	50	5 103	104	5 207	50

TABLEAU 57 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS RD220

Tr_512	0.131	782	4	786	50	867	4	871	50	2 097	11	2 108	50	885	4	889	50	2 032	10	2 042	50
Tr_1180	0.167	1 151	6	1 157	30	1 264	6	1 270	30	2 375	12	2 387	30	1 339	7	1 346	30	2 267	11	2 278	30
Tr_2289	0.437	867	4	871	30	973	5	978	30	2 058	10	2 068	30	1 027	5	1 032	30	1 992	10	2 002	30
Tr_4765	0.243	867	4	871	80	973	5	978	80	2 058	10	2 068	80	1 027	5	1 032	80	1 992	10	2 002	80
Tr_4767	0.532	962	5	967	80	1 084	5	1 089	80	2 182	11	2 193	80	1 145	6	1 151	80	2 107	11	2 118	80
Tr_5120	0.196	1 151	6	1 157	70	1 264	6	1 270	70	2 375	12	2 387	70	1 339	7	1 346	70	2 267	11	2 278	70
Tr_5222	0.327	782	4	786	50	867	4	871	50	2 097	11	2 108	50	885	4	889	50	2 032	10	2 042	50
Tr_5223	0.260	782	4	786	30	867	4	871	30	2 097	11	2 108	30	885	4	889	30	2 032	10	2 042	30
Tr_7482	0.211	6 590	135	6 725	80	6 776	138	6 914	80	7 672	157	7 829	80	6 832	139	6 971	80	7 667	156	7 823	80
Tr_8732	0.309	865	4	869	30	959	5	964	30	2 044	10	2 054	30	990	5	995	30	1 956	10	1 966	30
Tr_8734	0.117	1 041	5	1 046	30	1 134	6	1 140	30	2 186	11	2 197	30	1 162	6	1 168	30	2 085	10	2 095	30
Tr_8735	0.175	867	4	871	30	973	5	978	30	2 058	10	2 068	30	1 027	5	1 032	30	1 992	10	2 002	30
Tr_9320	0.145	782	4	786	50	867	4	871	50	2 097	11	2 108	50	885	4	889	50	2 032	10	2 042	50
Tr_20601	0.067	1 152	5	1 157	50	1 264	6	1 270	50	2 375	12	2 387	50	1 340	6	1 346	50	2 267	11	2 278	50

TABLEAU 58 – TRAFICS DU GROUPE DE TRONÇONS VERDUN – CHÂTEAU – PLAISANCE

Tr_31	0.053	3 176	16	3 192	50	3 398	17	3 415	50	2 704	14	2 718	50	2 682	13	2 695	50	2 802	14	2 816	50
Tr_848	0.027	3 970	20	3 990	50	3 924	20	3 944	50	3 950	20	3 970	50	3 845	19	3 864	50	3 853	19	3 872	50
Tr_849	0.019	4 952	25	4 977	50	4 923	25	4 948	50	7 253	36	7 289	50	4 790	24	4 814	50	6 831	34	6 865	50
Tr_850	0.027	1 828	9	1 837	50	1 872	9	1 881	50	1 855	9	1 864	50	1 751	9	1 760	50	1 901	10	1 911	50
Tr_1740	0.097	9 291	47	9 338	50	9 893	50	9 943	50	11 899	60	11 959	50	10 392	52	10 444	50	12 026	60	12 086	50
Tr_2893	0.283	9 590	196	9 786	50	11 169	228	11 397	50	13 635	278	13 913	50	11 935	244	12 179	50	13 738	280	14 018	50
Tr_2951	0.086	6 591	33	6 624	50	6 405	32	6 437	50	8 205	41	8 246	50	6 351	32	6 383	50	7 814	39	7 853	50
Tr_3259	0.060	4 397	22	4 419	50	4 580	23	4 603	50	4 102	21	4 123	50	4 577	23	4 600	50	4 603	23	4 626	50
Tr_4824	0.029	9 682	49	9 731	50	10 468	53	10 521	50	12 420	62	12 482	50	10 908	55	10 963	50	12 564	63	12 627	50
Tr_5683	0.047	404	2	406	50	389	2	391	50	237	1	238	50	549	3	552	50	192	1	193	50
Tr_5996	0.135	7 837	39	7 876	50	8 649	43	8 692	50	10 539	53	10 592	50	9 123	46	9 169	50	10 758	54	10 812	50
Tr_7185	0.098	8 695	44	8 739	50	9 472	48	9 520	50	11 083	56	11 139	50	10 072	51	10 123	50	11 387	57	11 444	50
Tr_7209	0.113	15 505	316	15 821	50	16 188	330	16 518	50	19 611	400	20 011	50	16 361	334	16 695	50	19 111	390	19 501	50
Tr_7668	0.129	7 692	39	7 731	50	7 624	38	7 662	50	9 585	48	9 633	50	7 546	38	7 584	50	9 124	46	9 170	50
Tr_9279	0.089	6 096	31	6 127	50	6 659	33	6 692	50	5 771	29	5 800	50	6 170	31	6 201	50	5 607	28	5 635	50
Tr_9910	0.256	1 852	9	1 861	50	2 074	10	2 084	50	1 616	8	1 624	50	1 618	8	1 626	50	1 637	8	1 645	50
Tr_10428	0.070	5 967	122	6 089	50	9 001	184	9 185	50	10 100	206	10 306	50	9 945	203	10 148	50	9 844	201	10 045	50
Tr_10517	0.115	6 927	35	6 962	50	6 906	35	6 941	50	8 246	41	8 287	50	6 927	35	6 962	50	7 857	39	7 896	50
Tr_10518	0.054	7 002	35	7 037	50	6 929	35	6 964	50	8 306	42	8 348	50	6 985	35	7 020	50	7 904	40	7 944	50
Tr_11001	0.025	1 220	6	1 226	50	1 286	6	1 292	50	1 547	8	1 555	50	1 253	6	1 259	50	1 570	8	1 578	50
Tr_11002	0.026	7 608	38	7 646	50	7 492	38	7 530	50	9 395	47	9 442	50	7 641	38	7 679	50	9 011	45	9 056	50
Tr_11057	0.227	8 205	167	8 372	50	9 365	191	9 556	50	10 512	215	10 727	50	10 055	205	10 260	50	10 454	213	10 667	50
Tr_11314	0.028	7 204	36	7 240	50	7 103	36	7 139	50	9 158	46	9 204	50	7 091	36	7 127	50	8 819	44	8 863	50
Tr_20701	0.154	9 312	190	9 502	50	10 891	222	11 113	50	13 378	273	13 651	50	11 662	238	11 900	50	13 508	276	13 784	50
Tr_20702	0.037	12 205	249	12 454	50	13 439	275	13 714	50	16 003	327	16 330	50	14 085	287	14 372	50	15 961	326	16 287	50
Tr_20703	0.041	12 026	246	12 272	50	12 989	265	13 254	50	14 890	304	15 194	50	13 698	280	13 978	50	14 853	303	15 156	50
Tr_20704	0.046	24 397	498	24 895	50	24 378	498	24 876	50	27 746	566	28 312	50	25 290	516	25 806	50	26 847	548	27 395	50
Tr_20705	0.087	25 599	522	26 121	50	25 644	524	26 168	50	29 268	598	29 866	50	26 523	542	27 065	50	28 394	579	28 973	50
Tr_20706	0.063	20 015	409	20 424	50	20 182	412	20 594	50	22 910	468	23 378	50	20 732	423	21 155	50	22 382	459	22 841	50
Tr_20707	0.118	6 303	129	6 432	50	7 666	157	7 823	50	8 083	165	8 248	50	8 579	175	8 754	50	8 425	172	8 597	50

Source : Egis