Pichet

Projet immobilier sur le lot 27 - Îlot Colombus à Colombes (92)

Etude Air et Santé

Références : Rapport n°24.015
Version : V2 – juin 2024

SUEZ Aria Technologies
Siège social - Parc de L'Ile - 15/27 Rue du Port – 92000 Nanterre Cedex – France - Courriel : info@aria.fr - http://www.aria.fr
S.A.S. au capital de 4 779 981 euros - SIRET 379 180 474 00064 – RCS Nanterre B 379 180 474 - Code APE 6201Z – TVA FR27 379 180 474

Référence du projet :

Titre	Projet immobilier sur le lot 27 - Îlot Colombus à Colombes (92)
N° rapport	2024.015
N° projet	L-002052
Sous-traitant	-

Intervenant :

Rédacteurs(s)	Assia DACHRAOUI - Cheffe de projet Qualité de l'air
Relecteur	Lydia RICOLLEAU - Cheffe de Projet – Responsable de pôle Diagnostics urbains
Référent	Lydia RICOLLEAU - Cheffe de Projet – Responsable de pôle Diagnostics urbains

Révisions du document :

Version	Date	Modifications
1	16/04/2024	Version initiale
2	28/06/2024	Mise à jour des plans du projet Colombus et de l'ERS suite au passage des logements en co-living vers des logements étudiants

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE 8

2. DESCRIPTION DU PROJET 9

3. CONTENU DE L'ETUDE AIR ET SANTE 11

3.1 Description des scénarios étudiés 11
3.2 Trafic prévisionnel 11
3.3 Définition du domaine d'étude et des bandes d'études 15
3.4 Niveau d'étude retenu 17
3.1.1 Rappel des recommandations du guide du Cerema pour les infrastructures routières ..17
3.1.2 Localisation des zones habitées et densité de population 19
3.1.3 Contenu de l'étude Air et Santé pour le projet 20

4. ETAT INITIAL DE LA QUALITE DE L'AIR 21

4.1 Populations 21
4.1.1 Population générale - recensement 21
4.1.2 Populations vulnérables 22
4.2 Documents de planification relatifs à la qualité de l'air 24
4.3 Bilan des émissions dans l'air 26
4.3.1 Bilan des émissions dans l'air au niveau de la région Ile-de-France 26
4.3.2 Bilan des émissions dans l'air au niveau de la zone d'étude 28
4.4 Bilan de la qualité de l'air 29
4.4.1 Réglementation de la qualité de l'air 29
4.4.2 Qualité de l'air en Ile-de-France 33
4.4.3 Qualité de l'air sur la zone d'étude 34
4.5 Zone à faibles émissions (ZFE) 38
4.6 Synthèse de l'état initial 39

5. ESTIMATION DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC ROUTIER 40

5.1 Méthodologie 40
5.2 Données d'entrée 41
5.2.1 Trafic prévisionnel 41
5.2.2 Vitesse des véhicules sur les brins 42
5.2.3 Répartition par catégories de véhicules 42
5.2.4 Composition du parc roulant 42
5.2.5 Facteurs d'émissions 43
5.3 Résultats des émissions de polluants et des Gaz à Effet de Serre 44
5.3.1 Tableaux de résultats 44
5.3.2 Cartographies 45

6. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR 49

6.1 Méthodologie 49
6.1.1 Modèle de dispersion mis en œuvre pour les simulations 49
6.1.2 Présentation de la méthodologie appliquée 49
6.2 Données d'entrée pour les modélisations 51
6.2.1 Météorologie 51
6.2.2 Topographie 57
6.2.3 Obstacles 58
6.2.4 Emissions 60
6.3 Résultats des modélisations 61

6.3.1 Présentation des résultats....61
6.3.2 Concentrations moyennes annuelles sur la zone d'étude....64
6.3.3 Variation des concentrations en fonction de l'altitude....73

7. IMPACT DU PROJET SUR LES POPULATIONS....83

7.1 Indice Polluant/Population (IPP)....83
7.1.1 Méthodologie....83
7.1.2 Résultats....86
7.2 Evaluation des risques sanitaires....90
7.2.1 Démarche....90
7.2.2 Choix des traceurs de risque et identification des dangers....90
7.2.3 Voie d'exposition retenue....94
7.2.4 Etude des relations dose-réponse et choix des VTRs....94
7.2.5 Evaluation de l'exposition humaine....98
7.2.6 Caractérisation des risques....102
7.2.7 Incertitudes....109

8. MESURES ERC / RECOMMANDATIONS....110

8.1 Mesures d'évitement et de réduction....110
8.1.1 Protection des futurs résidents....110
8.1.2 Implantation de zones tampon....111
8.2 Mesures de compensation....112

9. IMPACT DU PROJET EN PHASE CHANTIER....113

10. SYNTHESE....114

ANNEXES....118

ANNEXE 1 : DESCRIPTION DU MODELE MSS....119

ANNEXE 2 : RESULTATS DETAILLES DES CALCULS DE RISQUE (QD ET ERI)....137

Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil....138
Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil....139

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : critères permettant de définir la largeur minimale de la bande d'étude 15
Tableau 2 : définition des niveaux d'étude "Loi sur l'air".....17
Tableau 3 : évolution de la population par commune (INSEE 2023 sur la base des données 2021) 22
Tableau 4 : population par commune (INSEE 2023 sur la base des données 2020) 22
Tableau 5 : documents de planification relatifs à la qualité de l'air en Île-de-France 24
Tableau 6 : densité d'émissions par km² et par département en 2019 (source : AIRPARIF octobre 2022) 27
Tableau 7 : valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé.....29
Tableau 8 : valeurs réglementaires françaises relatives à la qualité de l'air.....30
Tableau 9 : projet de normes européennes de la qualité de l'air en moyenne annuelle 32
Tableau 10 : tendances et situation de l'année 2022 vis-à-vis des normes réglementaires et des recommandations de l'OMS pour les polluants réglementés en Ile-de-France (source : AIRPARIF) 33
Tableau 11 : concentrations moyennes annuelles mesurées aux stations de mesure AIRPARIF 35
Tableau 12 : bilan des émissions en polluants atmosphériques sur le domaine d'étude 45
Tableau 13 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent.....52
Tableau 14 : situations météorologiques retenues pour les simulations 3D.....57
Tableau 15 : valeurs de pollution de fond retenues pour l'étude 62
Tableau 16 : recensement des points d'intérêt 63
Tableau 17 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt - NO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$ .69
Tableau 18 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt – benzène, 1,3 butadiène, et les HAPs 70
Tableau 19 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt – arsenic, nickel, chrome 71
Tableau 20 : concentrations moyennes en NO_2 en façades des futurs bâtiments du projet ($\mu g/m^3$)...82
Tableau 21 : pourcentage de la population exposée à chaque tranche de concentrations.....87
Tableau 22 : classifications CIRC et US-EPA pour les effets cancérigènes 91
Tableau 23 : identification des dangers par substances 91
Tableau 24 : substances retenues et impact sur la santé 93
Tableau 25 : Facteur d'équivalent toxique pour les HAPs 96
Tableau 26 : valeurs guides pour les risques chroniques.....97
Tableau 27 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil 97
Tableau 28 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil.....97
Tableau 29 : récapitulatif des scénarios d'exposition retenus.....98
Tableau 30 : Concentrations inhalées (CI) pour chaque scénario d'exposition 100
Tableau 31 : risques sanitaires pour les PM2.5 pour le scénario d'exposition le plus pénalisant.....108
Tableau 32 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation pour les scénarios d'exposition.....138
Tableau 33 : excès de Risque Individuel pour les scénarios d'exposition 139

FIGURES

Figure 1 : localisation du projet.....9
Figure 2 : plan masse du projet 10
Figure 3 : trafic moyen journalier pour la situation future « Fil de l'eau » (2027).....12
Figure 4 : trafic moyen journalier pour la situation future avec projet (2027) 13
Figure 5 : Evolution du trafic moyen journalier entre la situation avec projet et la situation « Fil de l'eau » à l'horizon 2027 14

Figure 6 : domaine d'étude retenu pour l'étude....16
Figure 7 : synthèse du contenu attendu de l'étude de la solution retenue (source : Cerema, 2019) ...18
Figure 8 : liste des polluants à considérer en fonction du niveau d'étude (source : Cerema, 2019).....18
Figure 9 : densité de population par carreau de 200 mètres par 200 mètres et zones habitées en 2019 (source INSEE 2023) 19
Figure 10 : contour des communes à proximité du projet....21
Figure 11 : localisation des établissements accueillant des populations vulnérables dans et autour de la zone d'étude....23
Figure 12 : répartition par secteur d'activités des principaux polluants en 2019 pour la Région Île-de-France (source : AIRPARIF octobre 2022) 26
Figure 13 : répartition spatiale des émissions d'oxydes d'azote (NOx) et répartition de la population d'Île-de-France par département en 2019 (source : AIRPARIF octobre 2022) 27
Figure 14 : Evolution des émissions par secteurs d'activités pour l'intercommunalité de Boucle Nord-de-Seine (source : AIRPARIF 2022)....28
Figure 15 : localisation des stations de mesure AIRPARIF les plus proches du projet....34
Figure 16 : carte de concentrations moyennes annuelles en NO_2 – année 2022 (source : AIRPARIF) ..36
Figure 17 : carte de concentrations moyennes annuelles en PM_{10} – année 2022 (source : AIRPARIF).37
Figure 18 : carte de concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ – année 2022 (source : AIRPARIF) 37
Figure 19 : périmètre de la Zone à Faibles Emissions (source : Métropole du Grand Paris) 38
Figure 20 : diagramme méthodologique pour le calcul des émissions....40
Figure 21 : quantité de trafic....41
Figure 22 : évolution des émissions en NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$ sur le domaine d'étude....44
Figure 23 : émissions en NOx (kg/km/j) pour la situation « Fil de l'eau » (2027) 46
Figure 24 : émissions en NOx (kg/km/j) pour la situation avec projet (2027) 47
Figure 25 : Evolution des émissions en NOx entre la situation avec projet et la situation « Fil de l'eau » à l'horizon 2027....48
Figure 26 : méthodologie mise en œuvre 49
Figure 27 : champ de vent et de lignes de courant – Situation « fil de l'eau » - cas 40°, 2m/s, F....50
Figure 28 : champs de concentrations en NOx – Situation « fil de l'eau » - cas 40°, 2m/s, F 50
Figure 29 : rose des vents générale 2019-2023 – station Paris-Montsouris....52
Figure 30 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique....54
Figure 31 : roses des vents par classe de stabilité 54
Figure 32 : variation de la température sur l'année (période du 01/01/2019 au 31/12/2023) 55
Figure 33 : directions de vent retenues pour les modélisations 3D....56
Figure 34 : topographie du domaine d'étude (source : IGN RGE ALTI® 1m)....57
Figure 35 : hauteur des bâtiments – situation fil de l'eau – horizon 2027 58
Figure 36 : hauteur des bâtiments – situation avec projet - Horizon 2027 59
Figure 37 : Focus sur les bâtiments du projet – situation avec projet - horizon 2027....59
Figure 38 : visualisation des obstacles du projet et de la topographie par le logiciel PMSS 60
Figure 39 : localisation des points d'intérêt....63
Figure 40 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 au niveau des points d'intérêt....66
Figure 41 : concentrations moyennes annuelles en PM_{10} au niveau des points d'intérêt 67
Figure 42 : concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ au niveau des points d'intérêt....68
Figure 43 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 – situation future « fil de l'eau » (2027)....72
Figure 44 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 – situation future avec projet (2027)....72
Figure 45 : comparaison des concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 à l'horizon 2027 entre la situation « fil de l'eau » et la situation avec projet....73
Figure 46 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 2 mètres du sol 74
Figure 47 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 6 mètres du sol 75
Figure 48 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 10 mètres du sol 76

Figure 49 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 14 mètres du sol 77
Figure 50 : concentrations moyennes annuelles en NO2 à 18 mètres du sol.....78
Figure 51 : concentrations moyennes annuelles en NO2 à 26 mètres du sol.....79
Figure 52 : points cibles au droit des façades des futurs bâtiments du projet 80
Figure 53 : profil vertical des concentrations moyennes annuelles en NO_2 au droit des façades du projet 81
Figure 54 : répartition de la population par bâtiment habité pour la situation « fil de l'eau » - horizon 2027 84
Figure 55 : répartition de la population par bâtiment habité pour la situation avec projet - horizon 2027 85
Figure 56 : IPP global pour le NO_2 86
Figure 57 : histogramme de distribution concentration/population 87
Figure 58 : carte des IPP – situation « fil de l'eau » - horizon 2027 88
Figure 59 : carte des IPP – situation avec projet – horizon 2027 89
Figure 60 : logigramme pour le choix des VTR (DGS) 95
Figure 61 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour le NO_2 101
Figure 62 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour les PM10 101
Figure 63 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour les PM2.5 101
Figure 64 : Quotients de Danger par scénario d'exposition.....105
Figure 65 : Excès de Risque Individuel par scénario d'exposition 107
Figure 66 : extrait de grands principes d'aménagement permettant de favoriser la dispersion des polluants ou limiter l'exposition des populations (source : ADEME, janv. 2023) 111
Figure 67 : lignes de courant et concentration en SF6 à 4h10, 4h20 et 4h30.....120

1. CADRE DE L'ETUDE

Dans le cadre du projet de construction d'un ensemble immobilier mixte sur l'îlot Colombus de la ZAC de l'arc sportif sur la commune de Colombes (92), la société Pichet sollicite SUEZ Aria Technologies pour réaliser le volet Air et Santé du projet situé sur le lot 27.

Comme l'indique le CEREMA dans sa note d'août 2019[1], pour les opérations d'aménagement pour lesquelles une évaluation des impacts sur l'air et la santé est réalisée, « il n'existe pas de documents de cadrage pour la réalisation de cette étude. En revanche, pour les projets d'infrastructures du réseau routier national, la méthodologie pour réaliser le volet air et santé est définie dans le guide méthodologique associé à la note technique du 22 février 2019. Ce guide peut servir de référence, lorsqu'une infrastructure routière (existante ou à construire dans le cadre de l'opération d'aménagement) est à l'origine de nuisances pour le futur écoquartier ».

Le projet immobilier entraînera un apport de trafic sur les voies de circulation situées autour du projet. Le volet « Air et Santé » de l'étude d'impact s'appuiera sur les documents suivants :

- Note technique du 22 février 2019 du Ministère de la transition écologique et solidaire (NOR TRET1833075N) relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières. Cette note technique abroge la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 ;
- Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du Cerema du 22 février 2019, document annexe à la note technique (NOR TRET1833075N) relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact.

Le volet « Air et Santé » du projet se déroule en deux temps :

1. L'état initial de la qualité de l'air ;
2. L'impact du projet sur la qualité de l'air et la santé.

Le présent rapport a été établi sur la base des informations transmises à SUEZ Aria Technologies, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives de la règlementation en vigueur au moment de la réalisation du dossier.

La responsabilité de SUEZ Aria Technologies ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été fournies sont incomplètes ou erronées.

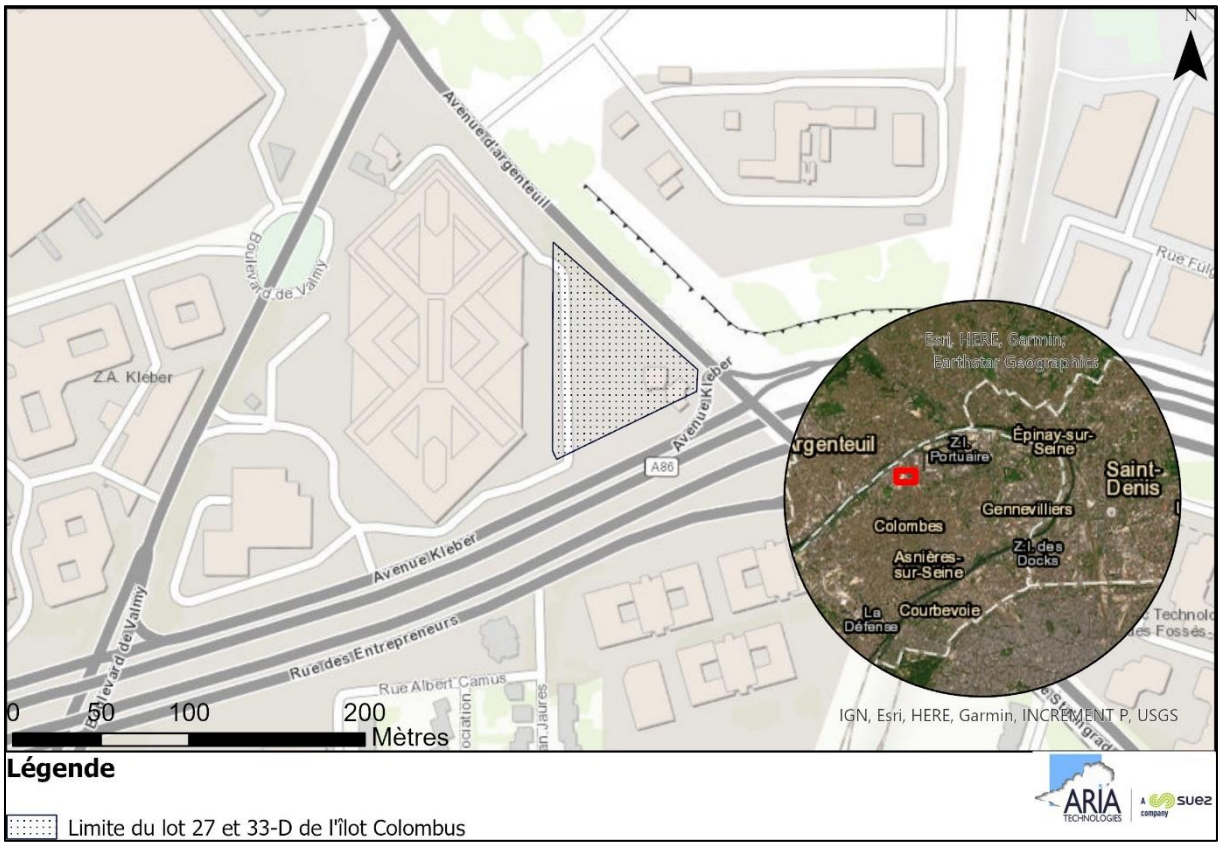
Sauf mention contraire, l'ensemble des cartographies présentées dans ce document sont réalisées par SUEZ Aria Technologies.

[1] Enjeux sanitaires dans les opérations d'aménagements urbains - Qualité de l'air extérieur et opérations d'aménagements urbains, CEREMA, Fiche n01, août 2019

2. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet immobilier est situé le long de l'avenue Kleber, au nord-est de Colombes dans le département des Hauts-de-Seine (92). L'assiette foncière du projet se situe dans la ZAC de l'Arc Sportif et est constituée par les lots 27 et 33-D de l'ilot Colombus. Ces lots représentent une surface parcellaire totale cadastrée de 6 660 m². Le terrain est limité au Nord par l'avenue d'Argenteuil, au sud par l'avenue Kleber et l'autoroute A 86 en contrebas, et à l'ouest par le nouveau mail piéton qui constitue le lien piéton principal avec l'ensemble de l'îlot Colombus.

Figure 1 : localisation du projet



Le projet porte sur la construction d'un ensemble immobilier mixte composé par un programme de résidences étudiantes, un socle commercial et un parking en superstructure.

Le projet occupe la totalité de l'ilot 27 de la ZAC de l'Arc Sportif. Il porte sur la construction d'un ensemble immobilier mixte constitué par :

- 2 cellules commerciales en RDC, dont une surface alimentaire avec 990 m² de surface de vente
- 2 résidences étudiantes : 1 résidence de 216 chambres et 1 résidence de 113 chambres (total 329)
- 162 places de stationnement sur 1 niveau

Le plan masse du projet est présenté sur la Figure 2.

Figure 2 : plan masse du projet

3. CONTENU DE L'ETUDE AIR ET SANTE

3.1 DESCRIPTION DES SCENARIOS ETUDIES

Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, deux scénarios ont été étudiés :

- **Situation au « fil de l'eau » sans le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**) (scénario de référence) ;
- **Situation future avec le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**).

3.2 TRAFIC PREVISIONNEL

Les données de trafic proviennent de l'étude de trafic réalisée par Emtis[2]. Les flux de trafic n'étant pas disponibles sur l'autoroute A86 dans l'étude de trafic, nous avons retenu les données disponibles en opendata[3] pour l'année 2019 en supposant qu'elles restaient constantes (hypothèse majorante, le trafic ayant tendance à baisser depuis 2019).

Les Figure 3 et Figure 4 présentent les flux de trafic journalier (en véhicules/jour) pour la situation « fil de l'eau » (horizon 2027) et la situation future avec projet (horizon 2027). La Figure 5 présente l'évolution du trafic routier à l'horizon 2027 entre la situation avec projet et la situation « fil de l'eau ».

Les cartographies montrent que le trafic le plus important est obtenu sur l'A86, avec un flux de trafic atteignant 46 000 véh./h. Les flux de trafic sont beaucoup plus faibles sur les voies situées à proximité du projet : ils restent inférieurs à 20 000 véh./h sur l'avenue d'Argenteuil et l'avenue Kleber.

A l'horizon 2027, la mise en place du projet n'entraîne pas de variation importante du trafic sur les voies limitrophes au projet, avec une augmentation inférieure à 5% sur les principaux axes comme l'avenue d'Argenteuil et l'avenue Kleber (cf. Figure 5).

[2] « ILOT COLOMBUS - LOT 27 - A COLOMBES - ETUDE DE TRAFIC - Rapport d'étude - Pichet », EMTIS études, déplacements & mobilité, rapport de février 2024

[3] https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/trafic-moyen-journalier-annuel-sur-le-reseau-routier-national/

Figure 3 : trafic moyen journalier pour la situation future « Fil de l'eau » (2027)

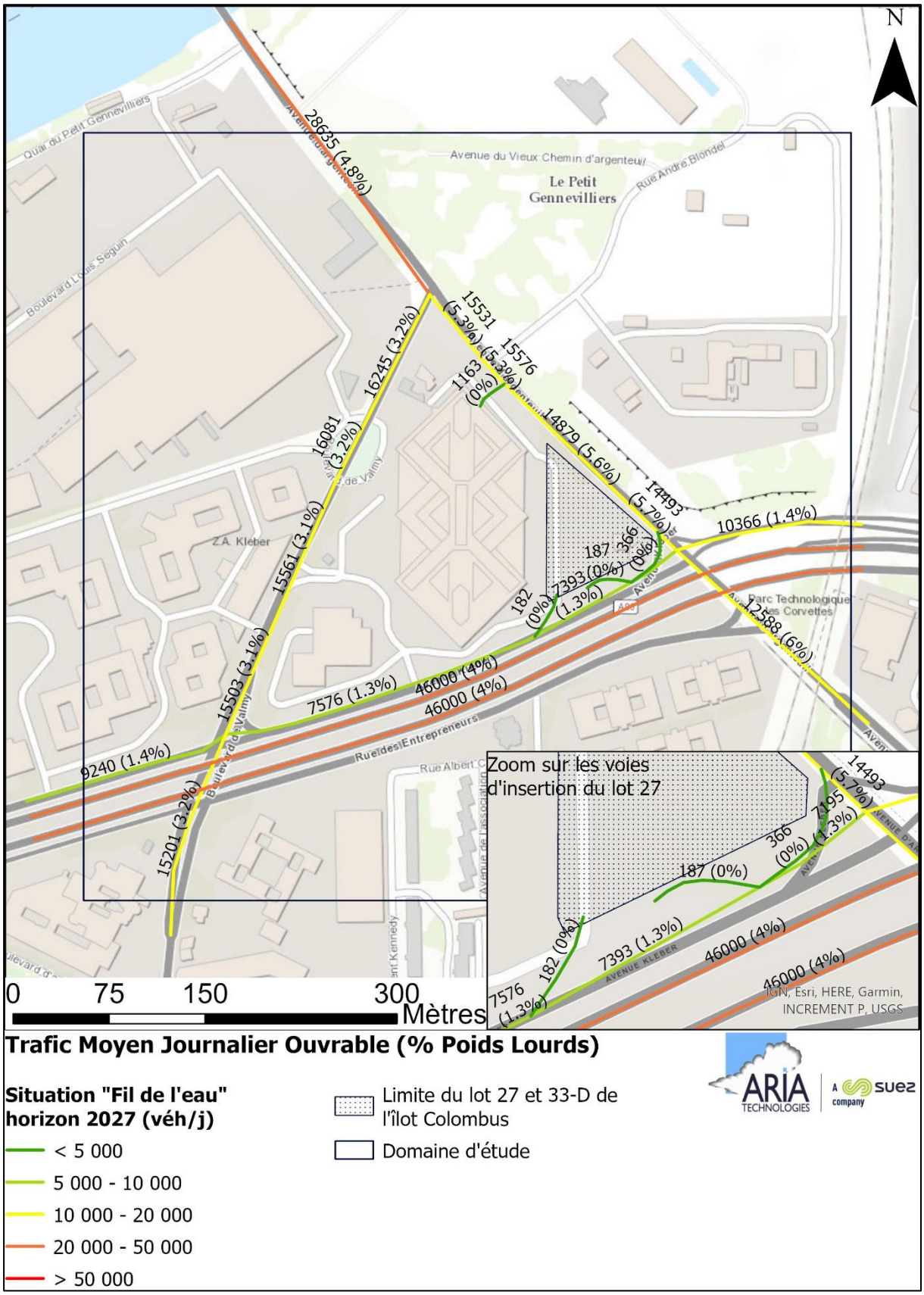


Figure 4 : trafic moyen journalier pour la situation future avec projet (2027)

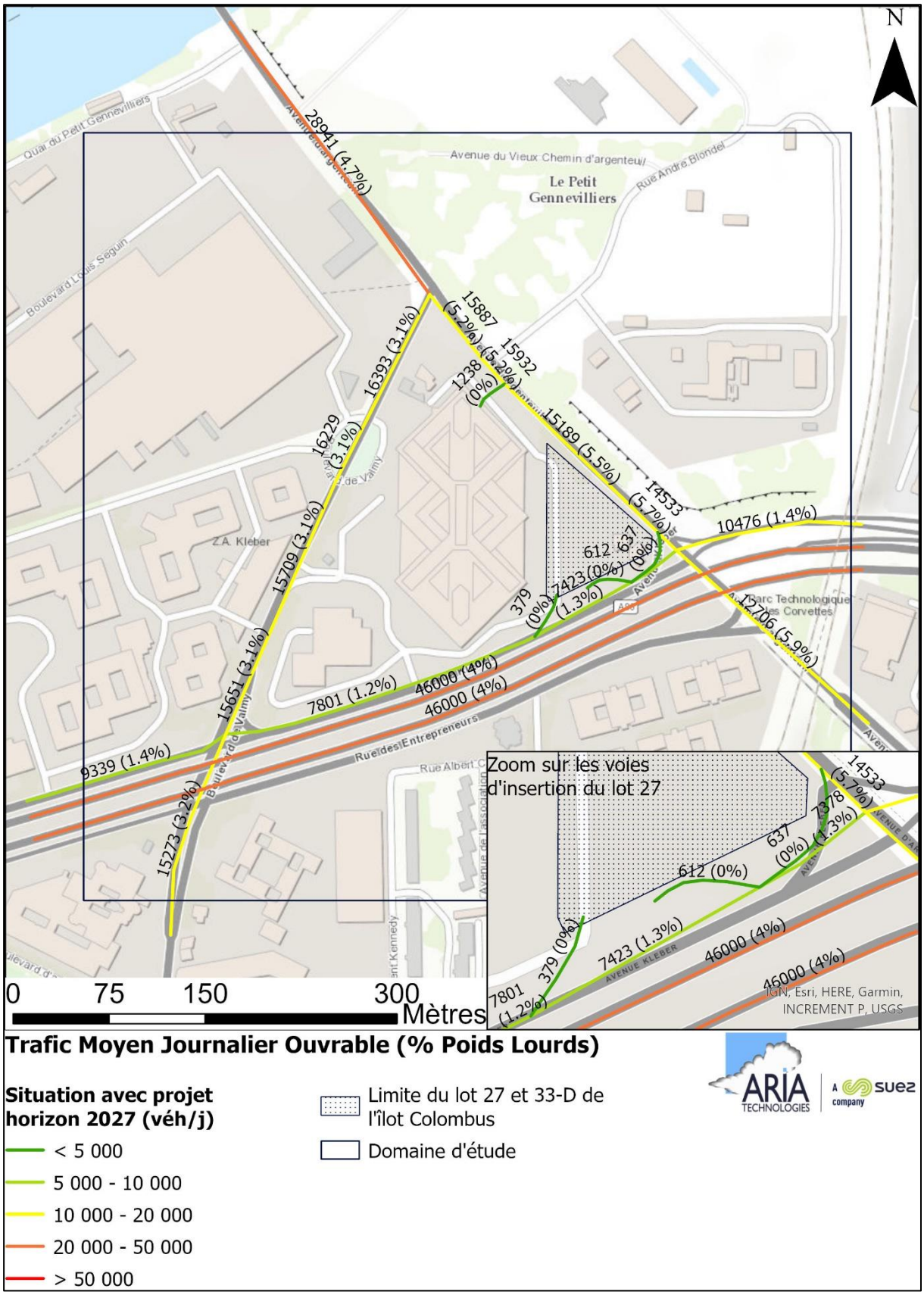
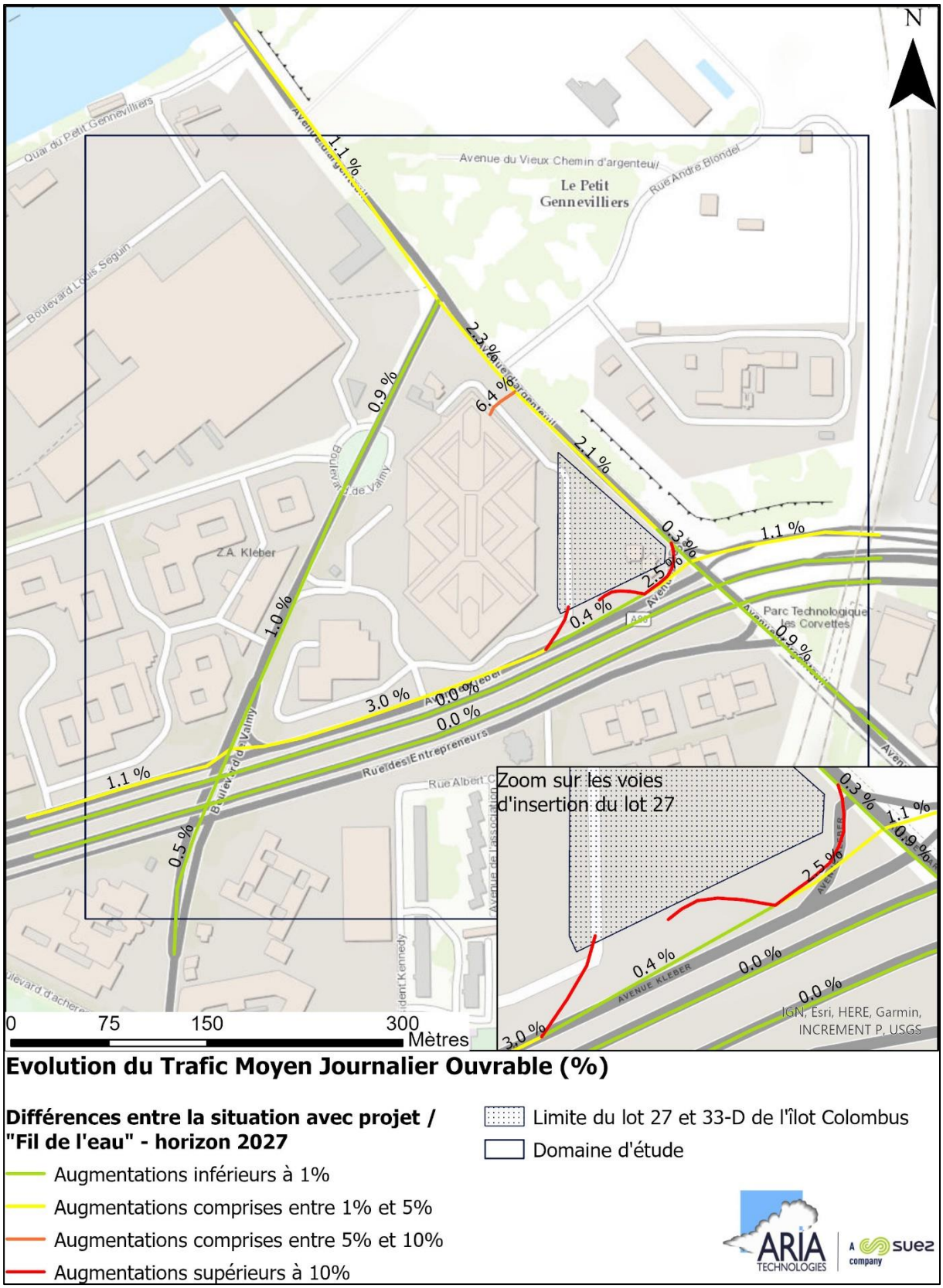


Figure 5 : Evolution du trafic moyen journalier entre la situation avec projet et la situation « Fil de l'eau » à l'horizon 2027



3.3 DEFINITION DU DOMAINE D'ETUDE ET DES BANDES D'ETUDES

Conformément au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du Cerema du 22 février 2019[4], le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet. On distingue deux cas de figure :

- pour les trafics supérieurs à 5 000 véh/j : la modification du trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation relative de trafic entre la situation fil de l'eau et la situation avec projet au même horizon est supérieure à 10 %, en positif ou en négatif.
- pour les trafics inférieurs à 5 000 véh/j : la modification de trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation absolue de trafic la situation fil de l'eau et la situation avec projet au même horizon est supérieure à 500 véh/j, en positif ou en négatif.

La bande d'étude est ensuite définie autour de chaque voie affectée significativement par le projet selon les critères du Tableau 1.

Tableau 1 : critères permettant de définir la largeur minimale de la bande d'étude

TMJA à l'horizon d'étude le plus lointain (en veh/j)	Largeur minimale de la bande d'étude, centrée sur l'axe de la voie (en mètres)
T > 50 000	600
25 000 < T < 50 000	400
10 000 < T < 25 000	300
T < 10 000	200

Les données concernant le trafic prévisionnel lié au projet proviennent de l'étude de trafic réalisée par la société Emtis[5]. Elles sont présentées au paragraphe 3.2 et permettent de définir le domaine d'étude et la bande d'étude selon les critères du guide du Cerema.

À partir de ces données, le différentiel de trafic entre la situation avec projet et la situation « fil de l'eau » a pu être réalisé (Figure 6). Il apparaît que pour les routes étudiées ayant un trafic supérieur à 5000 véh/j des variations allant 0% à 3% du trafic sont observées. Pour les routes étudiées ayant un trafic inférieur à 5000 véh/j, les variations de trafic en valeur absolue sont inférieures à 500 véh/j.

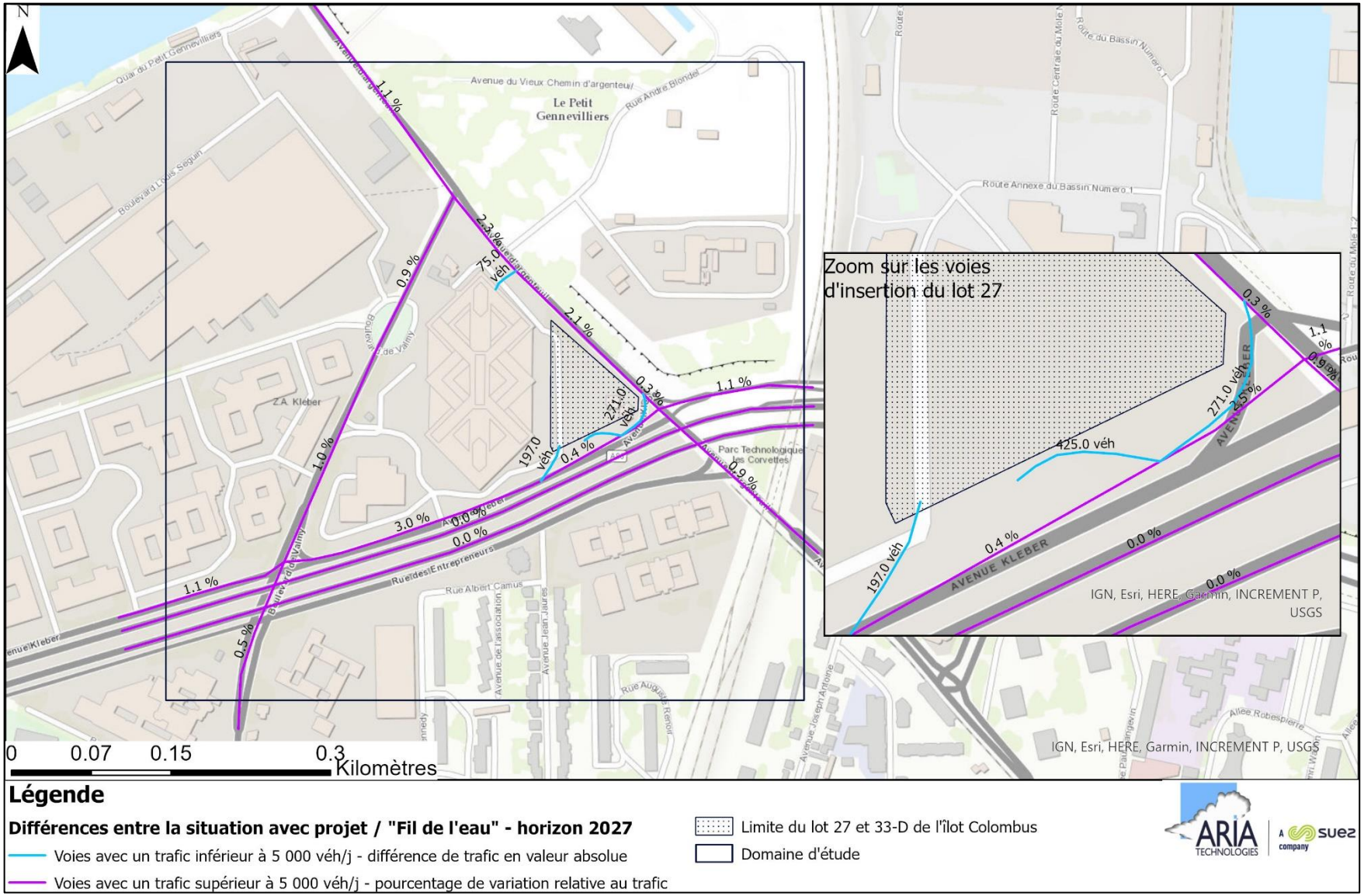
En prenant en considération cette différence, ainsi que les données relatives au Trafic Moyen Journalier, il ressort des résultats que les voies à proximité du projet ne sont pas significativement affectées par celui-ci, conformément aux critères du Cerema.

Dans ce cadre nous avons retenu un domaine d'étude correspondant à un carré de 600 mètres sur 600 mètres de côté (carré bleu sur la Figure 6) intégrant les voies à proximité du projet.

[4] Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du Cerema du 22 février 2019, document annexe à la note technique (NOR TRET1833075N) relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact

[5] « ILOT COLOMBUS - LOT 27 - A COLOMBES - ETUDE DE TRAFIC - Rapport d'étude - Pichet », EMTIS études, déplacements & mobilité, rapport de février 2024

Figure 6 : domaine d'étude retenu pour l'étude



3.4 NIVEAU D'ETUDE RETENU

3.1.1 Rappel des recommandations du guide du Cerema pour les infrastructures routières

Le guide méthodologique du Cerema[6] du 22 février 2019 relatif au volet « air et santé » des études d'impact routières, définit les niveaux d'étude à appliquer pour les études « Air et Santé ». Ce niveau d'étude est défini, à l'horizon d'étude le plus lointain c'est-à-dire celui pour lequel les trafics seront les plus élevés, à l'aide de trois critères : la charge prévisionnelle de trafic en véh/jour, la densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet, et la longueur du projet (L).

Tableau 2 : définition des niveaux d'étude "Loi sur l'air"

Densité de population dans la bande d'étude	**Trafic à l'horizon d'étude** (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 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 hbts/km²	**I**	**I**	**II**	**II** si L > 5km **III** si L ≤ 5km
Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hbts/km²	**I**	**II**	**II**	**II** si L > 25km **III** si L ≤ 25km
Bâti avec densité ≤ 2 000 hbts/km²	**I**	**II**	**II**	**II** si L > 50km **III** si L ≤ 50km
Pas de bâti	**III**	**III**	**IV**	**IV**

Le guide méthodologique du 22 février 2019 prévoit plusieurs facteurs pouvant conduire à réviser le niveau d'étude résultant du Tableau 2.

- **Présence de lieux dits vulnérables**

« Dans le cas de présence de lieux dits vulnérables situés dans la bande d'étude du projet, une étude de niveau II sera impérativement remontée au niveau I au droit des lieux vulnérables et non sur la totalité de la bande d'étude. Il n'y aura en revanche pas lieu de remonter les études de niveau III et IV au droit des lieux dits vulnérables. ».

- **Projet avec des différences marquées de milieu (urbain et interurbain)**

« Dans le cas d'un projet avec des différences marquées du milieu (contexte urbain et interurbain), l'absence totale de population sur certains tronçons du projet (supérieurs à 1 km) autorisera l'application d'un niveau d'étude moins exigeant sur ces sections. ».

- **Cas où la population dans la bande d'étude est supérieure à 100 000 habitants**

« Dans le cas où la population dans la bande d'étude du projet est supérieure à 100 000 habitants, une étude de niveau II est remontée au niveau I, l'excès de risque collectif pouvant être alors non acceptable. Une étude de niveau III est remontée au niveau II. Pour les études de niveau IV, il n'y aura pas lieu d'effectuer d'études de niveau supérieur. ».

[6] « Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières », Cerema, 22/02/2019

La Figure 7 présente le Tableau 2 du guide méthodologique du Cerema synthétisant pour chaque niveau d'étude (cf. Tableau 2) le contenu attendu de l'étude pour la solution retenue. La Figure 8 présente la liste des polluants à prendre en compte en fonction du niveau d'étude (tableau 6 du guide méthodologique du Cerema).

Figure 7 : synthèse du contenu attendu de l'étude de la solution retenue (source : Cerema, 2019)

<table>
<tr><th></th><th>Niveau I</th><th>Niveau II</th><th>Niveau III</th><th>Niveau IV</th></tr>
<tr><td>Analyse bibliographique</td><td colspan="4">A adapter en fonction du niveau d'étude et des enjeux</td></tr>
<tr><td>Mesures effectuées à l'état actuel</td><td>Qualification par des mesures in situ (air et sol si risque par ingestion)</td><td>Qualification par des mesures in situ (air)</td><td>Réalisation éventuelle de mesures</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Estimation des émissions</td><td>Sur tout le réseau d'étude pour les polluants du tableau 6 (polluants en commun avec les études de niveau II à IV et ceux spécifiques à l'ERS)</td><td colspan="3">Sur tout le réseau d'étude pour les polluants du tableau 6</td></tr>
<tr><td>Estimation des concentrations</td><td>Sur toutes les bandes d'études du réseau d'étude pour les polluants de l'ERS</td><td>NO_2 (et les éventuellement les PM_{10} si nécessité confirmée par ARS), sur toutes les bandes d'étude du réseau d'étude</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Évolution de l'exposition de la population à la pollution</td><td colspan="2">Comparaison de la solution retenue avec le scénario sans projet sur le plan de la santé via l'IPP NO_2</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Effets de la pollution de l'air sur la santé</td><td>ERS par inhalation sur toutes les bandes d'étude du réseau d'étude

ERS par ingestion dans la bande d'étude du projet retenu</td><td colspan="3">Synthèse bibliographique à adapter aux enjeux du projet</td></tr>
<tr><td>Analyse des coûts collectifs et avantages induits</td><td colspan="4">Traitée dans le volet socio-économique</td></tr>
<tr><td>Analyse des impacts en phase chantier</td><td colspan="4">A traiter pour tous les niveaux d'étude et à adapter en fonction des enjeux</td></tr>
<tr><td>Mesures d'évitement, d réduction des impacts</td><td colspan="4">A traiter pour tous les niveaux d'étude et à adapter en fonction des enjeux</td></tr>
<tr><td colspan="5">Pour rappel, sont exclues du périmètre de cette note, les émissions de GES[51], la consommation énergétique et l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments, thématiques qu'il faut néanmoins traiter dans le volet « Air » [4].</td></tr>
</table>

Figure 8 : liste des polluants à considérer en fonction du niveau d'étude (source : Cerema, 2019)

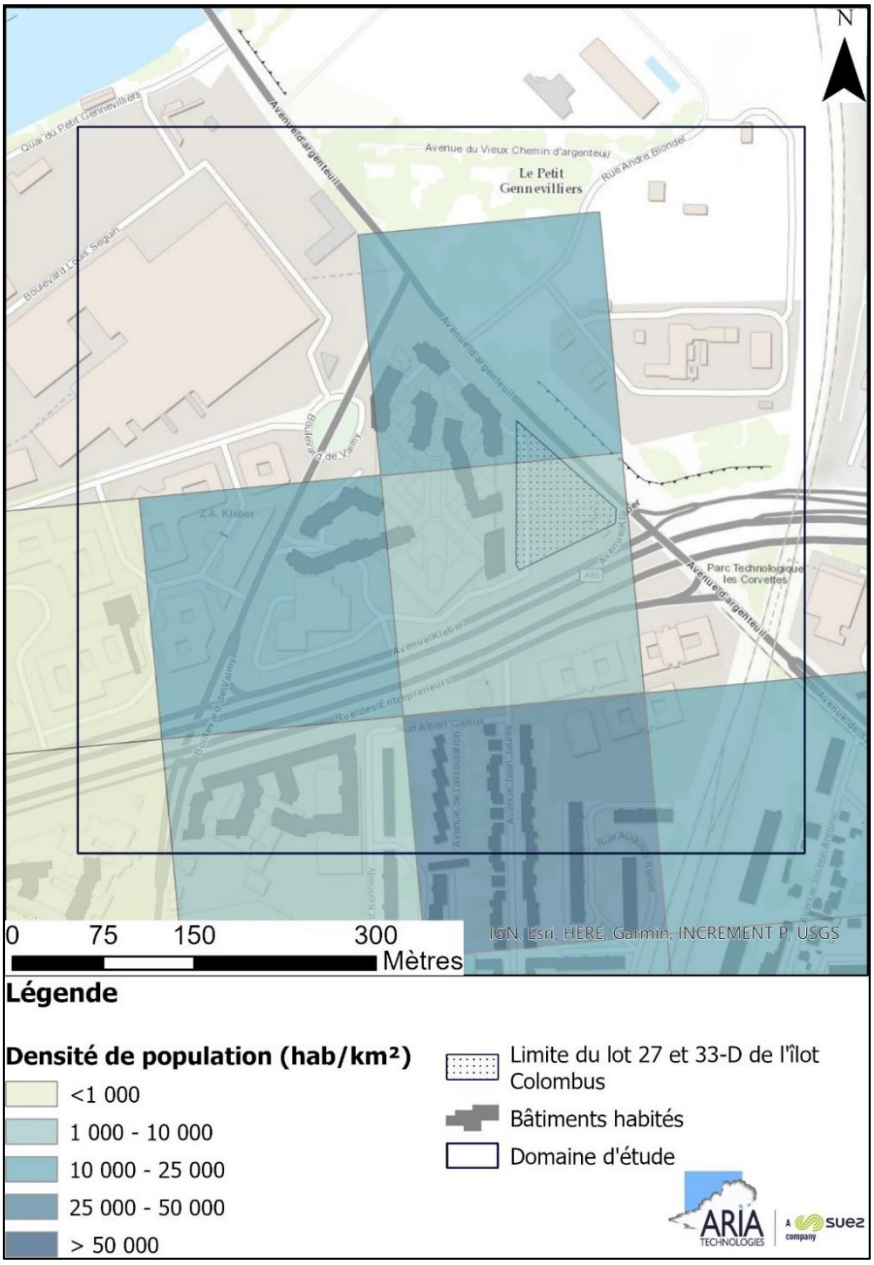
<table>
<tr><td>Polluants à prendre en compte dans les études air et santé (niveau I à IV)</td><td colspan="3">Oxydes d'azote (NOx)
Particules (PM_{10} $PM_{2,5}$)
Monoxyde de carbone (CO)
Composés organiques volatils non méthanique (COVNM)
Benzène
Dioxyde de soufre (SO_2)
Arsenic
Nickel
Benzo[a]pyrène</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Les polluants spécifiques à l'ERS (uniquement niveau I)</td><td rowspan="2">Voie respiratoire</td><td>Effets aigus</td><td>PM_{10}, $PM_{2,5}$
Dioxyde d'azote</td></tr>
<tr><td>Effets chroniques</td><td>PM_{10}, $PM_{2,5}$
Dioxyde d'azote
Benzène
16HAP dont le benzo(a)pyrène
1,3 butadiène
Chrome
Nickel
Arsenic</td></tr>
<tr><td>Voie orale</td><td>Effets chroniques</td><td>16 HAP dont le benzo(a)pyrène</td></tr>
</table>

3.1.2 Localisation des zones habitées et densité de population

La densité de population a été calculée à partir des données INSEE carroyées à 200m correspondant aux données statistiques pour l'année 2019[7] (année la plus récente disponible au moment de la rédaction du document). Les zones habitées sont représentées par les bâtiments correspondant à du résidentiel issus de la BD Topo® de l'IGN.

La Figure 9 présente la densité de population par carreau de 200 mètres et les zones habitées à proximité du projet. La densité de population est au maximum de 30 100 hab/km² dans la zone d'étude.

Figure 9 : densité de population par carreau de 200 mètres par 200 mètres et zones habitées en 2019 (source INSEE 2023)



[7] https://www.insee.fr/fr/statistiques/7655475?sommaire=7655515 Revenus, pauvreté et niveau de vie en 2019, données carroyées à 200m, paru le 12/10/2023

3.1.3 Contenu de l'étude Air et Santé pour le projet

Au vu de la charge prévisionnelle de trafic en véh/jour à l'horizon **2027** (supérieures à 25000 véh/j sur l'Autoroute 86, cf. paragraphe 5.2.3), la densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet (> 10 000 hab./km²), et la longueur du projet, l'étude s'inscrit dans le cadre **d'une étude Air et Santé de niveau I**.

Ainsi, conformément au guide du Cerema du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact, l'étude « Air et Santé » du projet comprendra :

- le bilan initial de la qualité de l'air ;
- l'estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude pour les scénarios étudiés (cf. paragraphe 1) ;
- l'estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet, pour les situations étudiées ;
- la comparaison des situations sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP Indice Pollution - Population) ;
- l'évaluation des risques sanitaires au niveau des lieux recevant des populations vulnérables et des futures habitations du projet.

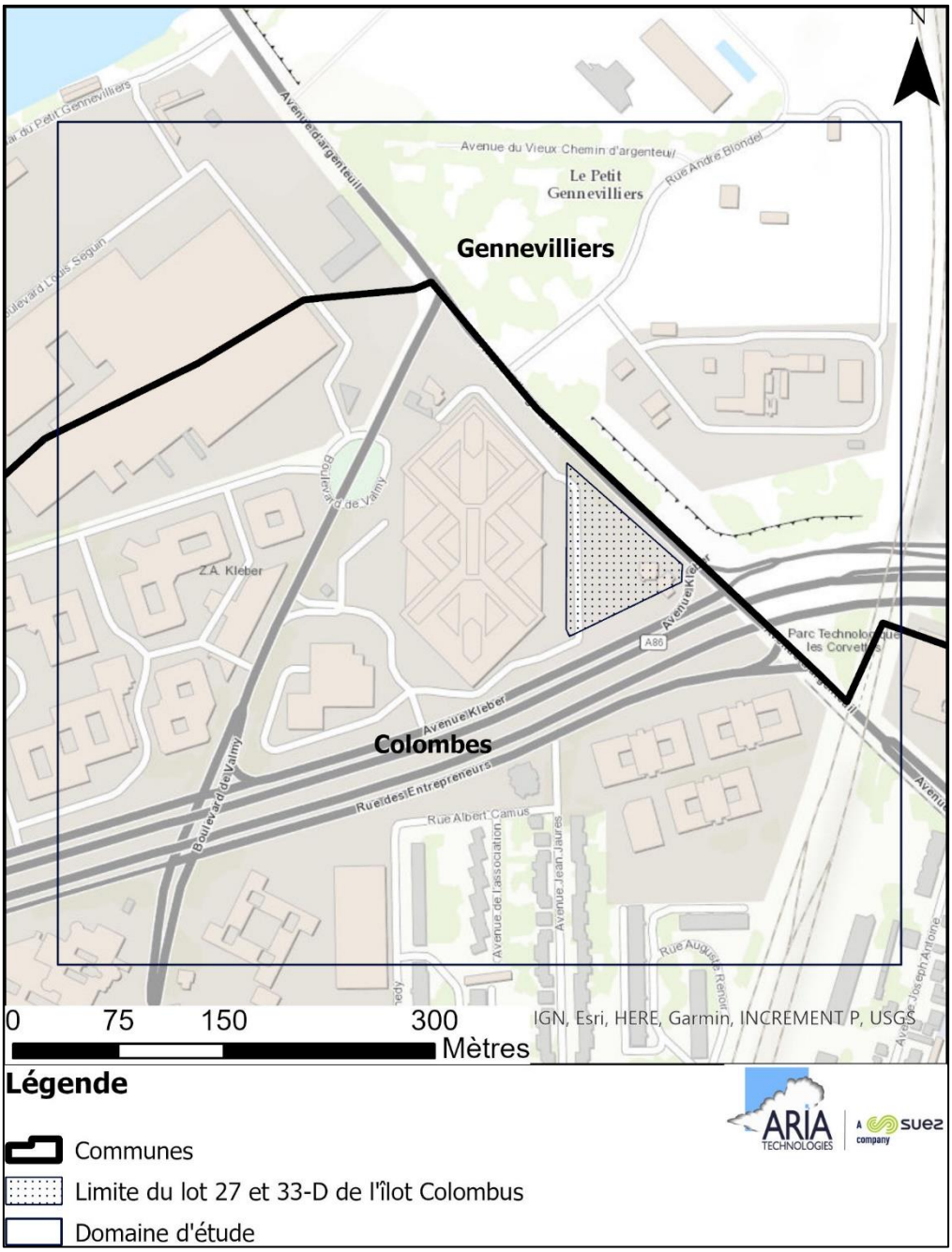
4. ETAT INITIAL DE LA QUALITE DE L'AIR

4.1 POPULATIONS

4.1.1 Population générale - recensement

Le domaine d'étude retenu se trouve sur le territoire des communes de Colombes et de Gennevilliers (Figure 10).

Figure 10 : contour des communes à proximité du projet



Le Tableau 3 présente l'évolution de la population par commune et le Tableau 4 présente les données de population par catégorie d'âge par commune.

Tableau 3 : évolution de la population par commune (INSEE 2023 sur la base des données 2021[8])

Libellé géographique	Population en 1990	Population en 1999	Population en 2010	Population en 2017	Population en 2021
Colombes	78 513	76 757	85 398	85 177	89 421
Gennevilliers	44 818	42 513	41 364	46 907	49 647

Tableau 4 : population par commune (INSEE 2023 sur la base des données 2020[9])

Commune	Pop. 2020	Pop 0-14 ans	Pop 15-29 ans	Pop 30-44 ans	Pop 45-59 ans	Pop 60-74 ans	Pop 75-89 ans	Pop 90 ans ou plus
Colombes	86 534	18087	16505	19368	16994	10241	4609	732
Gennevilliers	49 880	11 613	9 685	10 892	8 834	6 176	2 404	277

4.1.2 Populations vulnérables

Certaines populations, plus particulièrement sensibles à la qualité de l'air, peuvent être recensées par l'intermédiaire des structures qu'elles fréquentent :

- enfants : crèches et écoles ;
- personnes âgées : maisons de retraite ;
- personnes malades : hôpitaux et cliniques ;
- sportifs : stades, centres sportifs, terrains de sport extérieurs.

Les sites sensibles présents à proximité de la zone du projet et susceptibles d'être impactés par le projet sont également recensés dans le domaine d'étude. Sont dénombrés :

- Aucune structure multi-accueil (crèche, halte-garderie)[10] ;
- Aucune école maternelle[11] ;
- Aucune école élémentaire et primaire du premier degré[11] ;
- Aucun collège et lycée[11] ;
- Aucun établissement sanitaire et social[12] ;
- Aucun équipement sportif extérieur[13].

La Figure 11 localise les établissements sensibles les plus proche autour du domaine d'étude.

8 https://www.insee.fr/fr/statistiques/7728826 Populations légales 2021 Recensement de la population Régions, départements, arrondissements, cantons et communes, paru le 28/12/2023

9 https://www.insee.fr/fr/statistiques/7632446?sommaire=7632456 Évolution et structure de la population en 2020, paru le 27/06/2023

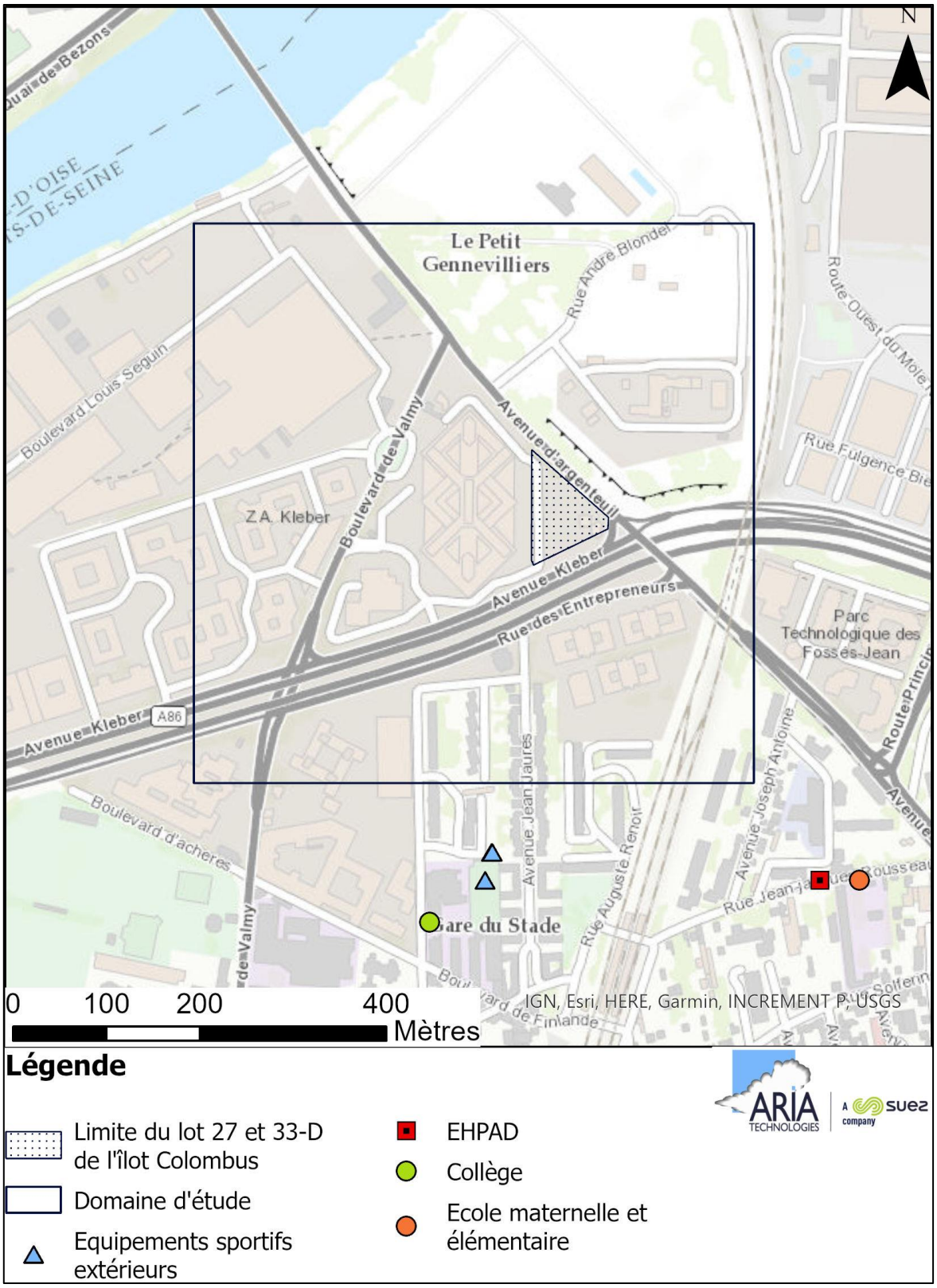
10 Source : https://lescreches.fr

11 source : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/adresse-et-geolocalisation-des-etablissements-denseignement-du-premier-et-second-degres-1/

12 Source : FINESS (Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux)
https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/finess-extraction-du-fichier-des-etablissements/

13 source : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/recensement-des-equipements-sportifs-espaces-et-sites-de-pratiques/

Figure 11 : localisation des établissements accueillant des populations vulnérables dans et autour de la zone d'étude



4.2 DOCUMENTS DE PLANIFICATION RELATIFS A LA QUALITE DE L'AIR

Au niveau national, la loi sur l'Air (LAURE) de 1996 a fondé les conditions de la surveillance de la qualité de l'air et de l'information du public. Elle a permis la mise en place de programmes d'amélioration de la qualité de l'air en Île-de-France en vue de respecter la réglementation :

- Le Plan de protection de l'atmosphère (PPA), qui définit des mesures réglementaires contraignantes
- La Feuille de route pour la qualité de l'air (FRQA)
- Le Schéma régional climat air énergie (SRCAE), qui vise à regrouper les problématiques de qualité de l'air et de changement climatique
- Le Plan de déplacements urbains (PDU), qui organise les transports dans les grandes villes afin de favoriser les transports en commun et les circulations douces
- Le Plan régional santé environnement (PRSE)
- Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

Tableau 5 : documents de planification relatifs à la qualité de l'air en Île-de-France

Acronyme	Nom du document et année de publication	Objectifs
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère d'Île-de-France (2018)	Le PPA définit pour l'ensemble de la région les objectifs et les actions de l'Etat permettant de ramener les concentrations de NOx et de particules en dessous des valeurs limites de qualité de l'air. Ce document, obligatoire dans les zones où des dépassements de valeurs limites de qualité de l'air sont observés, est régi par le code de l'environnement. A partir de 25 défis déclinés en 46 actions couvrant l'ensemble des secteurs d'activité, il ambitionne de ramener notre région sous les seuils européens à l'horizon 2025, et de diviser par 3 le nombre de Franciliens exposés à la pollution atmosphérique dès 2020.[14]
FRQA	Feuille de route pour la qualité de l'air – les pouvoirs publics franciliens s'engagent (2018)	Les collectivités franciliennes se sont engagées à coordonner leurs actions en faveur de la qualité de l'air pour amplifier leurs impacts. Elles ont ainsi établi la feuille de route opérationnelle pour la qualité de l'air. Co-pilotée par l'Etat et le Conseil Régional d'Ile-de-France, cette feuille de route regroupe les actions des départements, des EPCI, des EPT, de la Métropole du Grand Paris et de la ville de Paris pour réduire les émissions de polluants atmosphériques[14].
SRCAE	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie de l'Île-de-France (2012)	Le SRCAE d'Ile-de-France a été élaboré conjointement par les services de l'Etat, du conseil régional et de l'ADEME, sous le pilotage du préfet de région et du président du conseil régional, en associant de multiples acteurs du territoire dans un riche processus de concertation. Il fixe 17 objectifs et 58 orientations stratégiques pour le territoire régional en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation aux effets du changement climatique.[15]

Acronyme	Nom du document et année de publication	Objectifs
PCAET	Plan Climat Air Énergie Boucle Nord-de-Seine (2022)	Pilier de la politique d'écologie urbaine de Boucle Nord de Seine, le Plan Climat engage résolument le territoire dans la lutte contre le changement climatique. Il se décline en 7 axes prioritaires et 33 fiches actions opérationnelles pour la période 2022-2027. Il répond aux enjeux du diagnostic et permet de suivre la trajectoire fixée par la stratégie aux horizons 2030 et 2050.[16]
PDUIF	Le Plan de déplacements urbains d'Île-de-France (2014)	Le Plan de déplacements urbains d'Île-de-France (PDUIF) fixe jusqu'en 2020, pour l'ensemble des modes de déplacements, les objectifs et le cadre de la politique de déplacements des personnes et des biens sur le territoire régional. Le PDUIF vise un équilibre durable entre les besoins de mobilité, la protection de l'environnement et de la santé, la préservation de la qualité de vie tout en tenant compte des contraintes financières.[17]
PRSE	Plan Régional Santé Environnement d'Île-de-France (2017)	Le troisième Plan Régional Santé Environnement francilien (ou PRSE 3) est composé de quatre axes stratégiques : la préparation de l'environnement de demain pour favoriser une bonne santé, la surveillance et la gestion des risques environnementaux liés aux activités humaines et de leur conséquence sur la santé, l'identification et la réduction des inégalités sociales et environnementales de santé, ainsi que la protection et l'accompagnement des populations vulnérables.[18]

[16] https://www.bouclenorddeseine.fr/2020/05/01/plan-climat-air-energie-territorial-pcaet/

[17] https://www.iledefrance-mobilites.fr/le-plan-de-deplacements-urbains-d-ile-de-france

[18] https://www.ile-de-france.prse.fr/

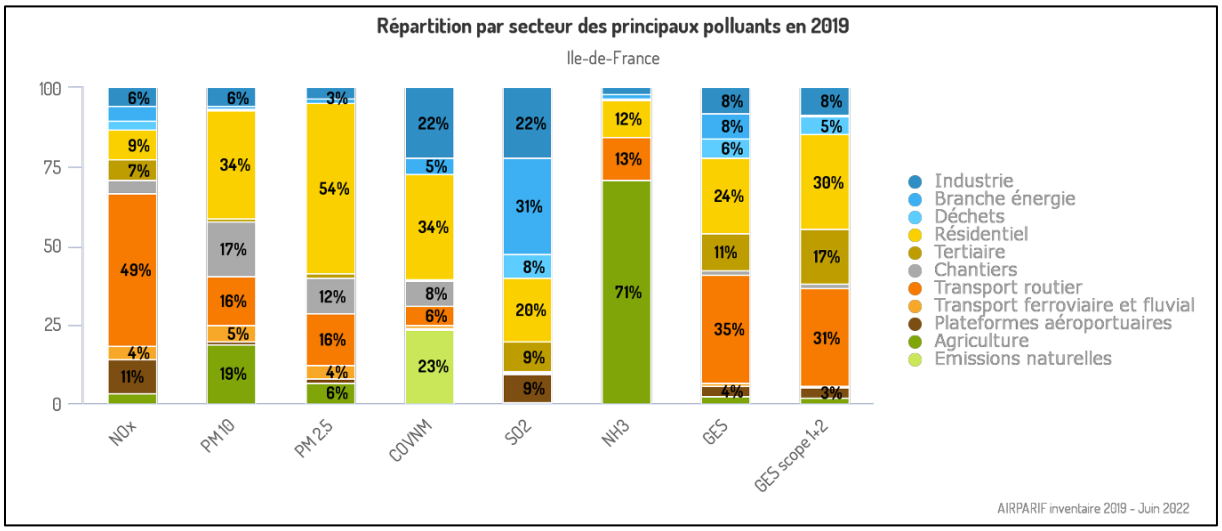
4.3 BILAN DES EMISSIONS DANS L'AIR

Les informations relatives aux émissions atmosphériques présentées dans ce chapitre sont issues de l'inventaire des émissions en Ile-de-France pour l'année 2019 réalisé par le réseau de surveillance de la qualité de l'air AIRPARIF en 2022[19] (données les plus récentes au moment de la rédaction de la version 1 du présent document).

4.3.1 Bilan des émissions dans l'air au niveau de la région Ile-de-France

La Figure 12 présente les contributions des principales activités aux émissions de polluants atmosphériques en Île-de-France pour l'année 2019.
En Ile-de-France, les secteurs d'activités les plus émetteurs de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sont le transport routier et le secteur résidentiel qui intègre le chauffage des habitations et la production d'eau chaude (respectivement 49 % et 9 % des émissions de NOx, 16 % et 34 % des émissions de PM_{10}, 16 % et 54 % des émissions de $PM_{2.5}$, et 31 % et 30 % des émissions de GES). Le secteur résidentiel contribue également pour 34 % des émissions de COVNM et 20 % des émissions de SO_2.
D'autres secteurs d'activités ont des contributions plus spécifiques : l'industrie contribue pour 22 % aux émissions de COVNM et 22 % aux émissions de SO_2, la branche énergie pour 31 % aux émissions de SO2, le secteur tertiaire pour 17 % aux émissions de GES, les chantiers pour 17 % des émissions de PM_{10} et 12 % aux émissions de $PM_{2.5}$, l'agriculture pour 71 % des émissions de NH_3 et 19% aux émissions de PM_{10}, les émissions naturelles pour 23 % des émissions de COVNM.

Figure 12 : répartition par secteur d'activités des principaux polluants en 2019 pour la Région Île-de-France (source : AIRPARIF octobre 2022)



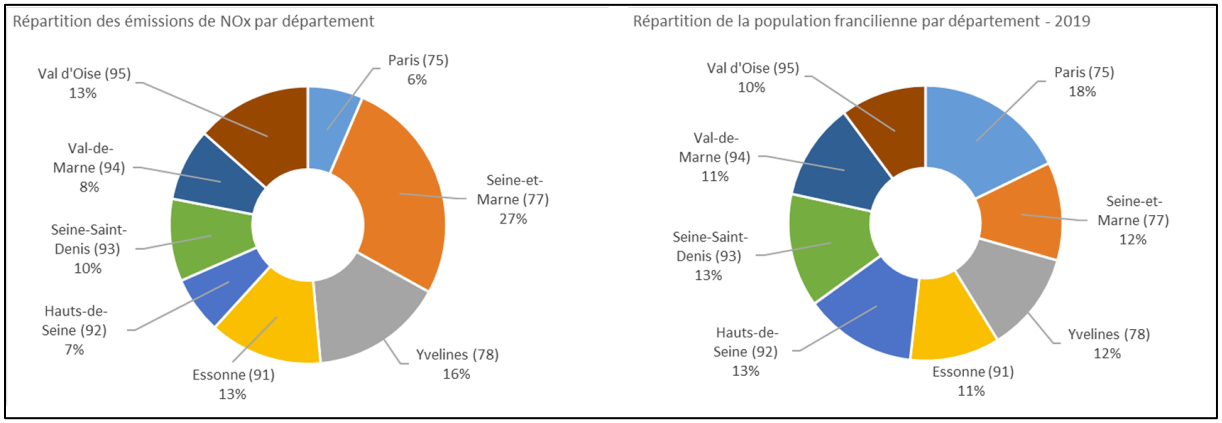
Le poids des émissions de l'agglomération parisienne est très important pour tous les polluants considérés et s'amenuise à mesure qu'on s'éloigne de Paris intra-muros. Les émissions par département sont variables et restent liées à de nombreux critères qui caractérisent son territoire. Que ce soient les contributions du trafic routier ou celles des autres secteurs d'activité, les émissions régionales varient d'un département à l'autre.

[19] https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/Bilan2019.pdf « Emissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre – Bilan Ile-de-France – Année 2019 », AIRPARIF, octobre 2022

Les émissions sont globalement plus importantes dans les départements de grande couronne (77, 78, 91, 95), comme le montre la Figure 13. Leur plus grande surface induit souvent davantage d'installations émettrices, de kilomètres de voirie et de voies fluviales, mais également d'émissions naturelles. Les émissions de Seine-et-Marne notamment, dont la superficie est de 2 à 4 fois plus élevée que celles des autres départements de grande couronne, sont les plus importantes pour l'ensemble des polluants.

La Figure 13 montre également que 18% de la population d'Île-de-France vit à Paris, alors que les autres départements accueillent entre 10 et 13% de celle-ci. Dans les départements de grande couronne, la population est donc du même ordre qu'en petite couronne alors qu'elle est répartie sur des surfaces beaucoup plus importantes, induisant une moindre densité de population.

Figure 13 : répartition spatiale des émissions d'oxydes d'azote (NOx) et répartition de la population d'Île-de-France par département en 2019 (source : AIRPARIF octobre 2022)



Les densités d'émissions par km² présentées dans le Tableau 6 sont effectivement plus faibles en grande couronne, et notamment en Seine-et-Marne. Inversement, elles sont plus élevées en petite couronne compte-tenu de la faible superficie des départements, en particulier dans le cœur dense de Paris.

Tableau 6 : densité d'émissions par km² et par département en 2019 (source : AIRPARIF octobre 2022)

Département	NOx - t/km²	PM_{10} - t/km²	$PM_{2.5}$ - t/km²	COVNM - t/km²	SO_2 - t/km²	NH3 - t/km²	GES directes - $kteqCO_2/km^2$ (Scope 1)	GES directes hors production d'énergie + indirectes - $kteqCO_2/km^2$ (Scope 1 + 2)
Paris (75)	39.7	6.9	5.1	66.2	2.3	1.1	30.6	45.3
Seine-et-Marne (77)	2.9	0.8	0.4	3.3	0.3	0.5	1.3	1.3
Yvelines (78)	4.4	1.0	0.6	5.0	0.1	0.4	2.2	2.4
Essonne (91)	4.7	1.1	0.7	5.4	0.1	0.5	2.3	2.6
Hauts-de-Seine (92)	24.6	4.3	3.0	32.6	1.7	0.7	17.7	21.6
Seine-Saint-Denis (93)	26.2	4.6	3.2	23.9	2.1	0.9	16.5	16.5
Val-de-Marne (94)	22.3	3.6	2.6	20.3	1.9	0.6	14.0	15.1
Val d'Oise (95)	7.0	1.4	0.9	6.5	0.6	0.5	2.8	3.1
Total général	**5.4**	**1.2**	**0.7**	**6.0**	**0.4**	**0.5**	**2.8**	**3.1**

4.3.2 Bilan des émissions dans l'air au niveau de la zone d'étude

La Figure 14 présente l'évolution des émissions par secteurs d'activités pour l'intercommunalité de Boucle Nord-de-Seine. Les émissions diminuent entre 2005 et 2019 pour tous les polluants. Le transport routier et le secteur résidentiel correspondent aux sources d'émissions dominantes sur l'intercommunalité Boucle Nord-de-Seine. L'industrie, le transport routier et résidentiel sont également des sources dominantes pour les COVNM et/ou les NOx sur l'intercommunalité Boucle Nord-de-Seine.

Figure 14 : Evolution des émissions par secteurs d'activités pour l'intercommunalité de Boucle Nord-de-Seine (source : AIRPARIF 2022)

4.4 BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR

4.4.1 Réglementation de la qualité de l'air

4.4.1.1 Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé

L'Organisation Mondiale de la Santé a mis à jour en septembre 2021 ses valeurs guides comme lignes directrices pour la qualité de l'air. Elles sont présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé

Substances	Valeurs guides en moyenne sur l'année	Valeurs guides en moyenne sur 24 heures
NO_2	10 µg/m³	25 µg/m³
PM_{10} (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	15 µg/m³	45 µg/m³
$PM_{2.5}$ (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	5 µg/m³	15 µg/m³
SO_2	-	40 µg/m³

4.4.1.2 Normes de la qualité de l'air en France

Les concentrations de polluants dans l'air caractérisent la qualité de l'air que l'on respire. Les critères réglementaires de qualité dans l'air sont régis par différents niveaux :

- **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.
- **Objectif de qualité** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Niveau critique** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- **Seuil d'alerte** : niveau 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.

Le Tableau 8 présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement (Titre II Livre II) relatif aux objectifs de qualité de l'air et aux valeurs limites.

Tableau 8 : valeurs réglementaires françaises relatives à la qualité de l'air

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
NO_2	**En moyenne annuelle :** depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m³. **En moyenne horaire :** depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99.8)	-	**En moyenne horaire :** 200 µg/m³	**En moyenne horaire :** – 400 µg/m³ dépassé sur 3h consécutives – 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain	-
SO_2	**En moyenne journalière :** 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99.2) **En moyenne horaire :** 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99.7)	**En moyenne annuelle :** 50 µg/m³	**En moyenne horaire :** 300 µg/m³	**En moyenne horaire** sur 3h consécutives : 300 µg/m³	-
PM_{10} (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	**En moyenne annuelle :** depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³. **En moyenne journalière :** depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90.4)	**En moyenne annuelle :** 30 µg/m³	**En moyenne journalière :** 50 µg/m³	**En moyenne journalière :** 80 µg/m³	-
CO	**Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures** (centile 100) **:** 10 000 µg/m³.	-	-	-	-
Benzène	**En moyenne annuelle :** depuis le 01/01/2010 : 5 µg/m³.	**En moyenne annuelle :** 2 µg/m³.	-	-	-
$PM_{2.5}$ (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	**En moyenne annuelle :** 25 µg/m³ depuis l'année 2015	**En moyenne annuelle :** 10 µg/m³	-	-	20 µg/m³
Arsenic	-	-	-	-	6 ng/m³

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
Cadmium	-	-	-	-	5 ng/m³
Nickel	-	-	-	-	20 ng/m³
Plomb	**En moyenne annuelle :** depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m³	**En moyenne annuelle :** 0,25 µg/m³	-	-	-
Benzo(a)pyrène (traceur du risque cancérigène lié aux HAP)	-	-	-	-	1 ng/m³
Ozone	-	Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³.h	En moyenne horaire : 180 µg/m³.	Pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m³ sur 1 heure Pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m³.	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans.

4.4.1.3 Futures normes européennes de la qualité de l'air

En octobre 2022, la Commission européenne a présenté sa proposition visant à actualiser et à fusionner les directives existantes sur la qualité de l'air ambiant (2004/107/CE et 2008/50/CE)[20]. L'objectif principal de cette révision est le suivant :

- Fixer des valeurs limites et des valeurs cibles contraignantes plus strictes pour tous les polluants atmosphériques à atteindre d'ici à 2030 ;
- Définir des dispositions en matière de qualité de l'air pour aider l'UE à réaliser son ambition "zéro pollution" d'ici à 2050.

En février 2024, les négociateurs du Parlement et du Conseil européens sont parvenus à un accord politique provisoire sur ces nouvelles mesures visant à garantir que la qualité de l'air dans l'UE n'est pas nocive pour la santé humaine, les écosystèmes naturels et la biodiversité[21].

Les nouvelles règles actualiseraient les normes actuelles en matière de qualité de l'air afin de les aligner plus étroitement sur les recommandations 2021 de l'OMS, qui sont fondées sur les recherches scientifiques les plus récentes concernant les incidences de la pollution atmosphérique sur la santé.

La nouvelle directive proposée fixe des normes de qualité de l'air plus strictes pour 2030, et ce en tant qu'étape intermédiaire dans la réalisation des objectifs "zéro pollution" d'ici à 2050. Ces valeurs devront être atteintes au plus tard le 1er janvier 2030. Elles sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : projet de normes européennes de la qualité de l'air en moyenne annuelle

Substances	Unité	Recommandations OMS	Normes françaises existantes (valeur limite)	Projet de normes européennes à atteindre au 1er janvier 2030
NO_2	µg/m³	10	40	20
PM_{10} (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 µm)	µg/m³	15	40	20
$PM_{2.5}$ (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	µg/m³	5	25	10
SO_2	µg/m³	-	50	20
Benzène	µg/m³	-	5	3,4
Plomb	µg/m³	-	0,5	0,5
Arsenic	ng/m³	-	6	6
Cadmium	ng/m³	-	5	5
Nickel	ng/m³	-	20	20
Benzo(a)pyrène	ng/m³	-	1	1

L'accord doit encore être adopté par le Parlement et le Conseil, après quoi la nouvelle loi sera publiée au Journal officiel de l'UE et entrera en vigueur 20 jours plus tard.

20 https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/air-quality/

21 https://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20240219IPR17816/pollution-de-l-air-accord-avec-le-conseil-pour-ameliorer-la-qualite-de-l-air

4.4.2 Qualité de l'air en Ile-de-France

La qualité de l'air en région Ile-de-France est surveillée par le réseau de surveillance de la qualité de l'air AIRPARIF, qui possède un dispositif déployé sur l'Ile-de-France permettant de mesurer les concentrations dans l'air de différents polluants atmosphériques.

Le Tableau 10 présente la situation pour l'année 2022 en Ile-de-France (extraits du bilan de la qualité de l'air pour l'année 2022 d'AIRPARIF[22]).

Tableau 10 : tendances et situation de l'année 2022 vis-à-vis des normes réglementaires et des recommandations de l'OMS pour les polluants réglementés en Ile-de-France (source : AIRPARIF)

22 https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/BilanQA_IDF_2022.pdf « Surveillance et information en Ile-de-France – Bilan de la qualité de l'air - Année 2022 », AIRPARIF, mars 2023

Malgré la diminution des niveaux de dioxyde d'azote qui se poursuit en 2022, 40 000 franciliens (contre 60 000 franciliens en 2021) sont potentiellement exposés à des concentrations supérieures à la valeur limite, valeur qui est toujours largement dépassée à proximité des axes routiers les plus chargés (Boulevard Périphérique, Autoroute A1, …). De plus, la quasi-totalité des Franciliens est exposée à un air qui ne respecte pas les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) annuelle et journalière.

En ce qui concerne les particules fines, grâce à la baisse tendancielle conséquente de ces dernières années, les valeurs limites journalières et annuelles pour les particules PM_{10} sont respectées. Aucun Francilien n'est concerné par un dépassement de ces valeurs limites pour les particules PM_{10}. En revanche, près de 90 % des Franciliens sont exposés à un dépassement des recommandations de l'OMS. Pour les particules fines $PM_{2.5}$, la valeur limite et la valeur cible sont respectées mais pas la recommandation OMS qui reste largement dépassée pour la totalité des Franciliens.

L'ozone est le seul polluant pour lequel les tendances annuelles ne présentent pas d'amélioration. Tous les franciliens sont concernés par un dépassement de l'objectif de qualité relatif à la protection de la santé et de la valeur recommandée par l'OMS.

4.4.3 Qualité de l'air sur la zone d'étude

La Figure 15 indique la localisation des stations AIRPARIF les plus proches du projet : il s'agit des stations de fond de Argenteuil et Gennevilliers. Elles sont situées respectivement à 3,2 et 2,5 km de la zone d'étude.

Figure 15 : localisation des stations de mesure AIRPARIF les plus proches du projet

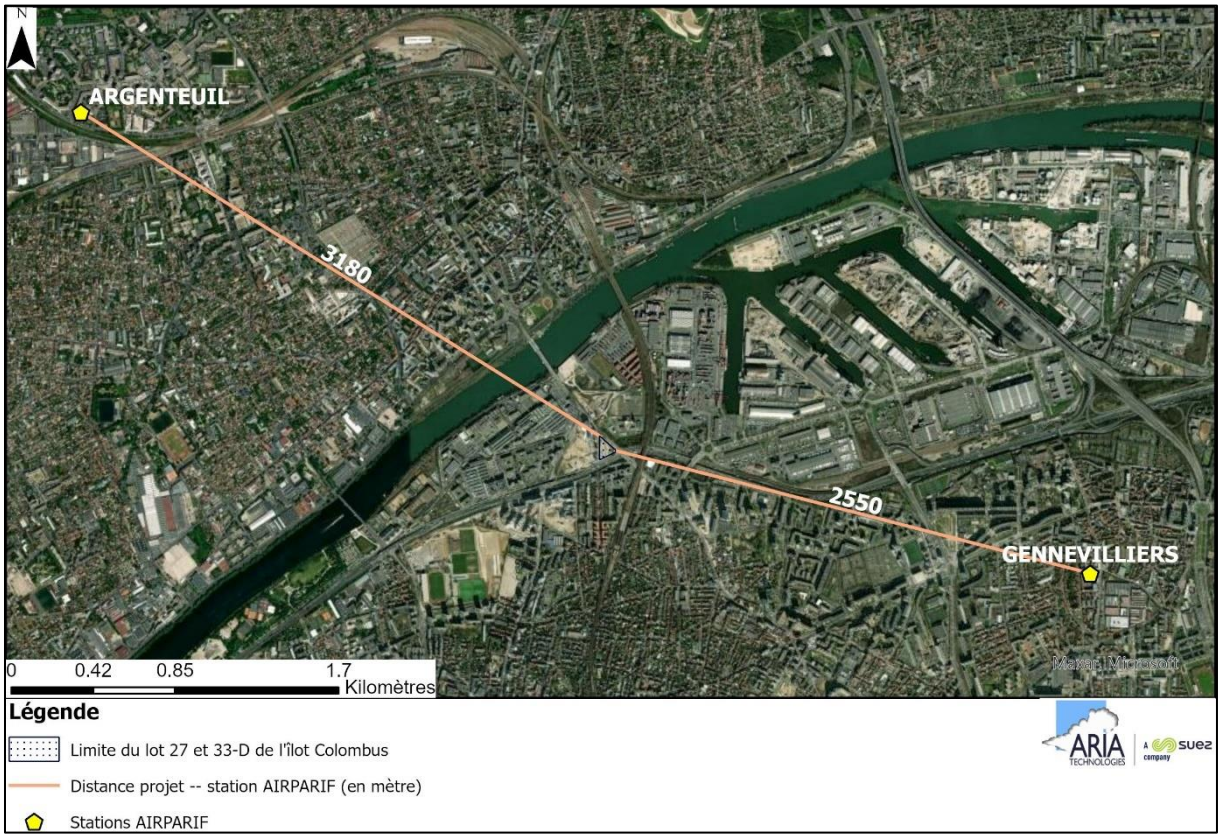


Tableau 11 : concentrations moyennes annuelles mesurées aux stations de mesure AIRPARIF

Concentrations (µg/m³) Distance au projet	Année	Stations de fond		Réglementation française		Recommandation OMS
		Argenteuil 3180 mètres	Gennevilliers 2550 mètres	Objectif de qualité	Valeur limite	
NO_2	2023	17	21	-	*40*	*10*
	2022	22	24			
	2021	nr*	25			
PM_{10}	2023	-	16	*30*	*40*	*15*
	2022	-	17			
	2021	-	17			
$PM_{2.5}$	2023	-	10	*10*	*25*	*5*
	2022	-	11			
	2021	-	11			

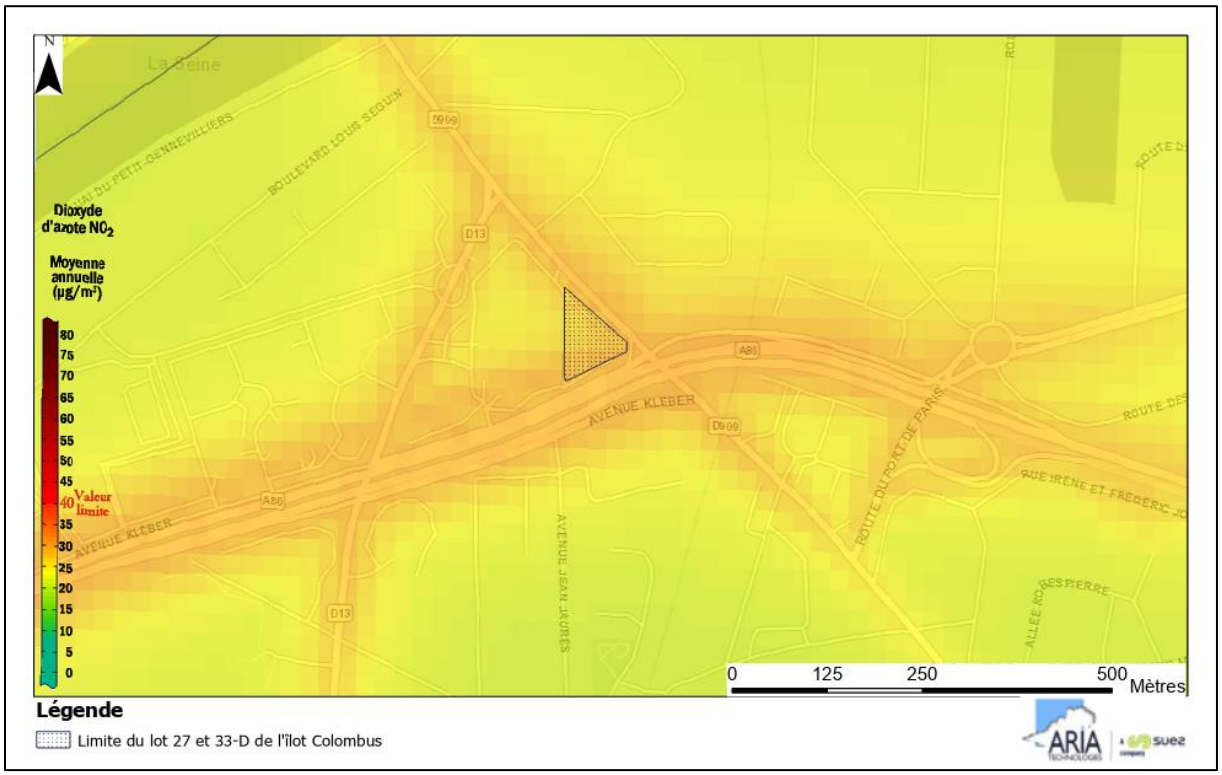
** non-représentativité en raison de plus de 720 heures consécutives d'absence de données suite à des problèmes techniques*

Le Tableau 11 présente les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les 3 dernières années représentatives de conditions normales. L'analyse des résultats montre que :

- Les concentrations moyennes annuelles en NO_2 sont inférieures à la valeur limite au niveau des stations de fond.
- Les concentrations moyennes annuelles en PM_{10} sont inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité au niveau de la station de fond (Gennevilliers).
- Les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ sont inférieures à la valeur limite au niveau de la station de fond Gennevilliers. En revanche les valeurs atteignent voire dépassent l'objectif de qualité.
- Les concentrations mesurées dépassent systématiquement les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé, quel que soit le polluant et quelle que soit la station de mesure.

Des cartes à l'échelle de Colombes présentant les concentrations annuelles en dioxyde d'azote (NO_2) et en particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) sont également disponibles sur le site d'AIRPARIF[23], notamment sur la zone d'étude.

Figure 16 : carte de concentrations moyennes annuelles en NO_2 – année 2022 (source : AIRPARIF)



Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote sont inférieures à la valeur limite (40 µg/m^3) dans le périmètre du projet avec des niveaux de l'ordre de 28 µg/m^3 au cœur du projet. L'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas engendre à ces abords des niveaux de concentrations légèrement plus élevés, de l'ordre de 30-32 µg/m^3, mais toujours en-dessous de la valeur limite.

Les concentrations restent cependant supérieures à la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (10 µg/m^3) sur l'ensemble de la zone d'étude.

[23] https://www.airparif.asso.fr/surveiller-la-pollution/bilan-et-cartes-annuels-de-pollution

Figure 17 : carte de concentrations moyennes annuelles en PM_{10} – année 2022 (source : AIRPARIF)

Les concentrations de poussières inférieures à 10 µm (PM_{10}) sont inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité dans le périmètre du projet (concentrations de l'ordre de 21 µg/m³). Le long des axes routiers (l'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas), les concentrations sont légèrement plus élevées de l'ordre de 23 µg/m³, tout en restant inférieures à l'objectif de qualité et la valeur limite.

Les concentrations dépasse la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (15 µg/m³) sur l'ensemble de la zone d'étude.

Figure 18 : carte de concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ – année 2022 (source : AIRPARIF)

Les concentrations de poussières inférieures à 2,5 µm ($PM_{2.5}$) sont inférieures à la valeur limite et à la valeur cible sur l'ensemble de la zone d'étude. Les concentrations sont néanmoins supérieures à l'objectif de qualité (concentrations de l'ordre de 11 - 12 µg/m³) dans le périmètre du projet et au niveau des axes routiers (l'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas)

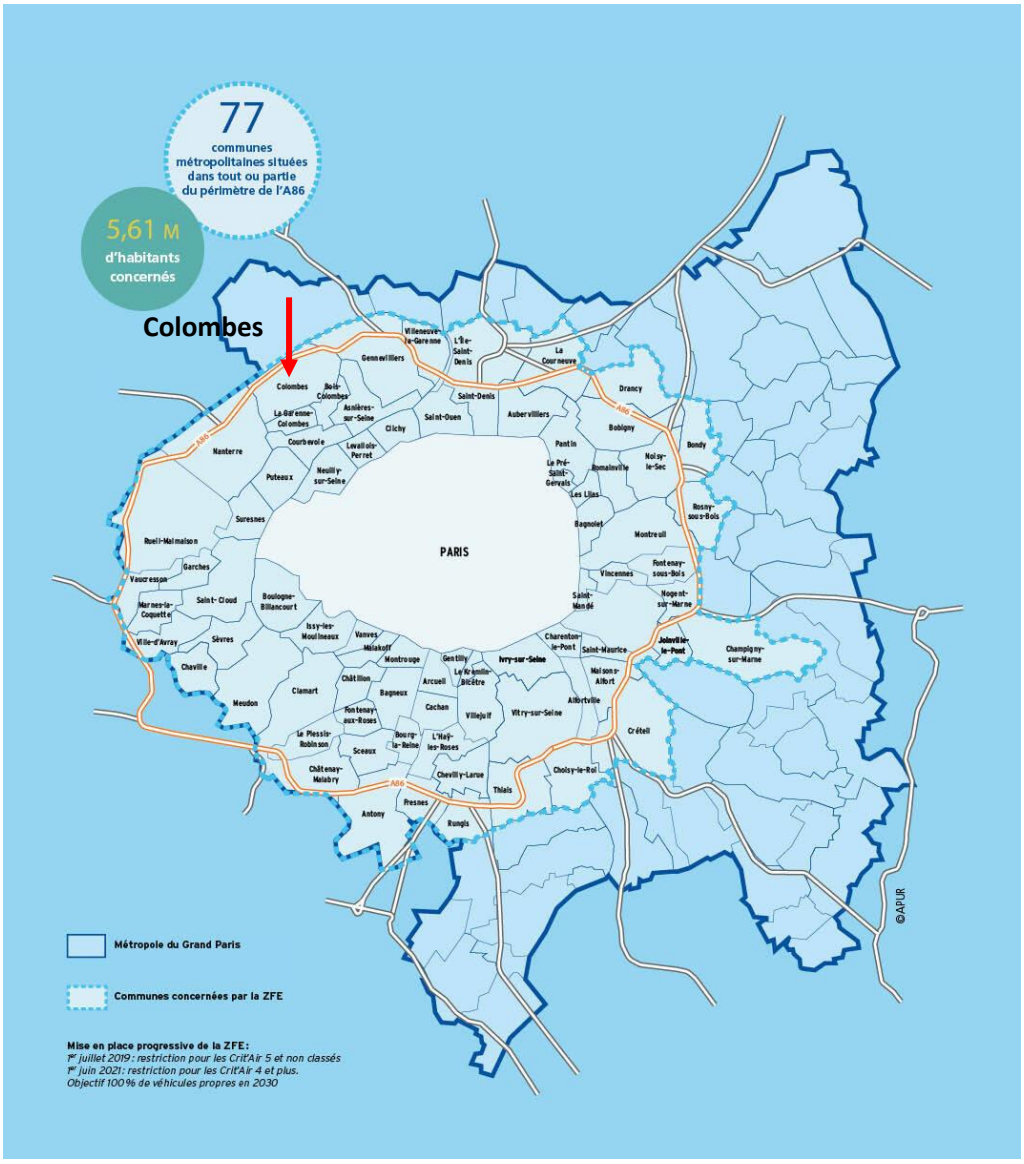
Les concentrations restent également supérieures à la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (5 µg/m³) sur l'ensemble de la zone d'étude.

4.5 ZONE A FAIBLES EMISSIONS (ZFE)

Une Zone à Faibles Emissions (ZFE) est un dispositif, soutenu par l'Etat, destiné à faire baisser les émissions de polluants notamment dans les grandes agglomérations, pour améliorer la qualité de l'air et garantir aux habitants de respirer un air qui ne nuise pas à leur santé. Déjà adopté par 315 villes ou métropoles européennes, il est reconnu comme particulièrement efficace pour réduire les émissions de polluants provenant du trafic routier, la voiture étant l'une des principales sources de pollution en ville[24].
Afin de limiter la pollution de l'air en Ile-de-France, la métropole du Grand Paris a défini une zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) qui s'étend jusqu'à l'autoroute A86 (A86 exclue) (cf. Figure 19).

La commune de Colombes est dans le périmètre de la ZFE-m (cf. flèche rouge en Figure 19) mais l'A86 qui longe le périmètre du projet est exclue des dispositifs en vigueur.

Figure 19 : périmètre de la Zone à Faibles Emissions (source : Métropole du Grand Paris)



[24] https://www.zonefaiblesemissionsmetropolitaine.fr/

4.6 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le bilan des émissions montre que le transport routier et le secteur résidentiel correspondent aux sources d'émissions dominantes sur l'intercommunalité Boucle Nord-de-Seine. L'industrie, le transport routier et résidentiel sont également des sources dominantes pour les COVNM et/ou les NOx sur l'intercommunalité.

Les concentrations moyennes annuelles en NO_2 mesurées sur les 3 dernières années sont inférieures à la valeur limite au niveau des stations de fond (Argenteuil et Gennevilliers). La cartographie des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote pour 2022 présente des concentrations inférieures à la valeur limite dans le périmètre du projet (de l'ordre de 28 µg/m^3 au cœur de projet et jusqu'à 32 µg/m^3 le long des axes routiers qui longent le projet (l'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas).

Les concentrations moyennes annuelles en PM_{10} sont inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité au niveau des stations de fond. La cartographie des concentrations moyennes annuelles en PM_{10} pour 2022 présente des concentrations inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité dans le périmètre du projet (concentrations de l'ordre de 21 µg/m^3). Le long des axes routiers (l'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas), les concentrations sont légèrement plus élevées de l'ordre de 23 µg/m^3, tout en restant inférieures à l'objectif de qualité et la valeur limite.

Les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ sont inférieures à la valeur limite au niveau de la station de fond Gennevilliers. En revanche les valeurs sont supérieures à l'objectif de qualité. La cartographie des concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ pour 2022 présente des concentrations inférieures à la valeur limite et à la valeur cible sur l'ensemble de la zone d'étude. Les concentrations sont néanmoins supérieures à l'objectif de qualité (concentrations de l'ordre de 11 - 12 µg/m^3) dans le périmètre du projet et au niveau des axes routiers (l'avenue d'Argenteuil au nord, l'avenue Kleber au sud et l'autoroute A86 en contrebas).

Les concentrations mesurées dépassent systématiquement les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé, quel que soit le polluant et quelle que soit la station de mesure AIRPARIF, ainsi que sur l'ensemble de la zone d'étude.

5. ESTIMATION DES EMISSIONS LIEES AU TRAFIC ROUTIER

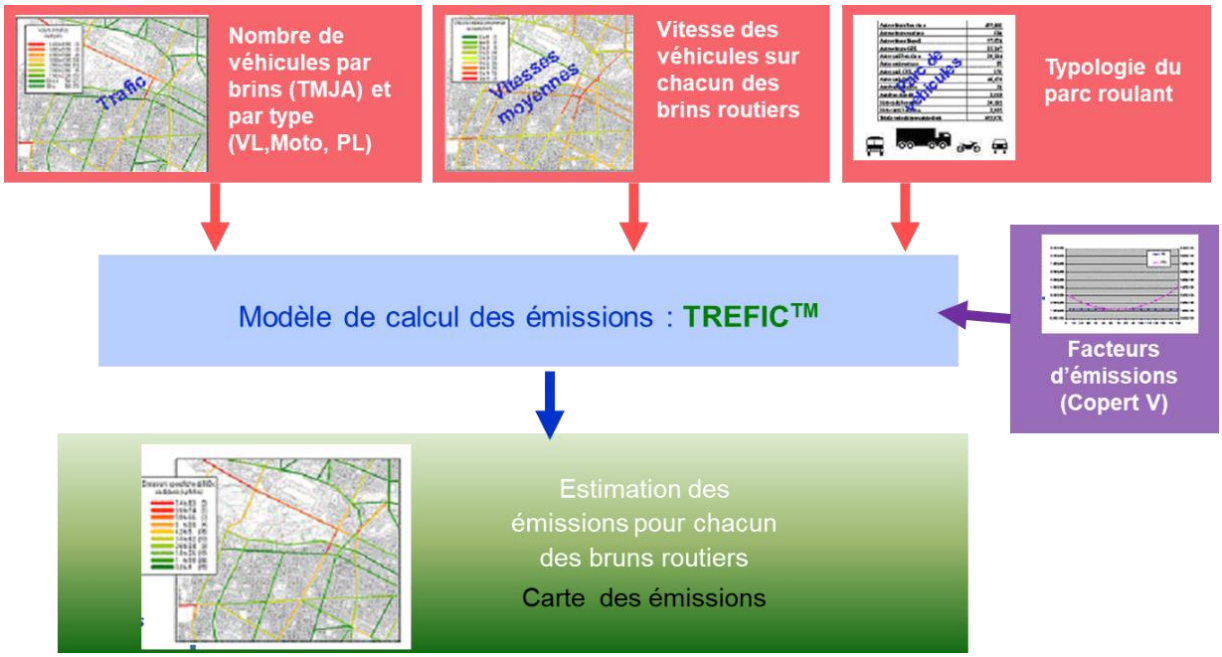
5.1 METHODOLOGIE

La méthodologie repose sur la mise en œuvre du logiciel TREFIC™ appliqué aux données de trafic fournis par le client. Le logiciel TREFIC™ (TRaffic Emission Factors Improved Calculation) s'appuie sur la **méthodologie européenne la plus récente COPERT V**.

Comme le montre la Figure 20, elle s'appuie sur les données suivantes :

- le volume de trafic : il s'agit du Trafic Moyen Journalier (TMJ) ;
- les vitesses moyennes des véhicules ;
- le parc automobile ;
- les facteurs d'émissions.

Figure 20 : diagramme méthodologique pour le calcul des émissions



5.2 DONNEES D'ENTREE

5.2.1 Trafic prévisionnel

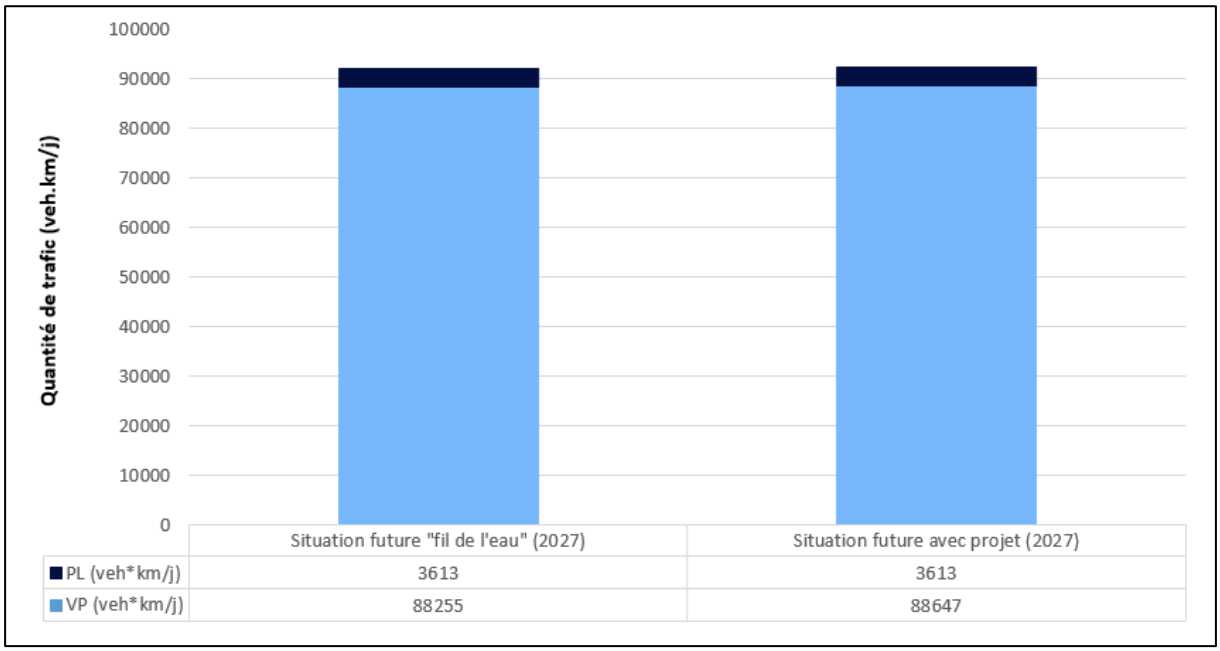
Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, deux scénarios de trafic sont étudiés (cf. paragraphe 1) :

- **Situation au « fil de l'eau » sans le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**) (scénario de référence) ;
- **Situation future avec le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**).

Les données de trafic proviennent de l'étude de trafic réalisée par Emtis[25]. Elles sont présentées et analysées au paragraphe 3.2.

Afin de comparer le volume de trafic sur l'ensemble du domaine d'étude, la quantité de trafic journalier est calculée. Elle correspond à la somme, sur le réseau routier considéré dans l'étude, du nombre de véhicules moyens multipliés par la distance parcourue pour chacun des tronçons. Ce bilan est présenté sur la Figure 21.

Figure 21 : quantité de trafic



PL = Poids Lourds
VP = Véhicules Particuliers

A l'horizon 2027, le projet immobilier n'entraîne pas de variation notable de la quantité de trafic sur la zone d'étude (augmentation globale inférieur à 1% par rapport à la situation « Fil de l'eau »).

[25] « ILOT COLOMBUS - LOT 27 - A COLOMBES - ETUDE DE TRAFIC - Rapport d'étude - Pichet », EMTIS études, déplacements & mobilité, rapport de février 2024

5.2.2 Vitesse des véhicules sur les brins

A l'horizon 2027, il est fait l'hypothèse que les véhicules roulent à la vitesse limite de circulation soit 30 km/h sur Colombes (devenue « Ville 30 » au 1er décembre 2022[26]), excepté sur l'autoroute A86 limitée à 90 km/h (hypothèse majorante en raison des ralentissements fréquents).

5.2.3 Répartition par catégories de véhicules

Pour les calculs d'émissions, il est nécessaire de connaître la répartition du trafic sur chaque voie de circulation par grandes catégories de véhicules :

- poids lourd (PL) ;
- véhicules particuliers (VP).

La répartition entre ces deux grandes catégories de véhicules a été fournies par la société Emtis[27] pour chaque rue située autour du projet, excepté pour l'A86 (part de poids lourds prise égale à 4%).

5.2.4 Composition du parc roulant

La composition fine du parc roulant aux horizons étudiés provient de la mise à jour 2022 des projections du parc automobile français (métropole) simulées par l'Université Gustave Eiffel – ex-IFSTTAR pour tous les types de véhicules (VP, VUL, PL, Bus et Cars, 2 Roues) par normes et par type de carburant, et disponibles pour les années jusqu'en 2050[28].

Deux scénarios d'évolution du parc et des immatriculations sont proposés par l'UGE-IFSTTAR dans cette version. Les scénarios simulés sont dérivés des scénarios SNBC - AME (avec mesures existantes) et SNBC - AMS (avec mesures supplémentaires). Pour notre étude, nous avons retenu en hypothèse majorante le scénario « AME » pour l'année de livraison complète du projet immobilier soit 2027.

La commune de Colombes faisant partie du périmètre de la Zone à Faibles Emissions (ZFE), à l'exception de l'Autoroute A86, la ZFE sera prise en compte dans nos calculs, en adaptant le parc automobile moyen français aux véhicules autorisés dans la ZFE en suivant les classifications Crit'Air définies dans l'arrêté du 28/06/2016. Ainsi, les modifications suivantes ont été appliquées : interdiction des véhicules de classes Crit'Air 5, 4 et non classés (selon arrêté préfectoral du 28/05/2021) au niveau de l'ensemble des voies de circulation de la zone d'étude. Les véhicules de ces classes sont basculés sur la classe la plus « propre » de sa catégorie (principalement Crit'Air 1 voire Crit'air 2). Les autres restrictions prévues dans les années futures mais non réglementées à ce jour n'ont pas été prises en compte pour les scénarios futurs, ce qui constitue une hypothèse majorante.

26 https://www.colombes.fr/actualites-23/toute-la-ville-a-30-kmh-1778.html?cHash=9ddacb846ea1534bcc8923037499e29e

27 « **ILOT COLOMBUS - LOT 27 - A COLOMBES - ETUDE DE TRAFIC - Rapport d'étude - Pichet** », EMTIS études, déplacements & mobilité, rapport de février 2024

28 « Mise à jour 2022 de la composition du parc automobile français, période 1970-2050 résultant de la modélisation UGE-IFSTTAR », Notes : 11/04/2022 MAJ 14/10/2022

5.2.5 Facteurs d'émissions

On appelle "facteur d'émission" les quantités de polluants en g/km rejetées par un véhicule. Les facteurs d'émission proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

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

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'étude sont ceux recommandés par l'Union Européenne (UE) c'est-à-dire ceux du programme COPERT 5. Ce modèle résulte d'un consensus européen entre les principaux centres de recherche sur les transports. En France, son utilisation est par ailleurs préconisée par le Cerema pour la réalisation des études d'impact du trafic routier.

Pour les scénarios étudiés, les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule et leur introduction dans le parc. Les données concernant les véhicules sont des paramètres d'entrée liés à la répartition du parc roulant prise en compte. La distribution du parc et des classes de vitesse a été réalisée de manière à être compatible avec les données du programme de calcul d'émissions COPERT 5.

Pour chacun des parcs, les facteurs d'émissions sont déduits par interpolation linéaire sur les vitesses à partir des émissions calculées pour certaines vitesses à partir des formules polynomiales du programme COPERT 5.

Les émissions de poussières (PM_{10}, $PM_{2.5}$) prennent en compte :

- Les émissions issues des gaz d'échappement,
- Les émissions liées à l'abrasion mécanique des freins, pneus, route…

5.3 RESULTATS DES EMISSIONS DE POLLUANTS ET DES GAZ A EFFET DE SERRE

5.3.1 Tableaux de résultats

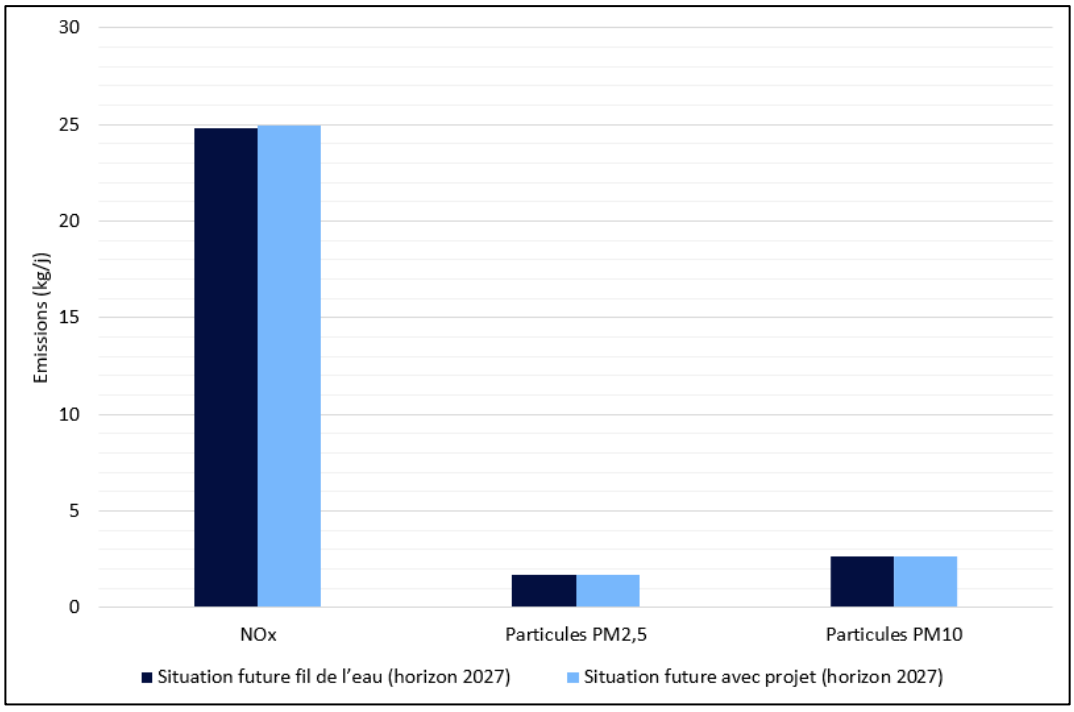
Conformément au guide méthodologique du Cerema du 22 février 2019[29] sur le volet « air et santé » des études d'impact routières, les polluants étudiés sont ceux demandés pour une étude de niveau I à savoir :

- les oxydes d'azote (NOx) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- les composés organiques volatils non méthanique (COVNM) ;
- le benzène (C_6H_6) ;
- le 1,3-butadiène ;
- les particules $PM_{2,5}$ et PM_{10} ;
- le dioxyde de soufre (SO_2) ;
- trois métaux lourds : l'arsenic (As), le nickel (Ni) et le chrome (Cr) ;
- les 16 HAPs[30] prioritaires définis par l'US EPA (dont le benzo(a)pyrène).

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), qui regroupent le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (NH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O), sont également évaluées.

Le Tableau 12 présente le bilan des émissions pour l'ensemble de la zone d'étude, pour les situations futures à l'horizon 2027 au fil de l'eau et avec projet. Le diagramme de la Figure 22 présente l'évolution des émissions en NOx et des particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) entre les deux scénarios.

Figure 22 : évolution des émissions en NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$ sur le domaine d'étude



29 « Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières », Cerema, 22/02/2019

30 Liste des HAP prioritaires définie par l'US EPA : acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène,dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène.

Tableau 12 : bilan des émissions en polluants atmosphériques sur le domaine d'étude

Substances	Unité	Situation future fil de l'eau (horizon 2027)	Situation future avec projet (horizon 2027)	*Evolution des émissions entre la situation projetée et la situation fil de l'eau horizon 2027*
Emissions de Gaz à Effet de Serre (GES)				
CO_2	T/j	15.5	15.6	*< 1 %*
CH_4	kg/j	0.207	0.208	*< 1 %*
N_2O	kg/j	0.629	0.632	*< 1 %*
Emissions de polluants atmosphériques				
NOx	kg/j	24.8	24.9	*< 1 %*
Particules PM2,5	kg/j	1.695	1.705	*< 1 %*
Particules PM10	kg/j	2.62	2.63	*< 1 %*
CO	kg/j	14.6	14.7	*< 1 %*
COVNM	kg/j	0.460	0.462	*< 1 %*
Benzène	kg/j	0.0126	0.0127	*< 1 %*
1,3 butadiène	kg/j	0.0071	0.0072	*< 1 %*
SO_2	kg/j	0.192	0.193	*< 1 %*
Arsenic	g/j	0.00084	0.00085	*< 1 %*
Nickel	g/j	0.0047	0.0048	*< 1 %*
Chrome	g/j	0.0370	0.0372	*< 1 %*
Benzo(a)pyrène	g/j	0.0822	0.0825	*< 1 %*
16 HAP eq B(a)P	g/j	0.156	0.157	*< 1 %*

NB : pour simplifier l'affichage, les résultats ont été arrondis permettant d'avoir un ordre de grandeur des niveaux d'émission liés au trafic routier. Les pourcentages d'évolution ont été calculés à partir des résultats bruts.

A l'horizon futur 2027, la mise en place du projet n'entraîne pas de variation notable des émissions (augmentation inférieure à 1% en moyenne en comparaison à la situation « fil de l'eau » en retenant l'ensemble des substances), conformément à la variation de la quantité de trafic sur la zone d'étude.

L'impact du projet sur les émissions atmosphériques peut donc être considéré comme négligeable en termes de bilan des émissions sur la zone d'étude.

5.3.2 Cartographies

Les cartes présentées sur les Figure 23 et Figure 24 présentent les émissions en NOx pour les situations futures « fil de l'eau » et avec projet à l'horizon 2027. Les NOx ont été retenus comme substance représentative de la pollution routière. Ces cartographies montrent les voies où les émissions sont les plus importantes.

Les émissions les plus importantes sont observées au niveau de l'A86 en cohérence avec le trafic sur ces axes. Les émissions les plus faibles sont observées sur les petites voies d'insertion dans la zone du projet.

La carte de différence d'émission (Figure 25) permet de mieux visualiser à l'horizon 2027 l'écart entre le scénario « fil de l'eau » et le scénario avec projet afin de connaître l'impact du projet sur les émissions. La variation des émissions est cohérente avec la variation de trafic routier sur ces voies

entre les deux scénarios. On observe, de façon cohérente avec les différences de flux de trafic, une augmentation des émissions inférieures à 5% sur les principales voies de circulation (avenue d'Argenteuil et avenue Kleber notamment) (cf. Figure 25). Seules les voies d'accès au projet présentent des augmentations plus importantes en lien avec le projet, mais ces voies sont associées aux émissions les plus faibles (inférieures à 1 kg/km/j).

Figure 23 : émissions en NOx (kg/km/j) pour la situation « Fil de l'eau » (2027)

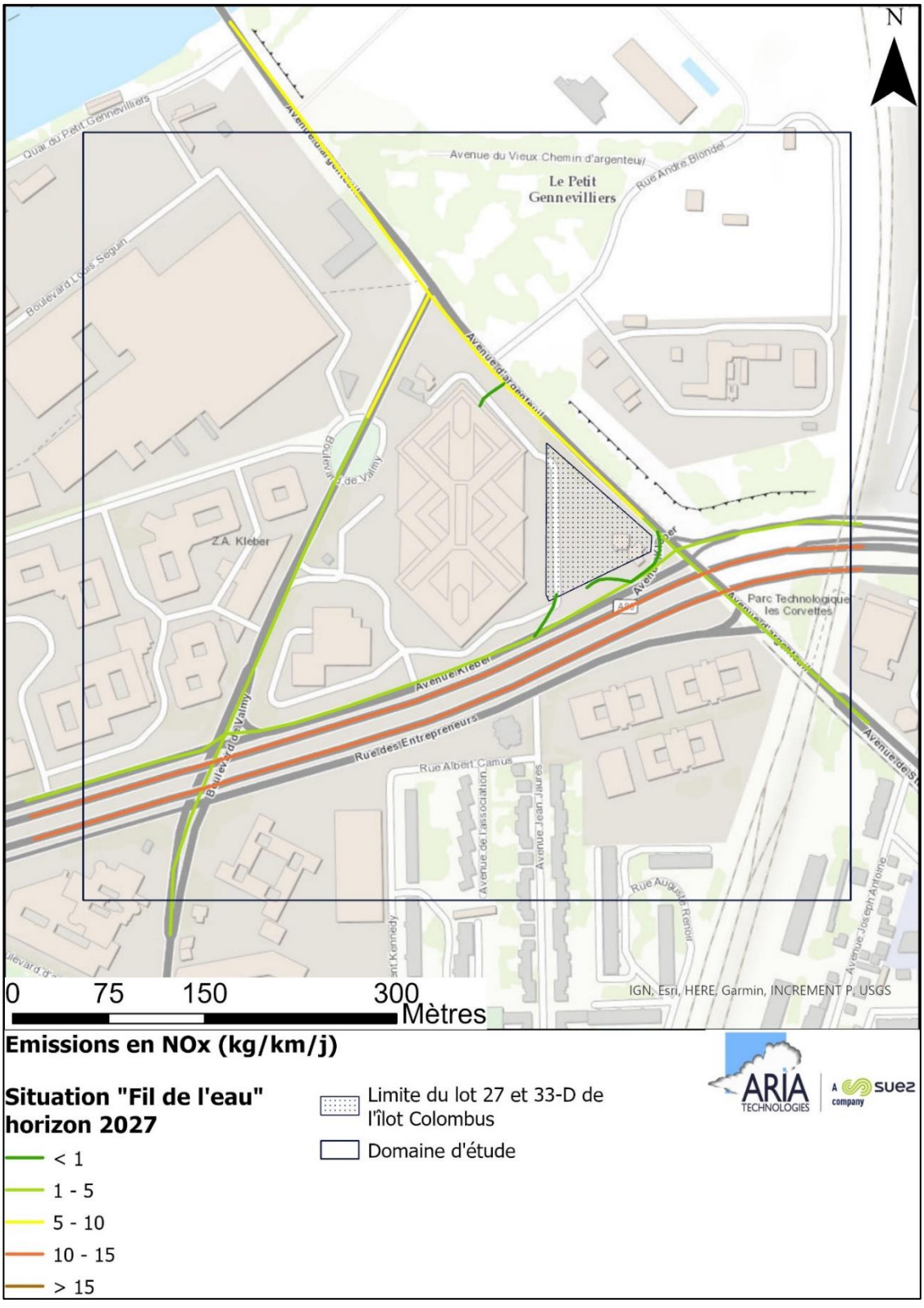


Figure 24 : émissions en NOx (kg/km/j) pour la situation avec projet (2027)

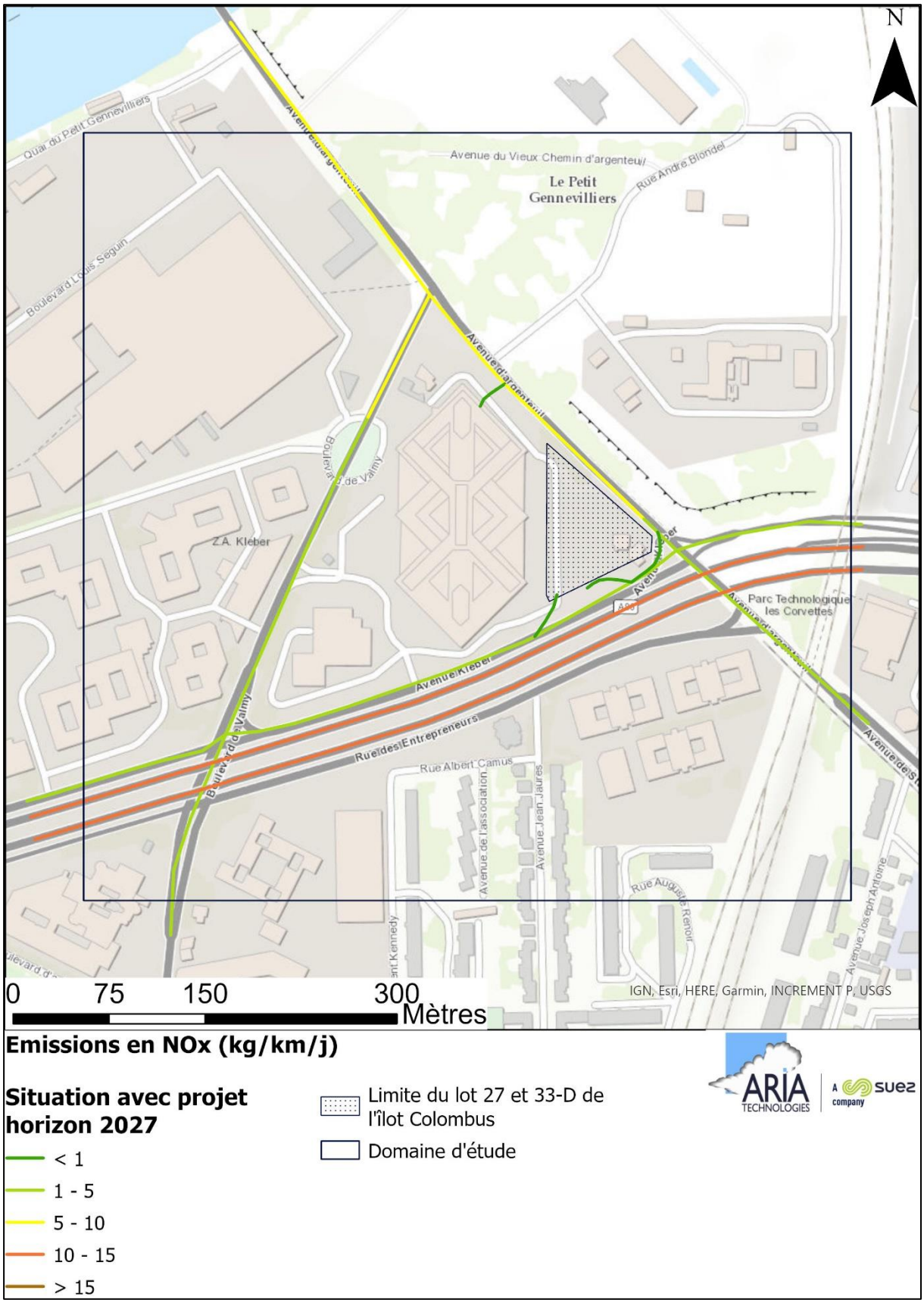
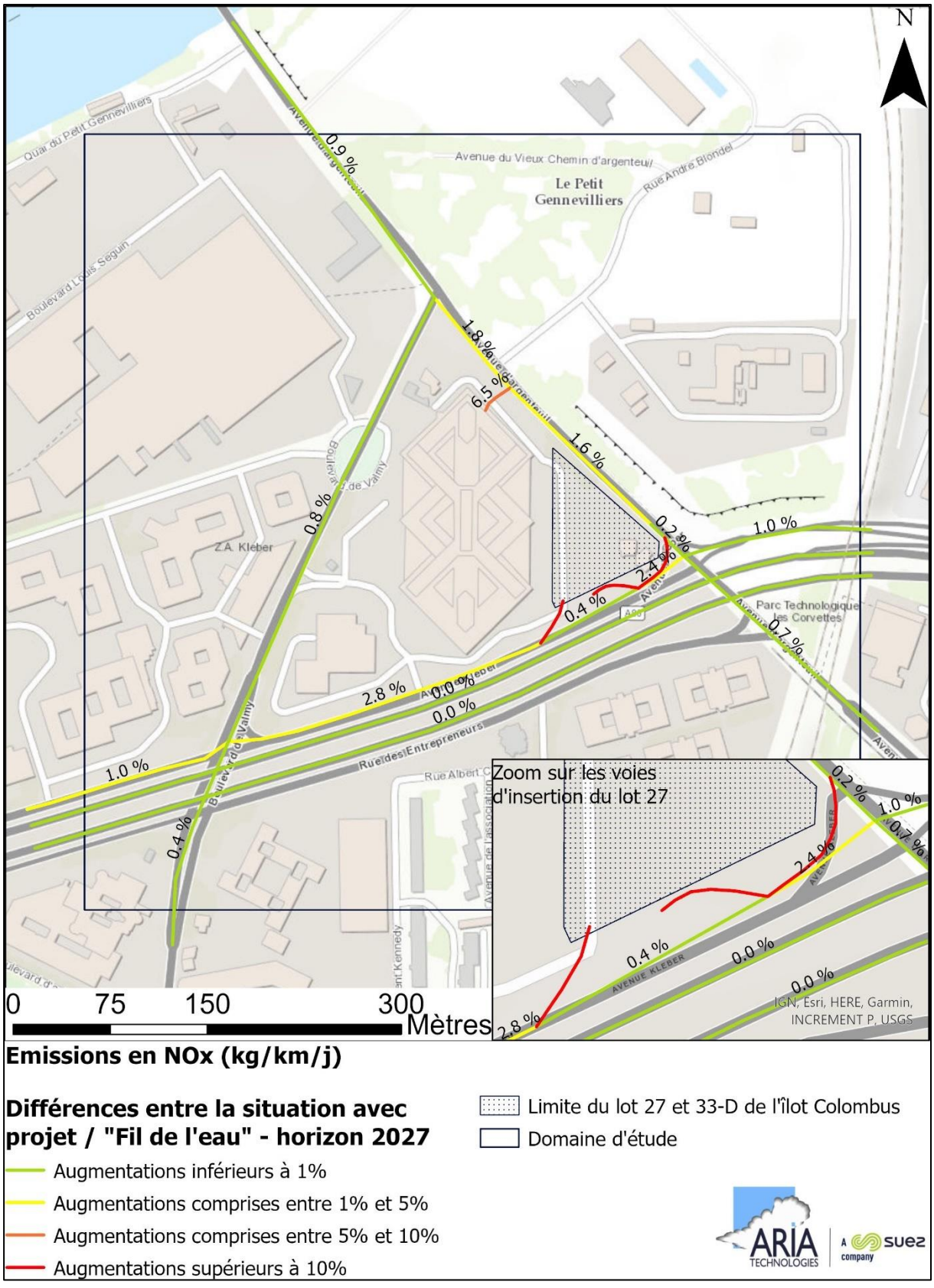


Figure 25 : Evolution des émissions en NOx entre la situation avec projet et la situation « Fil de l'eau » à l'horizon 2027



6. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

Afin d'étudier l'impact du projet sur la qualité de l'air, des modélisations 3D de la dispersion des polluants atmosphériques ont été réalisées permettant d'estimer les concentrations dans l'air.

6.1 METHODOLOGIE

6.1.1 Modèle de dispersion mis en œuvre pour les simulations

Pour étudier la dispersion des émissions liées au trafic automobile dans des conditions où la modélisation gaussienne n'est pas suffisante (notamment en présence d'obstacles), le **modèle PMSS** présent dans les logiciels **ARIA Impact 3D et ARIA City** a été mis en œuvre. Il est fondé sur des moteurs de calcul lagrangien à vocation généraliste et utilisé dans des applications civiles et militaires. Il est utilisé par plusieurs bureaux d'études en France ainsi que par le CEA-DAM, Thalès, SAIC (Etats-Unis, pour l'armée américaine), l'INERIS et la Ville de Paris. MSS repose sur la mise en œuvre :

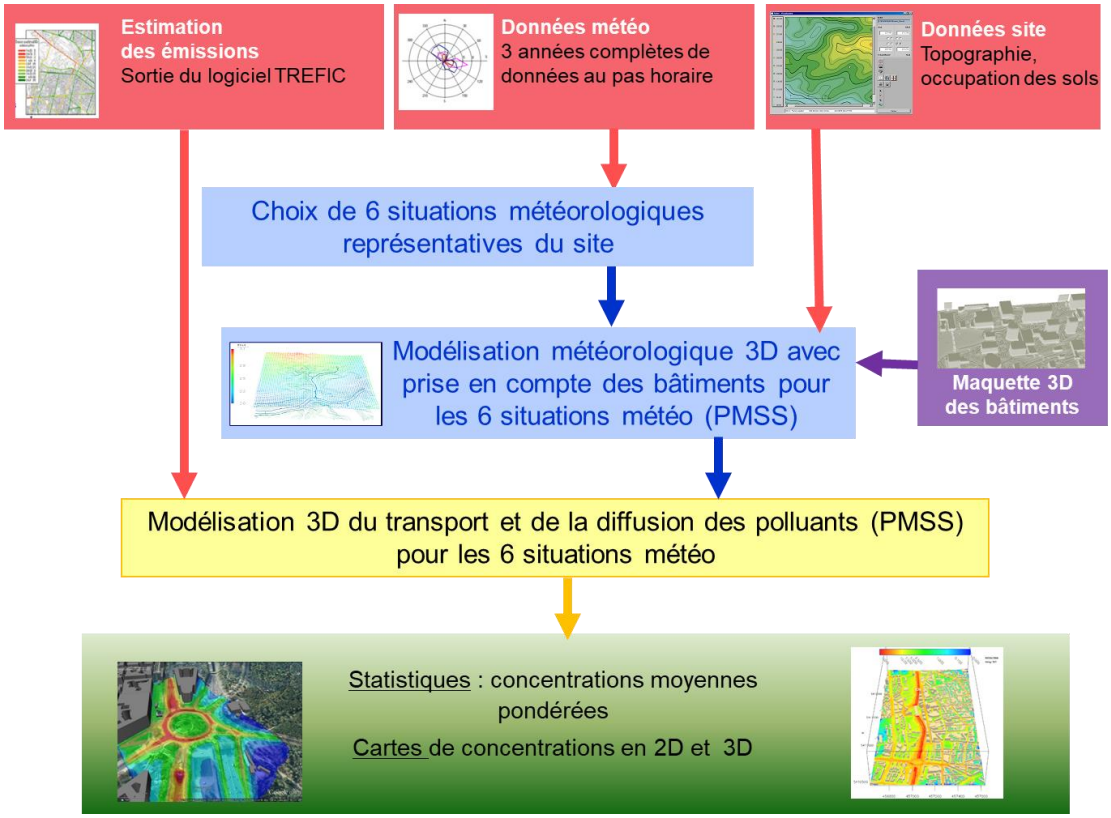
- d'un modèle de calcul de champ de vent en terrain complexe et en présence de bâti (quartier d'une ville ou site industriel) nommé SWIFT ;
- d'un modèle de dispersion : le modèle lagrangien à particules Micro-SPRAY.

PMSS a fait l'objet de nombreuses publications et d'intercomparaisons (cf. Annexe 1).

6.1.2 Présentation de la méthodologie appliquée

La Figure 26 présente la méthodologie mise en œuvre pour déterminer les concentrations dans l'air.

Figure 26 : méthodologie mise en œuvre



6.1.2.1 Etape 1 : choix des situations météorologiques

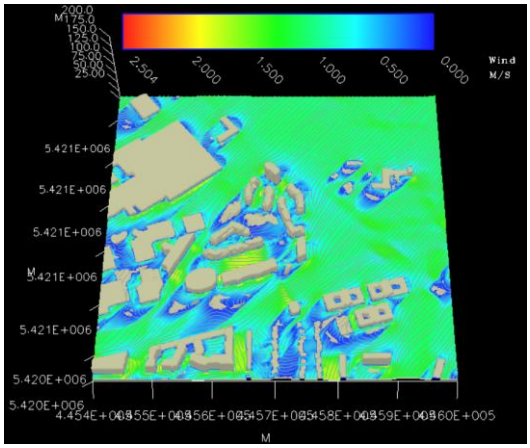
Compte tenu des temps de calcul nécessaires pour des simulations 3D, il n'est pas envisageable de modéliser plusieurs années météorologiques au pas horaire. Afin de réduire le nombre de simulations à réaliser avec le modèle MSS, une classification des données de vent est réalisée sur les cinq dernières années de données météorologiques horaires de la station Météo-France de Paris Montsouris.

La méthodologie et le choix des **six situations météorologiques** sélectionnées sont présentées au paragraphe 6.2.1.3.

6.1.2.2 Etape 2 : modélisation de l'écoulement du vent

Cette étape consiste à modéliser l'écoulement du vent à l'aide du modèle SWIFT sur la zone d'étude pour chaque situation météorologique étudiée.

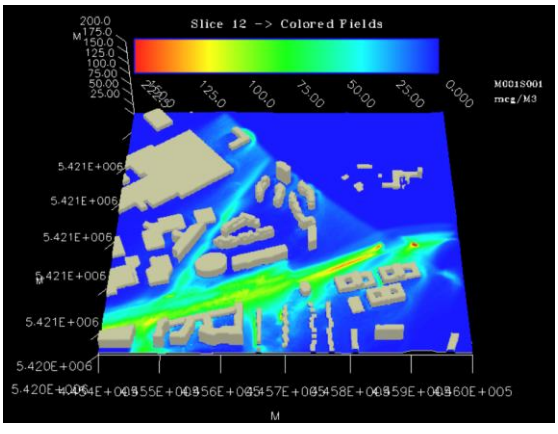
Figure 27 : champ de vent et de lignes de courant – Situation « fil de l'eau » - cas 40°, 2m/s, F



6.1.2.3 Etape 3 : modélisation de la dispersion des émissions

Cette étape consiste à modéliser la dispersion des polluants atmosphériques avec le modèle MSS, pour chacune des situations météorologiques étudiées.

Figure 28 : champs de concentrations en NOx – Situation « fil de l'eau » - cas 40°, 2m/s, F



6.1.2.4 Etape 4 : estimation des concentrations moyennes

Les résultats obtenus pour chaque situation sont ensuite pondérés d'une fréquence représentative de chaque situation afin de calculer les concentrations moyennes. Les concentrations moyennes ainsi calculées sont représentatives d'une concentration moyenne annuelle, et comparables aux valeurs réglementaires de la qualité de l'air.

6.2 DONNEES D'ENTREE POUR LES MODELISATIONS

6.2.1 Météorologie

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la pluviométrie, la stabilité de l'atmosphère.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques suffisamment longues et complètes, et représentatives de la climatologie du site.

6.2.1.1 Données météorologiques

Plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte pour le choix de la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude :

1. **sa position géographique :** la station retenue doit être la plus proche possible de la zone d'étude et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude.
2. **la cadence d'acquisition des données météorologiques** : Météo France possède des stations où les relevés sont faits toutes les heures et d'autres tous les jours. Pour notre étude, nous avons besoin de données météorologiques suffisamment fines au niveau horaire pour avoir une bonne représentativité de la météorologie locale et pour prendre en compte les phénomènes météorologiques diurnes. Il est recommandé d'utiliser des bases de données météorologiques comportant des données concernant le vent, la température et la nébulosité toutes les 3 heures pendant plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées.
3. **la pertinence des données météorologiques.**

Les données météorologiques retenues dans cette étude proviennent des observations de la station Météo-France de **station Paris-Montsouris** située à environ 14 km au sud-est du projet d'aménagement du lot 27. Les données de nébulosité proviennent quant à eux de la station Météo-France du Bourget située à environ 14 km au nord-est du projet. Les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (une mesure toutes les heures) sur la période du 01/01/2019 au 31/12/2023 (5 années).

6.2.1.2 Analyse météorologique

Toutes les analyses réalisées dans cette partie (roses des vents, température, stabilité atmosphérique) sont effectuées à partir de la base de données météorologiques horaires, ce qui représente au total 43 800 échéances météorologiques analysées.

6.2.1.2.1 Définitions

Vent calme : les vents calmes sont des vents de vitesse nulle ou inférieure à 0,9 m/s, sans direction associée. Ils ne sont donc pas représentés sur la rose des vents.

Vent faible : les vents faibles sont des vents de vitesse inférieure à 2 m/s.

Classification des vents en fonction de leur vitesse :

Vitesse du vent	Rose des vents
V < 0,9 m/s	< 0,9 m/s
0,9 m/s ≤ V < 1,5 m/s	1 m/s
1,5 m/s ≤ V < 2,5 m/s	2 m/s
2,5 m/s ≤ V < 6,5 m/s	3-6 m/s
6,5 m/s ≤ V < 12,5 m/s	7-12 m/s
V ≥ 12,5 m/s	>= 13 m/s

6.2.1.2.2 Roses des vents

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classées par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent. La Figure 29 présente la rose des vents générale pour la station Paris-Montsouris calculées à partir des données horaires sur la période 01/01/2019 au 31/12/2023.

Figure 29 : rose des vents générale 2019-2023 – station Paris-Montsouris

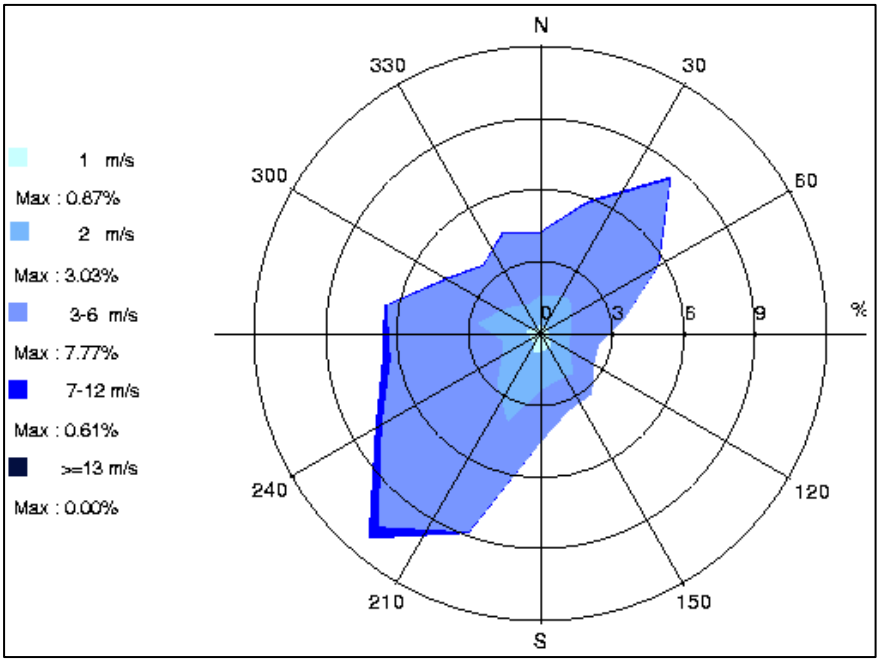


Tableau 13 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent

Classe de vitesse (m/s)	calmes	1	2	3-6	7-12	>=13
Borne de l'intervalle	[0 ; 0,9[	[0,9 ; 1,5[	[1,5 ; 2,5[	[2,5 ; 6,5[	[6,5 ; 12,5[	[12,5 ; ∝[
Fréquence (%)	0.4%	4.2%	31.8%	61.5%	2.2%	0.0%

Sur la période 01/01/2019 au 31/12/2023, les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- les roses des vents montrent trois directions privilégiées :
  - deux directions dominantes :
    - vents de secteur **sud-ouest** (28,3 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 200° et 240°[31]),
    - vents de secteur **nord-est** (20,3 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 20° et 60°).
  - une direction secondaire :
    - vents de secteur **d'ouest/nord-ouest** (18,1 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 260° et 300°).
- sur l'ensemble des directions, les vents ont une vitesse moyenne de 3.1 m/s (11,2 km/h) ;
- les vents les plus fréquents sont les vents de vitesse comprise entre 3 m/s et 6 m/s soit respectivement 10,8 km/h et 21,6 km/h ;
- les vents faibles (de vitesse inférieure ou égale à 2 m/s) sont peu fréquents et représentent 4,6 % des observations dont 0,4% de vents calmes (vents inférieurs à 0,9 m/s) qui sont les plus pénalisants pour la dispersion des polluants ;
- les vents forts (de vitesse supérieure à 7 m/s) sont peu fréquents et représentent 2,2 % des observations.

6.2.1.2.3 Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

Elle est déterminée à partir des données de nébulosité et de vent qui conduit à distinguer six catégories de stabilité de l'atmosphère :

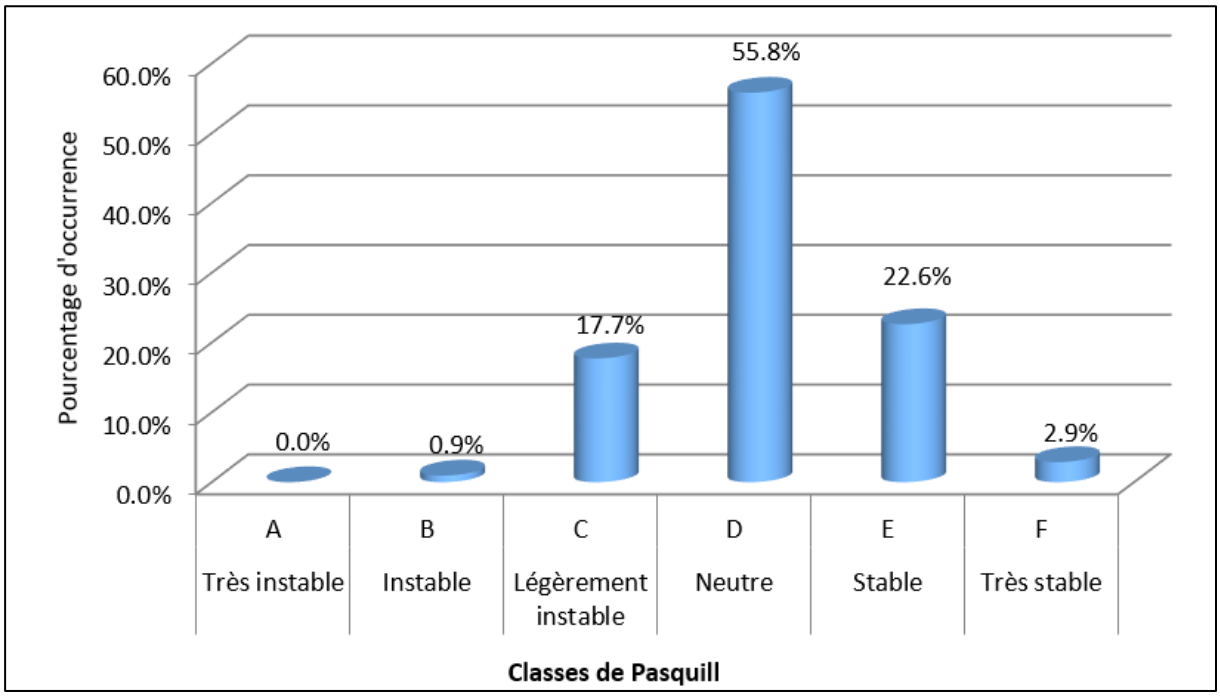
- *Classe A : Très instable*
- *Classe B : Instable*
- *Classe C : Légèrement instable*
- *Classe D : Neutre*
- *Classe E : Stable*
- *Classe F : Très stable*

Plus l'atmosphère est stable (catégories E et F), plus les conditions de dispersion sont défavorables. Ces situations freinent le déplacement des masses d'air et se retrouvent principalement par vents faibles et la nuit.

Le diagramme de la Figure 30 présente la répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique.

[31] Les directions du vent sont données en degrés par rapport au Nord et indiquent la direction d'où vient le vent (convention météorologique internationale). Un vent de 0° est donc un vent venant du Nord, un vent de 180° est un vent venant du Sud.

Figure 30 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique



Les conditions de dispersion sont relativement favorables puisque 55,8 % des observations présentent une atmosphère neutre.

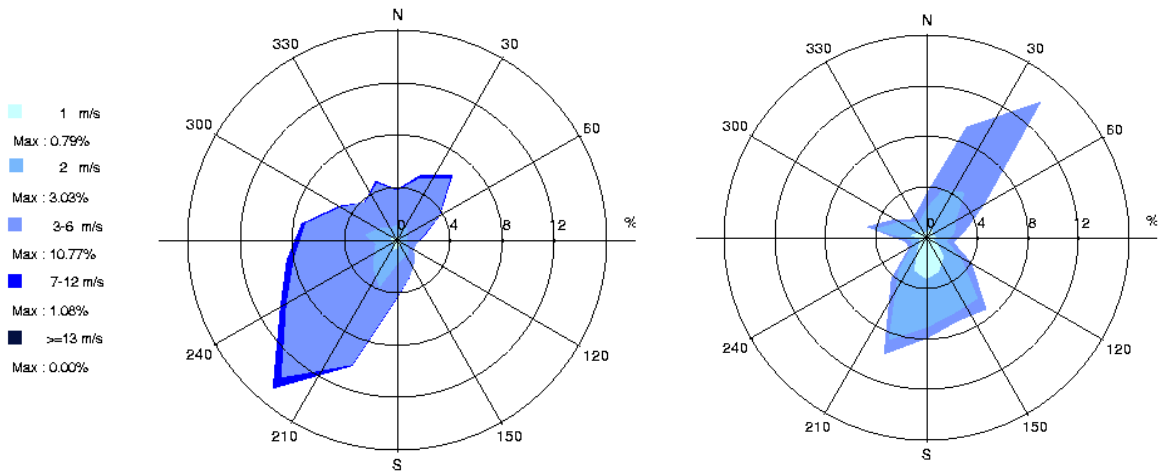
Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 2,5 m/s en situation stable (donc pénalisants pour la dispersion des émissions), tandis qu'en atmosphère neutre, la vitesse moyenne est de 3,5 m/s.

Les situations d'atmosphère neutre sont représentées majoritairement par les vents de sud-ouest, tandis qu'en atmosphère très stable (vents défavorables à la dispersion) les vents viennent majoritairement du nord-ouest et sud avec des vents plus faibles, comme le montre la Figure 31.

Figure 31 : roses des vents par classe de stabilité

Atmosphère neutre
(conditions de dispersion favorables)
Classe de stabilité D

Atmosphère très stable
(conditions de dispersion défavorables)
Classe de stabilité F



6.2.1.2.4 Température

La température de l'air, autre paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 13,6°C pour les 5 années étudiées.

La Figure 32 présente les variations mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur les 5 années étudiées.

Figure 32 : variation de la température sur l'année (période du 01/01/2019 au 31/12/2023)

6.2.1.3 Choix des conditions météorologiques retenues pour les simulations

Les simulations 3D sont réalisées pour plusieurs conditions météorologiques particulières, représentatives de la climatologie du site. Les paramètres météorologiques significatifs pour l'étude de dispersion dans l'atmosphère sont :

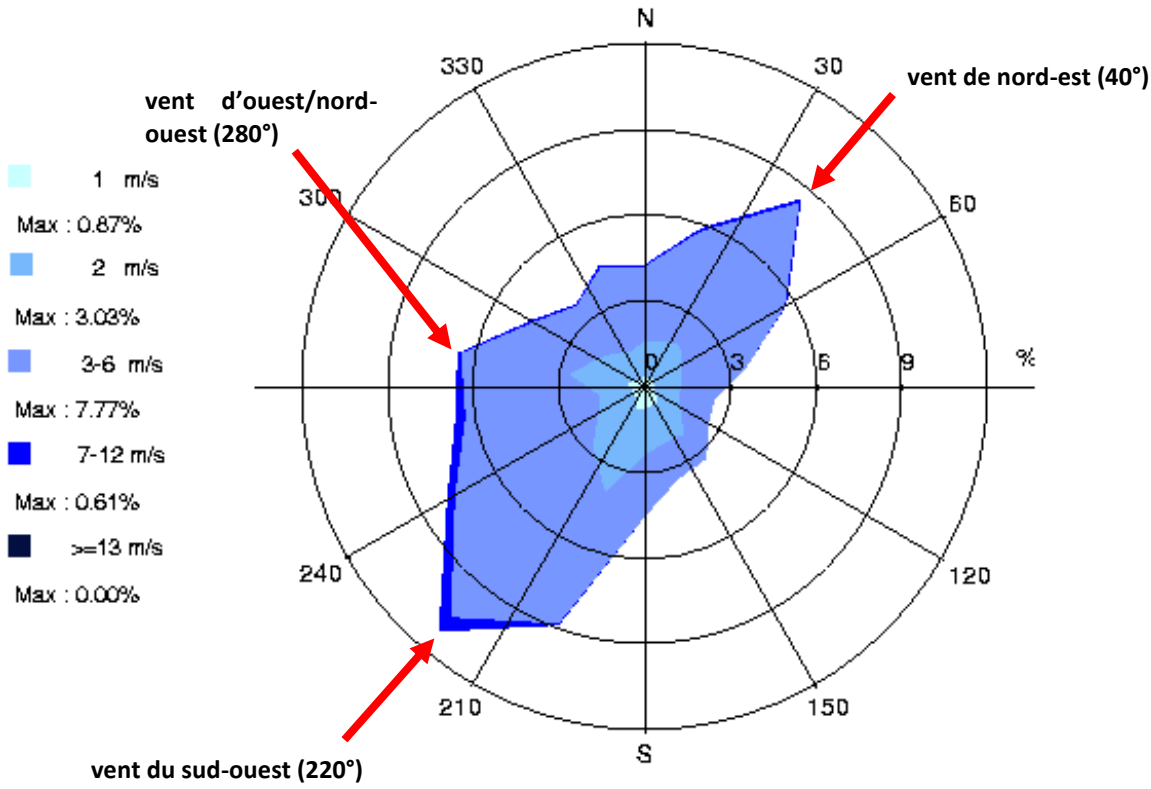
1. la vitesse et la direction du vent,
2. la stabilité atmosphérique.

Le choix des situations météorologiques à retenir pour les modélisations se base sur la rose des vents et les conditions atmosphériques :

- Situations favorables pour la dispersion des polluants (vent moyen, atmosphère neutre),
- Situations défavorables à la dispersion des polluants (vents faibles, atmosphère stable),
- Directions du vent majoritaires de la rose des vents et/ou en fonction des habitations visées par la modélisation.

D'après la rose des vents (cf. Figure 29), trois directions de vent sont dominantes : vents du sud-ouest, vent du nord/nord-est et vent du nord-ouest. Nous retiendrons donc ces trois directions de vent comme illustrées sur la Figure 33.

Figure 33 : directions de vent retenues pour les modélisations 3D



Nous retiendrons donc les situations météorologiques suivantes :

Tableau 14 : situations météorologiques retenues pour les simulations 3D

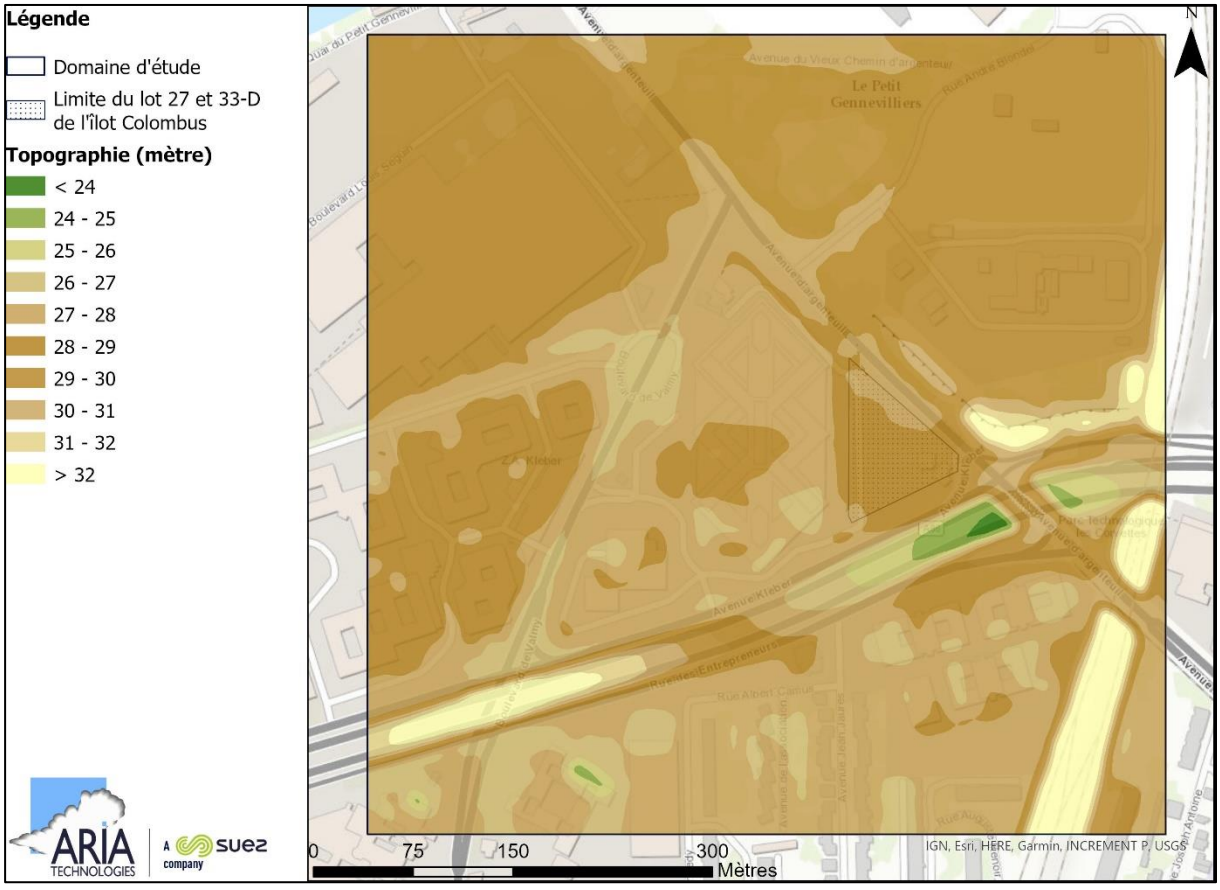
Cas	Direction	Vitesse	Classe de stabilité	Fréquence réelle	Fréquence appliquée pour le calcul de la moyenne
280° 4D	280°	4 m/s	D	9.5%	22.59%
220° 4D	220°	4 m/s	D	15.9%	37.83%
40° 4D	40°	4 m/s	D	9.8%	23.44%
280° 2F	280°	2 m/s	F	2.0%	4.86%
220° 2F	220°	2 m/s	F	2.8%	6.56%
40° 2F	40°	2 m/s	F	2.0%	4.72%
				42.0%	**100.0%**

La température de l'air est prise égale à 13,6°C, température moyenne observée sur 5 ans (2019-2023) à la station de Paris-Montsouris.

6.2.2 Topographie

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain au pas de 1 mètres (RGE ALTI® de l'IGN). La Figure 34 présente une vue 2D de la topographie sur le domaine d'étude. L'unité est le mètre NGF (Nivellement Général de la France). L'altitude du sol varie entre 24 et 34 mètres sur la zone d'étude.

Figure 34 : topographie du domaine d'étude (source : IGN RGE ALTI® 1m)



6.2.3 Obstacles

Les Figure 35 à Figure 37 présentent les obstacles de la zone d'étude pour chaque scénario étudié. La hauteur, en mètres, de chacun des bâtiments est indiquée.

Pour la situation fil de l'eau, les données proviennent de la BD Topo® de l'IGN datant du 15 septembre 2023 – la plus récente au moment de la rédaction du rapport (Figure 35).

A l'horizon 2027, la maquette 3D a été corrigée pour le scénario « Fil de l'eau » (Figure 36) en intégrant les bâtiments du projet Colombus programmé pour une livraison 2024 et présents dans la zone d'étude, et pour lesquels des données relatives à la volumétrie des projets étaient disponibles. Pour le scénario avec projet 2027, le projet d'aménagement des lots 27 et 33D de l'îlot Colombus a été rajouté à la maquette (Figure 37).

Figure 35 : hauteur des bâtiments – situation fil de l'eau – horizon 2027

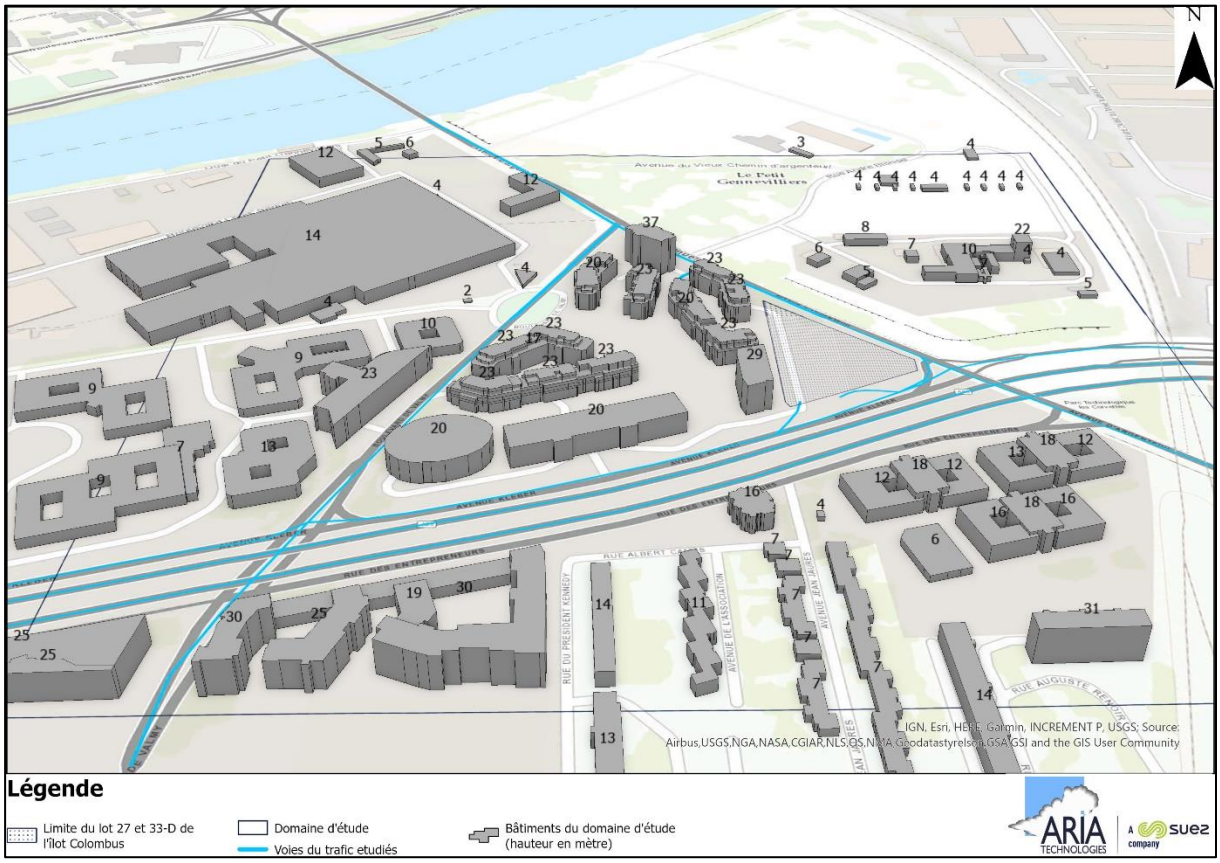


Figure 36 : hauteur des bâtiments – situation avec projet - Horizon 2027

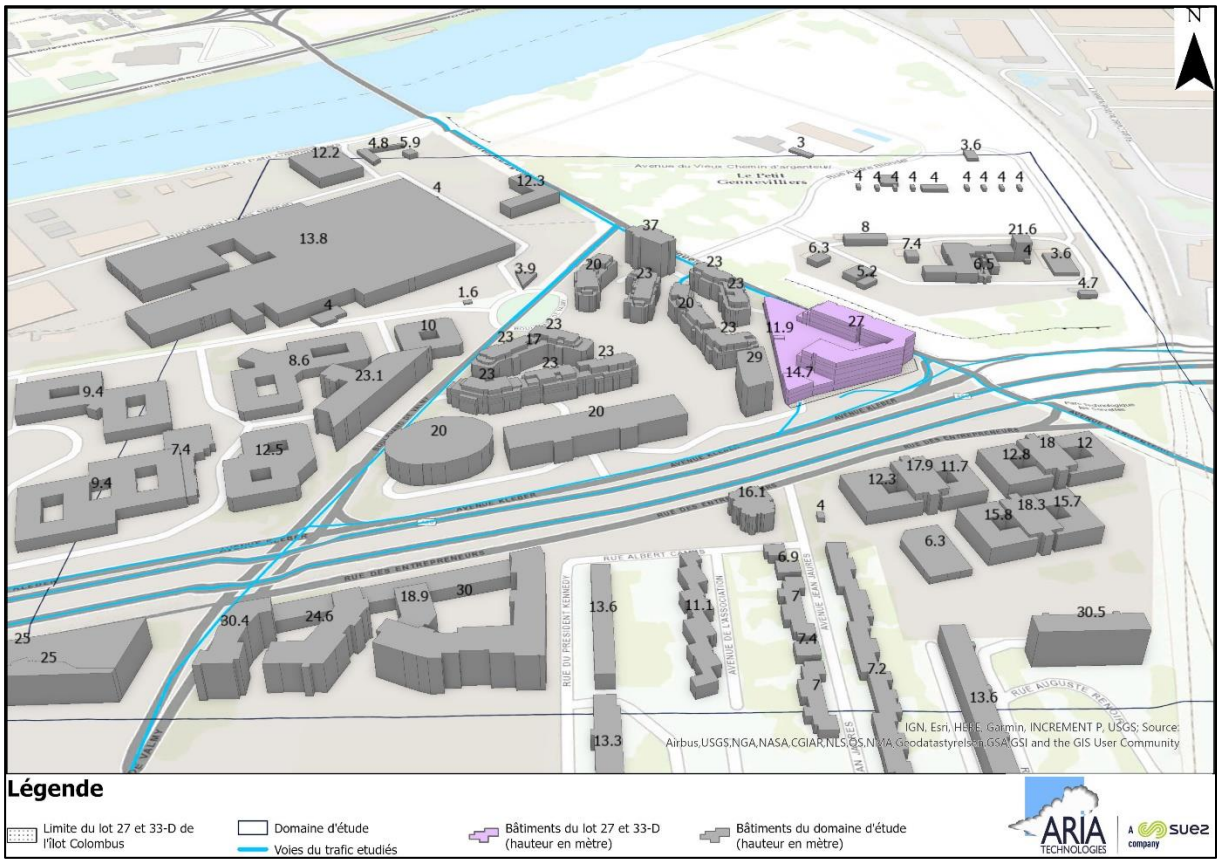
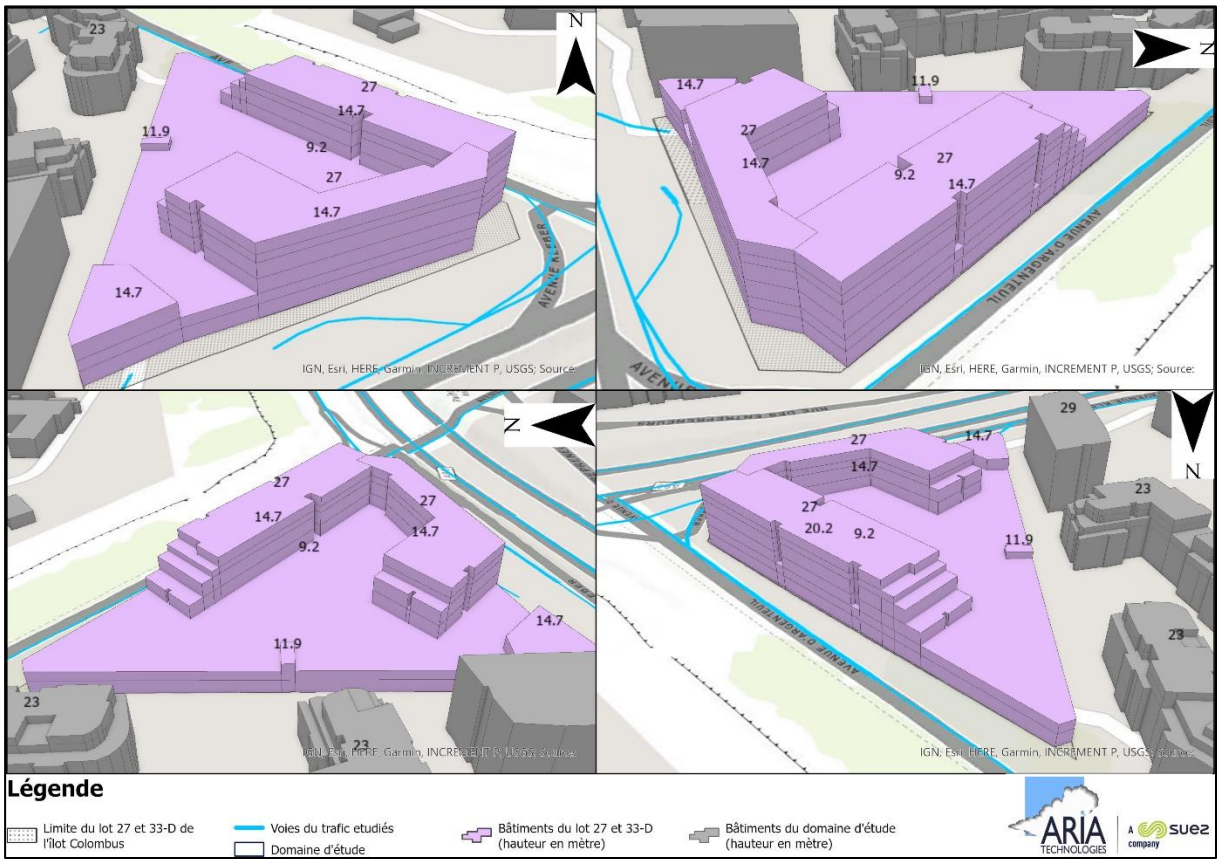


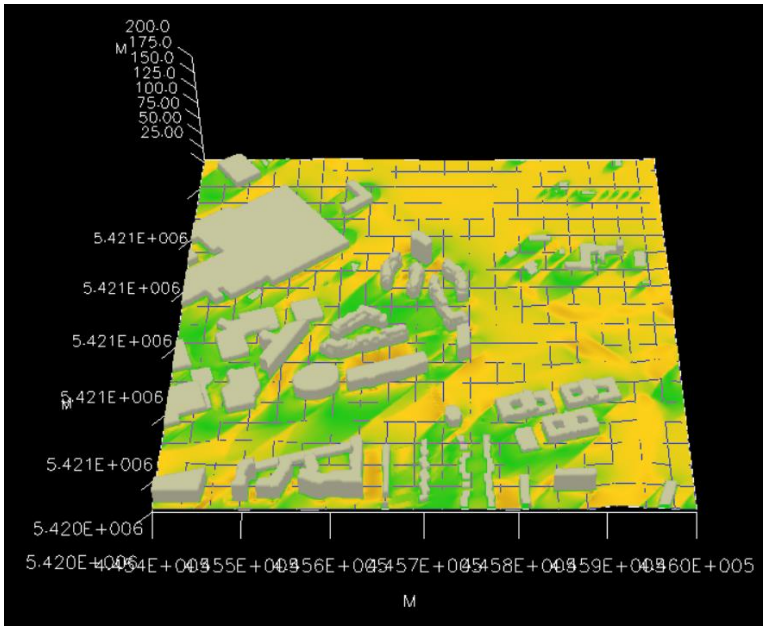
Figure 37 : Focus sur les bâtiments du projet – situation avec projet - horizon 2027



Le but étant de modéliser les obstacles présents dans la zone d'étude et pouvant influer sur les écoulements d'air, ces obstacles ont été modélisés en fonction de leur volume et de leur hauteur. Ces bâtiments ont été pris en compte avec une résolution de 2 mètres dans le plan horizontal et avec une hauteur qui dépend de la répartition des niveaux verticaux. Pour les simulations de la dispersion des polluants, il a été défini 20 niveaux verticaux répartis entre 0 et 200 m d'altitude. La hauteur de maille la plus petite est de 2 mètres près du sol et la plus grande maille, au niveau du plafond du domaine, atteint 55 mètres.

La Figure 38 présente la topographie et les obstacles présents sur le domaine d'étude vus par le logiciel de dispersion PMSS, ainsi que les niveaux verticaux retenus pour les calculs.

Figure 38 : visualisation des obstacles du projet et de la topographie par le logiciel PMSS



6.2.4 Emissions

Les émissions prises en compte dans les simulations correspondent aux émissions liées au trafic routier, calculées pour chaque scénario (cf. paragraphe 5.3). Les émissions liées au trafic routier ont été assimilées à des sources linéiques.

Les simulations sont réalisées pour les NOx, les particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et le benzo(a)pyrène. Les concentrations pour les autres polluants sont calculées au pro-rata des émissions.

6.3 RESULTATS DES MODELISATIONS

Les concentrations dans l'air présentées dans ce rapport correspondent aux concentrations moyennes annuelles.

6.3.1 Présentation des résultats

6.3.1.1 Conversion des NOx en NO_2

Les simulations sont réalisées pour les oxydes d'azote (NOx), qui regroupent le dioxyde d'azote (NO_2) et le monoxyde d'azote (NO). Il n'existe pas de valeur réglementaire pour la santé humaine pour les oxydes d'azote, mais uniquement pour le dioxyde d'azote (NO_2).

Afin d'estimer les concentrations en NO_2, un ratio NO_2/NOx obtenu à partir des mesures des stations d'Airparif est appliqué sur les résultats exprimés en NOx. Dans cette étude, il est retenu un ratio NO_2/NOx égal à 27% correspondant à la moyenne des ratios calculés pour la période 2021-2023 sur la base des résultats mesurés au niveau des stations Airparif. Étant donné que le projet est situé en bordure de l'A86, une source importante de pollution due au trafic, nous avons calculé le ratio selon la méthodologie suivante : les concentrations moyennes annuelles de NOx et NO_2 relevées sur les stations de fond en Île-de-France ont été soustraites des concentrations moyennes annuelles de NOx et NO_2 relevées sur les stations de trafic en Île-de-France (entre 2021 et 2023). Ceci a été effectué afin de nous approcher autant que possible du ratio NO_2/NOx des émissions, c'est-à-dire de l'impact des émissions du trafic[32]. On considère que ce ratio reste identique dans les scénarios à l'horizon 2027.

6.3.1.2 Pollution de fond

Les résultats de la modélisation tiennent compte uniquement des émissions liées au trafic routier présent dans la zone d'étude. Afin de prendre en compte les autres sources d'émission présentes sur la zone d'étude et non prises en compte dans les simulations (chauffage urbain, industries…), une pollution de fond constante sur la zone d'étude a été ajoutée aux résultats de la modélisation. Ces valeurs sont indiquées dans le Tableau 15.

Pour la situation actuelle (2023), les valeurs utilisées proviennent du portail Opendata d'Airparif déployé depuis septembre 2018 qui regroupe les données produites par leur observatoire[33]. Les stations de fond urbain Airparif les plus proches du projet ont ainsi pu être exploitées.

Pour les horizons futurs, les concentrations de fond sont estimées en prolongeant les courbes d'évolution en concentrations de polluants jusqu'à l'année 2027, courbes disponibles dans les derniers bilans d'Airparif[34] :

- Les niveaux moyens en NO_2 ont baissé de 35% entre 2012 et 2022, soit environ -4,2% par an ;
- Les niveaux moyens en PM10 ont baissé de 25% entre 2012 et 2022, soit environ -2,8% par an ;
- Les niveaux moyens en PM2,5 ont baissé de 35% entre 2012 et 2022, soit environ -4,2% par an.
- Les niveaux moyens en benzène ont baissé de 50% entre 2011 et 2021, soit environ -6,7% par an ;
- Les niveaux moyens en BaP ont baissé de 60% entre 2011 et 2021, soit environ -8,8% par an.

[32] Méthodologie issue du rapport de « surveillance et information sur la qualité de l'air en Île-de-France – bilan année 2015 », AIRPARIF, octobre 2016 – page 105

[33] **https://data-airparif-asso.opendata.arcgis.com/**

[34] « Bilan de la qualité de l'air – Année 2021 », AIRPARIF, Avril 2022

Tableau 15 : valeurs de pollution de fond retenues pour l'étude

Substances	Unité	Situation actuelle	Source	Fil de l'eau et projet horizon 2027	Justification
NO_2	µg/m³	19	Moyenne des stations de fond urbain Argenteuil et Gennevilliers 2023 (AIRPARIF)	16	A partir des concentrations 2023, baisse de -4.2%/an jusqu'en 2027.
PM10	µg/m³	17	Station fond urbain Gennevilliers 2023 (AIRPARIF)	14	A partir des concentrations 2023, baisse de -2.8%/an jusqu'en 2027.
PM2.5	µg/m³	11	Station fond urbain Gennevilliers 2023 (AIRPARIF)	8	A partir des concentrations 2023, baisse de -4.2%/an jusqu'en 2027.
Benzène	µg/m³	0.7	Station fond urbain Gennevilliers 2023 (AIRPARIF)	0.33	A partir des concentrations 2023, baisse de -6,7%/an jusqu'en 2027.
1,3 butadiène	µg/m³	0.26	Station fond Paris 1er - Les Halles 2021 (AIRPARIF)	0.26	Stable
Arsenic	ng/m³	0.23	Station fond urbain Paris 18ème 2023 (AIRPARIF)	0.10	A partir des concentrations 2023, baisse de -5,8%/an jusqu'en 2027.
Nickel	ng/m³	0.81	Station fond urbain Paris 18ème 2023 (AIRPARIF)	0.37	A partir des concentrations 2021, baisse de -5,0%/an jusqu'en 2027.
Chrome	ng/m³	nd	Pas de données disponibles	nd	-
Benzo(a)pyrène	ng/m³	0.080	Station fond Paris 1er - Les Halles 2023 (AIRPARIF)	0.080	Stable

6.3.1.3 Points d'intérêt

Les résultats sont présentés au niveau de plusieurs points d'intérêts correspondant aux façades des habitations et des commerces à proximité des axes routiers étudiés et aux façades du projet. Deux terrains sportifs extérieures situées dans le domaine d'étude et considérés comme des points sensibles sont également pris en compte. La Figure 39 localise ces points et le Tableau 16 les recense.

Figure 39 : localisation des points d'intérêt

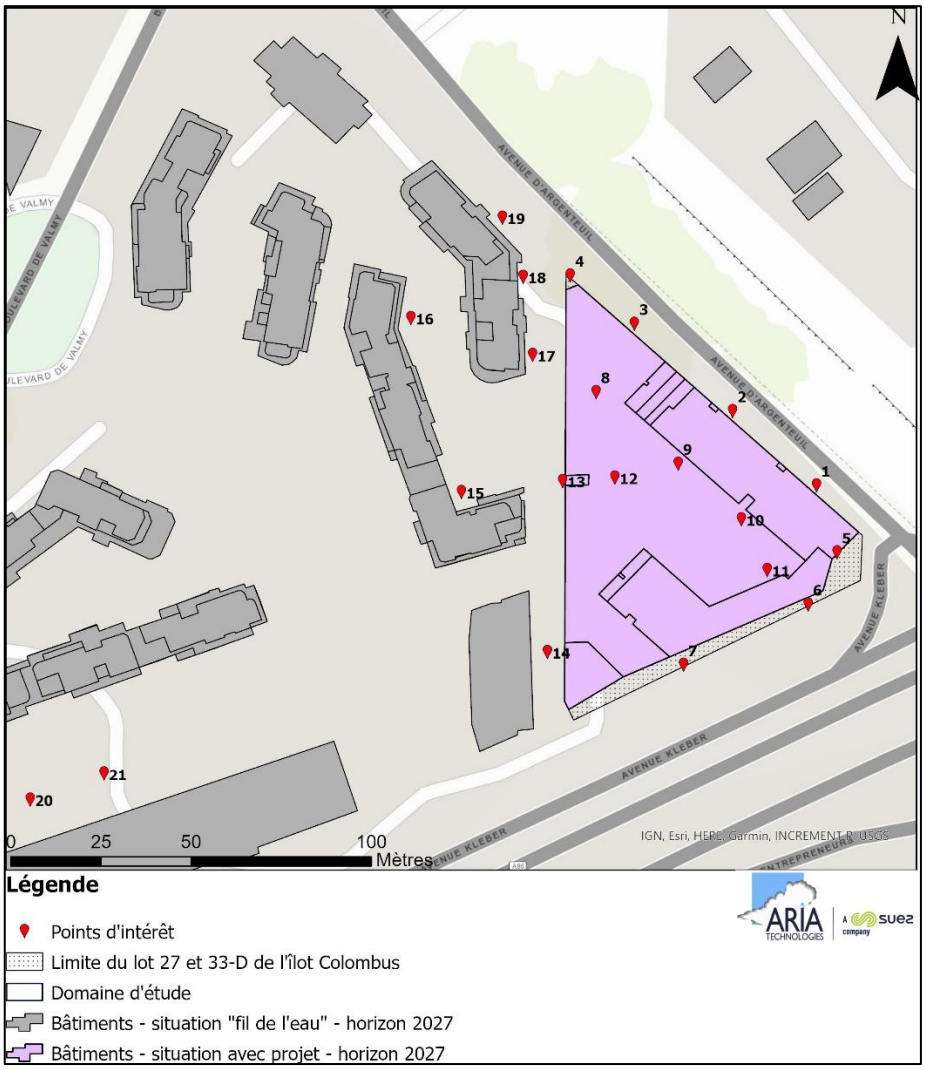


Tableau 16 : recensement des points d'intérêt

Id	Nom
1	Commerces Avenue d'Argenteuil 1
2	Commerces Avenue d'Argenteuil 2
3	Commerces Avenue d'Argenteuil 3
4	Entrée résidence n°27
5	Entrée secondaire résidence
6	Commerces avenue Kleber 1
7	Commerces avenue Kleber 2
8	Jardin partagé – partie nord d'îlot
9	Jardin partagé - façade cour intérieure 1
10	Jardin partagé - façade cour intérieure 2
11	Jardin partagé - façade cour intérieure 3

Id	Nom
12	Jardin partagé - cœur d'îlot
13	Accès au jardin partagé
14	Mail piéton - accès commerces
15	Logements - lot 28 - Bâtiment A - 1
16	Logements - lot 28 - Bâtiment A - 2
17	Logements - lot 28 - Bâtiment B - 1
18	Logements - lot 28 - Bâtiment B - 2
19	Logements - lot 28 - Bâtiment B - 3
20	Terrain de sport extérieur 1
21	Terrain de sport extérieur 2

6.3.2 Concentrations moyennes annuelles sur la zone d'étude

Les Tableau 17 à Tableau 19 présentent au niveau des points d'intérêt retenus les résultats des concentrations moyennes calculées aux hauteurs d'intérêt pour l'ensemble des substances et pour les deux scénarios étudiés. Les Figure 40 à Figure 42 comparent graphiquement, au niveau des points d'intérêt retenus, les résultats de concentrations moyennes pour le NO_2 et les particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) pour les deux scénarios étudiés. Ces résultats tiennent compte de la pollution de fond (cf. paragraphe 6.3.1.2).

Les Figure 43 et Figure 44 présentent les cartographies des concentrations moyennes au sol en dioxyde d'azote pour chacun des scénarios étudiés. La Figure 45 présente la carte de différence de concentrations à l'horizon 2027, donnant l'impact du projet par rapport à la situation « fil de l'eau ».

Concentrations estimées à l'horizon futur 2027 :

- Au niveau des points d'intérêt (Tableau 17), les concentrations en NO_2 sont largement inférieures à la valeur limite fixée par la réglementation française à 40 µg/m^3, aussi bien en situation « Fil de l'eau » qu'en situation avec projet. Les concentrations restent cependant supérieures à la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé fixée à 10 µg/m^3, en raison de la pollution de fond prise égale à 16 µg/m^3, qui la dépasse à elle seule. Les Figure 43 et Figure 44 permettent de visualiser les concentrations en NO_2 sur l'ensemble de la zone d'étude : les concentrations sont plus élevées sur les axes principaux et notamment sur l'A86 qui présentent des valeurs supérieures à la valeur limite. L'avenue d'Argenteuil, l'avenue Kleber et le boulevard de Valmy présentent quant à eux des valeurs inférieures à la valeur limite. À noter que la pollution de fond représente à elle seule 40 % de cette valeur limite.
- Les concentrations en PM_{10} (Tableau 17) restent inférieures aux valeur limite et objectif de qualité au niveau de tous les points d'intérêt. La pollution de fond représente environ 35 % de la valeur limite pour les PM_{10}. En revanche, la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé est atteinte voire dépassée, en raison de la pollution de fond qui est du même ordre de grandeur.
- Pour les $PM_{2.5}$ (Tableau 17), l'ensemble des points d'intérêt montrent également des concentrations inférieures à la valeur limite et à la valeur cible. La pollution de fond représente environ 32 % de la valeur limite pour les $PM_{2.5}$. Les concentrations en $PM_{2.5}$ peuvent cependant atteindre ponctuellement l'objectif de qualité le long de l'avenue d'Argenteuil (points 1 à 4). De plus, la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé est dépassée, en raison de la pollution de fond qui la dépasse à elle seule.
- En ce qui concerne le benzène (Tableau 17), les concentrations calculées au niveau des points d'intérêt sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises. De même, les valeurs cibles fixées par la réglementation française pour l'arsenic (Tableau 18), le nickel (Tableau 18) et le benzo(a)pyrène (Tableau 19) sont également respectées pour l'ensemble des points d'intérêt.
- Il n'existe pas de valeurs réglementaires pour le chrome (Tableau 19) et le 1,3-butadiène (Tableau 18).
- A partir de 2030, en supposant que les concentrations estimées pour 2027 restent inchangées ce qui constitue une hypothèse majorante, les nouvelles normes de la qualité de l'air proposées par la commission européenne en octobre 2022 (cf. paragraphe 4.4.1.3), plus contraignantes que les valeurs limites existantes mais moins strictes que les recommandations de l'OMS, devraient être respectées pour l'ensemble des polluants au niveau des points d'intérêt, excepté pour le NO_2 et les $PM_{2.5}$ où les concentrations estimées le long des rues d'Argenteuil et de Kléber en RDC (commerces) peuvent atteindre voire légèrement dépasser cette future valeur limite.

Comparaison des scénarios futurs avec projet et « fil de l'eau » - horizon 2027 :

- En complément des tableaux cités précédemment et présentant la variation des concentrations entre la situation avec projet et la situation « Fil de l'eau » au niveau des points d'intérêt, la Figure 45 présente la carte des différences de concentrations, illustrant l'impact du projet par rapport à la situation « Fil de l'eau » et permettant de localiser les zones où la variation des concentrations dépasse 5 %.
- Au niveau des points d'intérêt, les concentrations en NO_2, PM_{10} et $PM_{2.5}$ estimées pour le scénario avec projet restent globalement du même ordre de grandeur que celles calculées pour la situation future « Fil de l'eau » (variation inférieure à 5 %). Néanmoins, des augmentations plus marquées (supérieures à 10%) sont à noter au niveau des points d'intérêt situés en bordure de l'avenue d'Argenteuil (points 1 à 4), en cohérence avec les augmentations du trafic notées dans cette zone (cf. Figure 5). Ces variations sont également visibles sur la carte de différence (Figure 45) qui montre des augmentations supérieures à 10% voire 20% le long de l'avenue d'Argenteuil.
- Ces observations sont le résultat de la modification de l'écoulement de vent autour du projet, décrite ci-dessous :
  - Dans la situation « Fil de l'eau », l'absence de bâtiment sur la zone du projet facilite la dispersion des polluants provenant des principaux axes routiers comme l'A86 et les avenues d'Argenteuil et de Kléber.
  - Dans la situation avec projet, la volumétrie du projet crée un front bâti modifiant la circulation de l'écoulement du vent. Sous les vents dominants (vent du sud-ouest), la présence du nouveau bâtiment crée une recirculation dans l'avenue d'Argenteuil entraînant une accumulation des polluants le long du nouveau bâtiment.
- Cependant, malgré les modifications de l'écoulement du vent apportées par le projet, les concentrations calculées au niveau des futurs logements (R+2 et supérieurs) ainsi qu'au niveau des jardins partagés restent inférieures aux valeurs limites actuelles ainsi qu'aux futures normes européennes.

Impact du projet sur la qualité de l'air :

Au niveau des futurs logements du projet et des jardins partagés : les concentrations estimées en situation future au niveau des façades des futurs logements du projet (R+2 et supérieurs) ainsi qu'au niveau des jardins partagés sont inférieures aux valeurs limites actuelles fixées par la réglementation française, ainsi qu'aux futures normes européennes. En revanche, les recommandations OMS sont atteintes voire dépassées pour le NO_2 et les particules. Ces dépassements étant également observés pour la situation future « Fil de l'eau » (sans projet), ils ne sont pas liés au projet en lui-même mais à la pollution de fond retenue pour les simulations qui dépasse à elle-seule les valeurs guides de l'OMS.

Au niveau des futurs commerces situés avenue d'Argenteuil (en RDC du projet) : les concentrations subissent une augmentation pouvant dépasser 10% par rapport aux concentrations estimées en situation « Fil de l'eau ». Cette augmentation est due à la modification de l'écoulement du vent liée à la présence du nouveau bâtiment, créant une recirculation et une accumulation de polluants provenant du trafic routier dans la rue d'Argenteuil. Les concentrations restent cependant inférieures aux valeurs limites actuelles fixées par la réglementation française. En revanche, les concentrations peuvent atteindre voire dépasser les futures normes européennes.

Au niveau des bâtiments existants avant la mise en place du projet : le projet n'a pas d'impact notable sur les concentrations estimées au niveau des bâtiments existants, notamment les bâtiments du lot 28 situés à proximité du projet.

Figure 40 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 au niveau des points d'intérêt

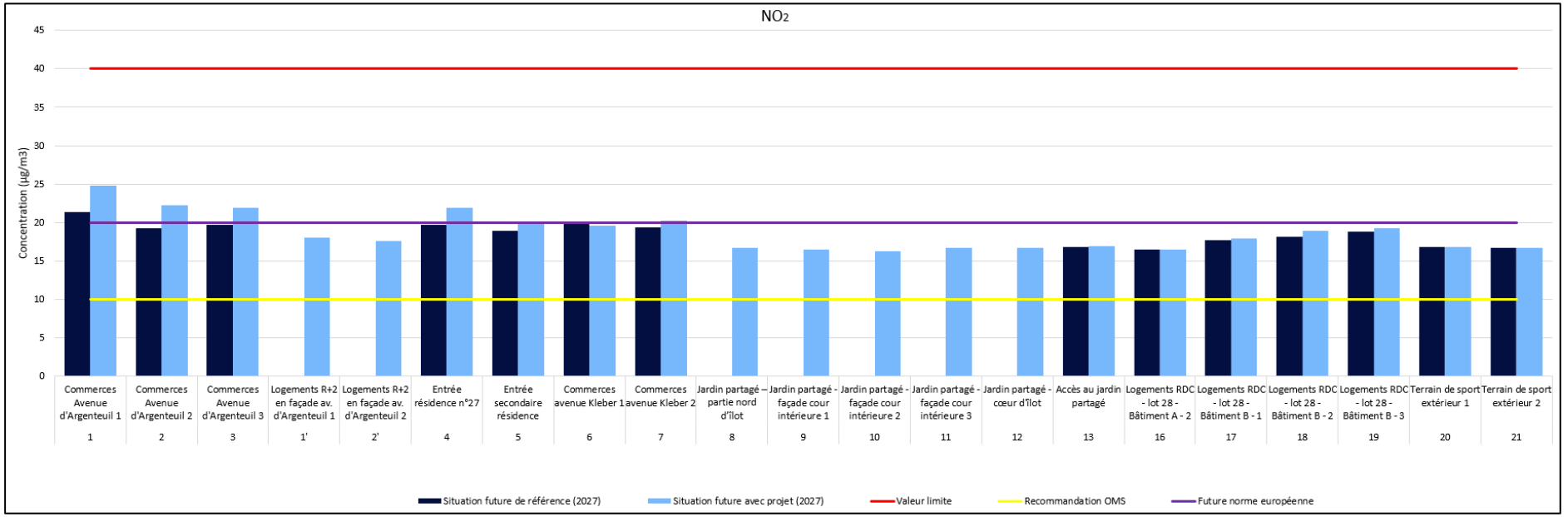


Figure 41 : concentrations moyennes annuelles en PM_{10} au niveau des points d'intérêt

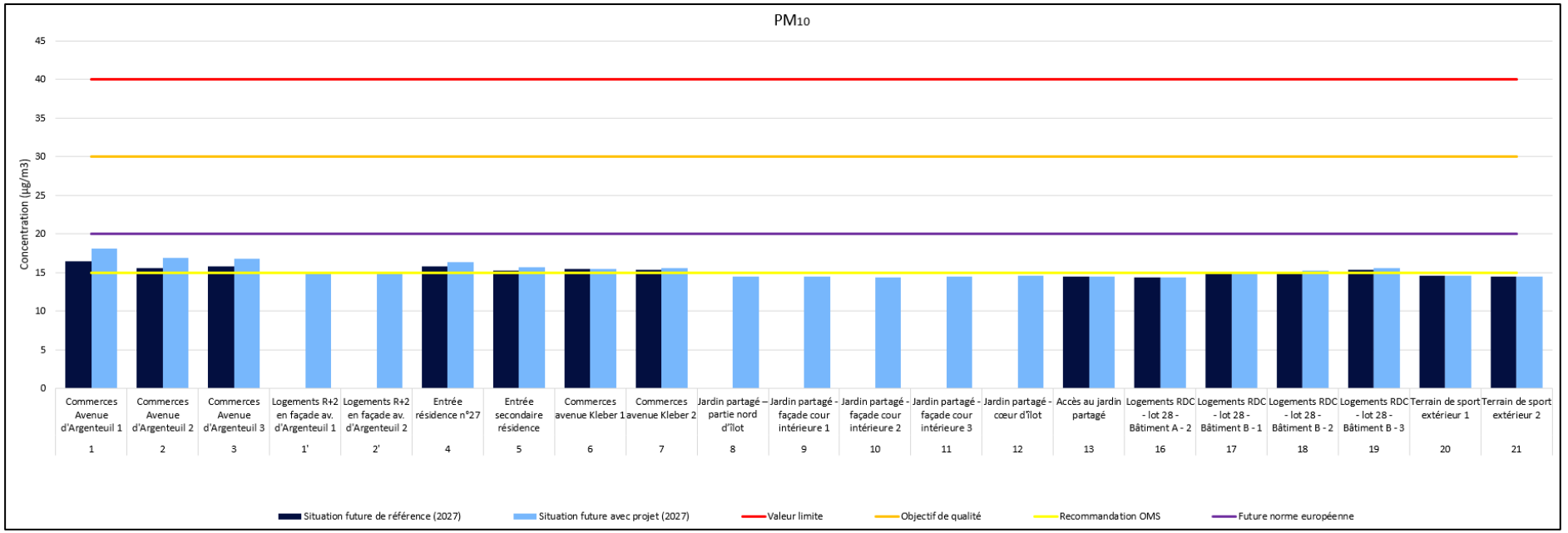


Figure 42 : concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ au niveau des points d'intérêt

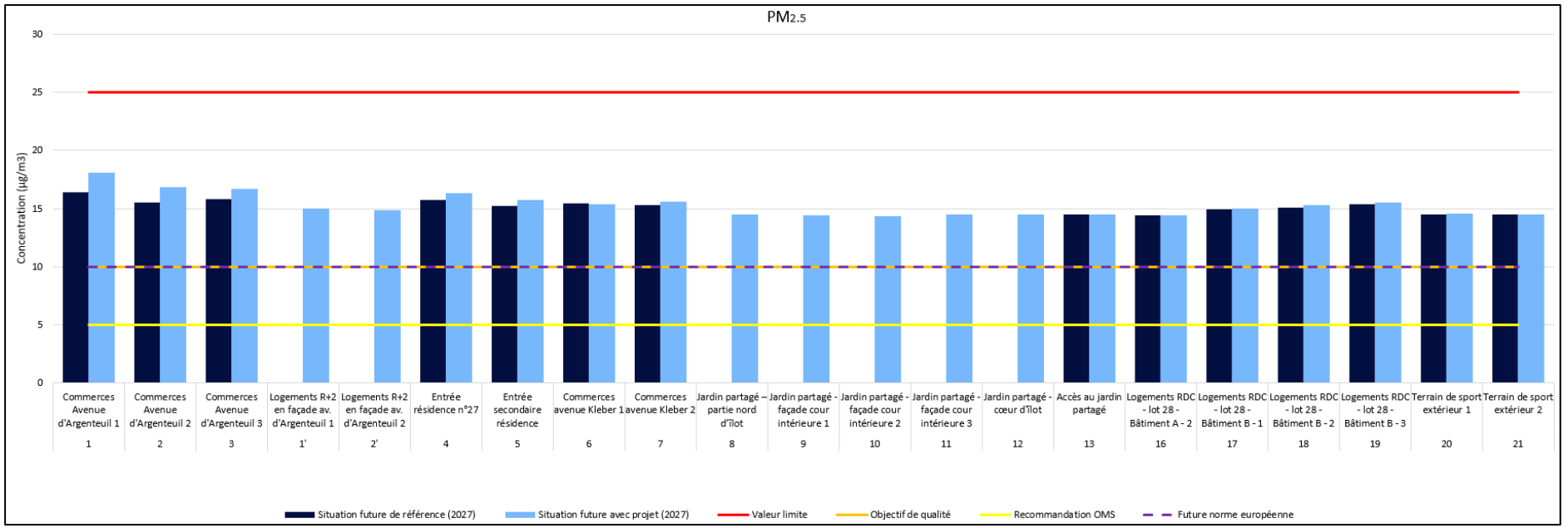


Tableau 17 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt - NO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$

Concentrations moyennes annuelles		NO_2			PM10			PM2.5		
		Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027
Id	**Point cible**	**µg/m³**	**µg/m³**	**Variation (%)**	**µg/m³**	**µg/m³**	**Variation (%)**	**µg/m³**	**µg/m³**	**Variation (%)**
1	Commerces Avenue d'Argenteuil 1	21	25	16%	16	18	10%	10	11	10%
2	Commerces Avenue d'Argenteuil 2	19	22	15%	16	17	8%	9	10	9%
3	Commerces Avenue d'Argenteuil 3	20	22	11%	16	17	6%	9	10	6%
1'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 1	-	18	-	-	15	-	-	9	-
2'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 2	-	18	-	-	15	-	-	9	-
4	Entrée résidence n°27	20	22	11%	16	16	4%	9	10	6%
5	Entrée secondaire résidence	19	20	6%	15	16	3%	9	9	3%
6	Commerces avenue Kleber 1	20	20	-1%	15	15	0%	9	9	0%
7	Commerces avenue Kleber 2	19	20	5%	15	16	2%	9	9	2%
8	Jardin partagé – partie nord d'îlot	-	17	-	-	15	-	-	9	-
9	Jardin partagé - façade cour intérieure 1	-	17	-	-	14	-	-	9	-
10	Jardin partagé - façade cour intérieure 2	-	16	-	-	14	-	-	8	-
11	Jardin partagé - façade cour intérieure 3	-	17	-	-	14	-	-	9	-
12	Jardin partagé - cœur d'îlot	-	17	-	-	15	-	-	9	-
13	Accès au jardin partagé	17	17	0%	15	15	0%	9	9	0%
14	Mail piéton - accès commerces	17	18	2%	15	15	1%	9	9	1%
15	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 1	17	17	2%	14	15	1%	9	9	1%
16	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 2	16	17	0%	14	14	0%	9	9	0%
17	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 1	18	18	2%	15	15	0%	9	9	1%
18	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 2	18	19	4%	15	15	1%	9	9	2%
19	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 3	19	19	2%	15	16	1%	9	9	1%
20	Terrain de sport extérieur 1	17	17	0%	15	15	0%	9	9	0%
21	Terrain de sport extérieur 2	17	17	0%	14	15	0%	9	9	0%
Pollution de fond		16	16		14	14		8	8	
Réglementation française : valeur limite		40	40		40	40		25	25	
Réglementation française : objectif de qualité		-	-		30	30		10	10	
Réglementation française : valeur cible		-	-		-	-		20	20	
Recommandation OMS		10	10		15	15		5	5	
Future valeur limite européenne (au 01/01/2030)		20	20		20	20		10	10	

NB : pour simplifier l'affichage, les résultats ont été arrondis permettant d'avoir un ordre de grandeur des niveaux de concentrations dans l'air. Les pourcentages d'évolution ont été calculés à partir des résultats bruts.

Tableau 18 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt – benzène, 1,3 butadiène, et les HAPs

Concentrations moyennes annuelles		Benzène			1,3-butadiène			Benzo(a)pyrène			16 HAP eq B(a)P		
		Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027
Id	**Point cible**	**µg/m³**	**µg/m³**	**Variation (%)**	**µg/m³**	**µg/m³**	**Variation (%)**	**ng/m³**	**ng/m³**	**Variation (%)**	**ng/m³**	**ng/m³**	**Variation (%)**
1	Commerces Avenue d'Argenteuil 1	0.3	0.4	2%	0.27	0.27	1%	0.13	0.16	19%	0.18	0.23	27%
2	Commerces Avenue d'Argenteuil 2	0.3	0.3	2%	0.26	0.27	1%	0.11	0.14	22%	0.14	0.18	34%
3	Commerces Avenue d'Argenteuil 3	0.3	0.3	1%	0.26	0.27	1%	0.11	0.13	18%	0.14	0.18	26%
1'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 1	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.10	-	-	0.12	-
2'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 2	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.09	-	-	0.11	-
4	Entrée résidence n°27	0.3	0.3	1%	0.26	0.27	1%	0.11	0.13	17%	0.14	0.18	26%
5	Entrée secondaire résidence	0.3	0.3	1%	0.26	0.26	0%	0.12	0.12	6%	0.15	0.16	9%
6	Commerces avenue Kleber 1	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.13	0.12	-3%	0.17	0.16	-5%
7	Commerces avenue Kleber 2	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.12	0.13	8%	0.16	0.18	12%
8	Jardin partagé – partie nord d'îlot	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.09	-	-	0.10	-
9	Jardin partagé - façade cour intérieure 1	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.09	-	-	0.09	-
10	Jardin partagé - façade cour intérieure 2	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.08	-	-	0.09	-
11	Jardin partagé - façade cour intérieure 3	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.09	-	-	0.10	-
12	Jardin partagé - cœur d'îlot	-	0.3	-	-	0.26	-	-	0.09	-	-	0.09	-
13	Accès au jardin partagé	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.09	0.09	2%	0.09	0.10	4%
14	Mail piéton - accès commerces	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.10	0.10	5%	0.11	0.12	9%
15	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 1	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.09	0.09	5%	0.09	0.10	9%
16	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 2	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.08	0.09	1%	0.09	0.09	2%
17	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 1	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.09	0.10	2%	0.11	0.11	4%
18	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 2	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.10	0.11	7%	0.12	0.13	11%
19	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 3	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.10	0.11	3%	0.13	0.13	5%
20	Terrain de sport extérieur 1	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.09	0.09	0%	0.10	0.10	0%
21	Terrain de sport extérieur 2	0.3	0.3	0%	0.26	0.26	0%	0.09	0.09	0%	0.10	0.10	0%
Pollution de fond		0.3	0.3		0.26	0.26		0.08	0.08		0.08	0.08	
Réglementation française : valeur limite		5	5		-	-		-	-		-	-	
Réglementation française : objectif de qualité		2	2		-	-		-	-		-	-	
Réglementation française : valeur cible		-	-		-	-		1	1		-	-	
Recommandation OMS		-	-		-	-		-	-		-	-	
Future valeur limite européenne (au 01/01/2030)		3.4	3.4		-	-		1	1		-	-	

NB : pour simplifier l'affichage, les résultats ont été arrondis permettant d'avoir un ordre de grandeur des niveaux de concentrations dans l'air. Les pourcentages d'évolution ont été calculés à partir des résultats bruts.

Tableau 19 : concentration en moyenne annuelle au niveau des points d'intérêt – arsenic, nickel, chrome

Concentrations moyennes annuelles		Arsenic			Nickel			Chrome		
		Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027	Situation future de référence (2027)	Situation future avec projet (2027)	Impact du projet à l'horizon 2027
Id	**Point cible**	**ng/m³**	**ng/m³**	**Variation (%)**	**ng/m³**	**ng/m³**	**Variation (%)**	**ng/m³**	**ng/m³**	**Variation (%)**
1	Commerces Avenue d'Argenteuil 1	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	1%	0.03	0.05	72%
2	Commerces Avenue d'Argenteuil 2	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	1%	0.02	0.04	90%
3	Commerces Avenue d'Argenteuil 3	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.02	0.03	53%
1'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 1	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.01	-
2'	Logements R+2 en façade av. d'Argenteuil 2	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.01	-
4	Entrée résidence n°27	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.02	0.03	56%
5	Entrée secondaire résidence	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.01	0.02	48%
6	Commerces avenue Kleber 1	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.02	0.02	-5%
7	Commerces avenue Kleber 2	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.02	0.02	25%
8	Jardin partagé – partie nord d'îlot	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.00	-
9	Jardin partagé - façade cour intérieure 1	-	0.10	-	-	0.37	-	-	0.00	-
10	Jardin partagé - façade cour intérieure 2	-	0.10	-	-	0.37	-	-	0.00	-
11	Jardin partagé - façade cour intérieure 3	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.00	-
12	Jardin partagé - cœur d'îlot	-	0.10	-	-	0.38	-	-	0.00	-
13	Accès au jardin partagé	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.00	0.00	-1%
14	Mail piéton - accès commerces	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.01	0.01	34%
15	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 1	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.00	0.01	44%
16	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment A - 2	0.10	0.10	0%	0.37	0.37	0%	0.00	0.00	-6%
17	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 1	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.01	0.01	14%
18	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 2	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.01	0.02	36%
19	Logements RDC - lot 28 - Bâtiment B - 3	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.02	0.02	13%
20	Terrain de sport extérieur 1	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.00	0.00	0%
21	Terrain de sport extérieur 2	0.10	0.10	0%	0.38	0.38	0%	0.00	0.00	-1%
Pollution de fond		0.10	0.10		0.37	0.37		-	-	
Réglementation française : valeur limite		-	-		-	-		-	-	
Réglementation française : objectif de qualité		-	-		-	-		-	-	
Réglementation française : valeur cible		6	6		20	20		-	-	
Recommandation OMS		-	-		-	-		-	-	
Future valeur limite européenne (au 01/01/2030)		6	6		20	20		-	-	

NB : pour simplifier l'affichage, les résultats ont été arrondis permettant d'avoir un ordre de grandeur des niveaux de concentrations dans l'air. Les pourcentages d'évolution ont été calculés à partir des résultats bruts.

Figure 43 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 – situation future « fil de l'eau » (2027)

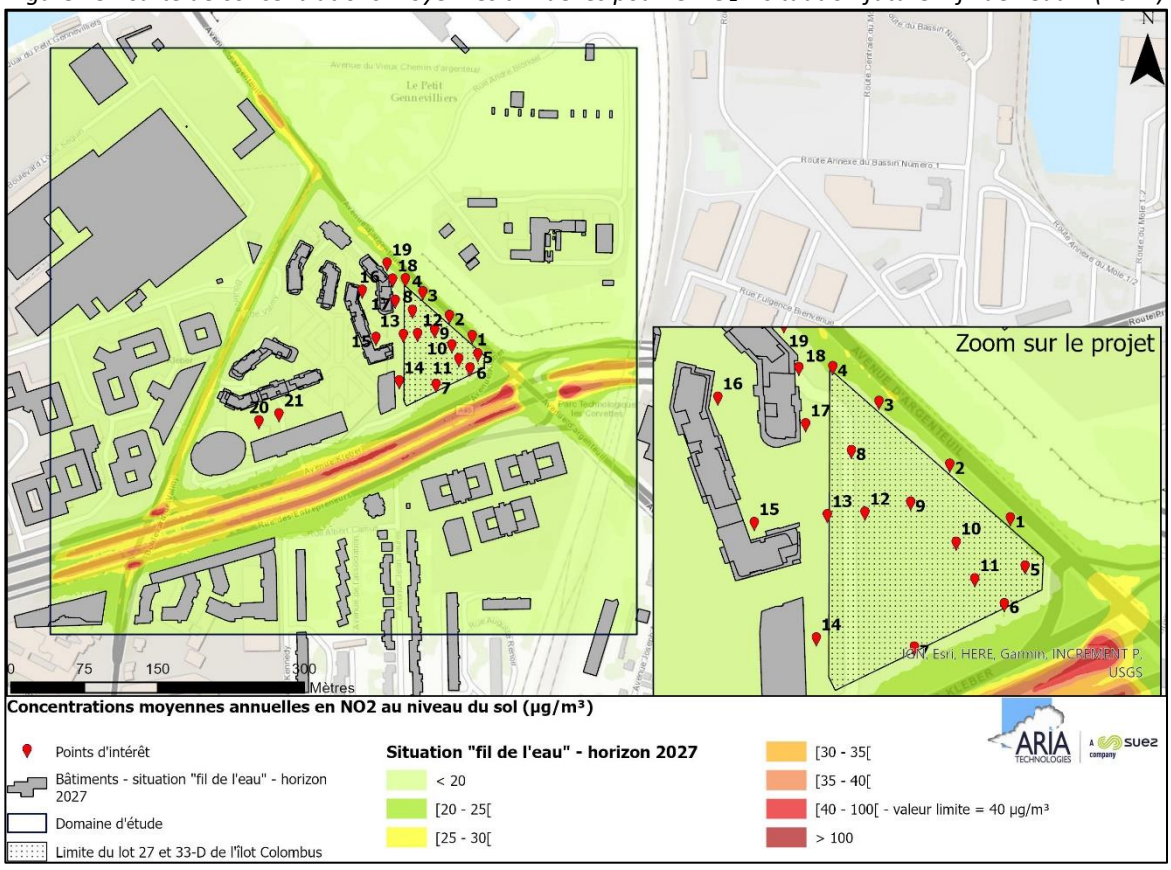


Figure 44 : carte de concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 – situation future avec projet (2027)

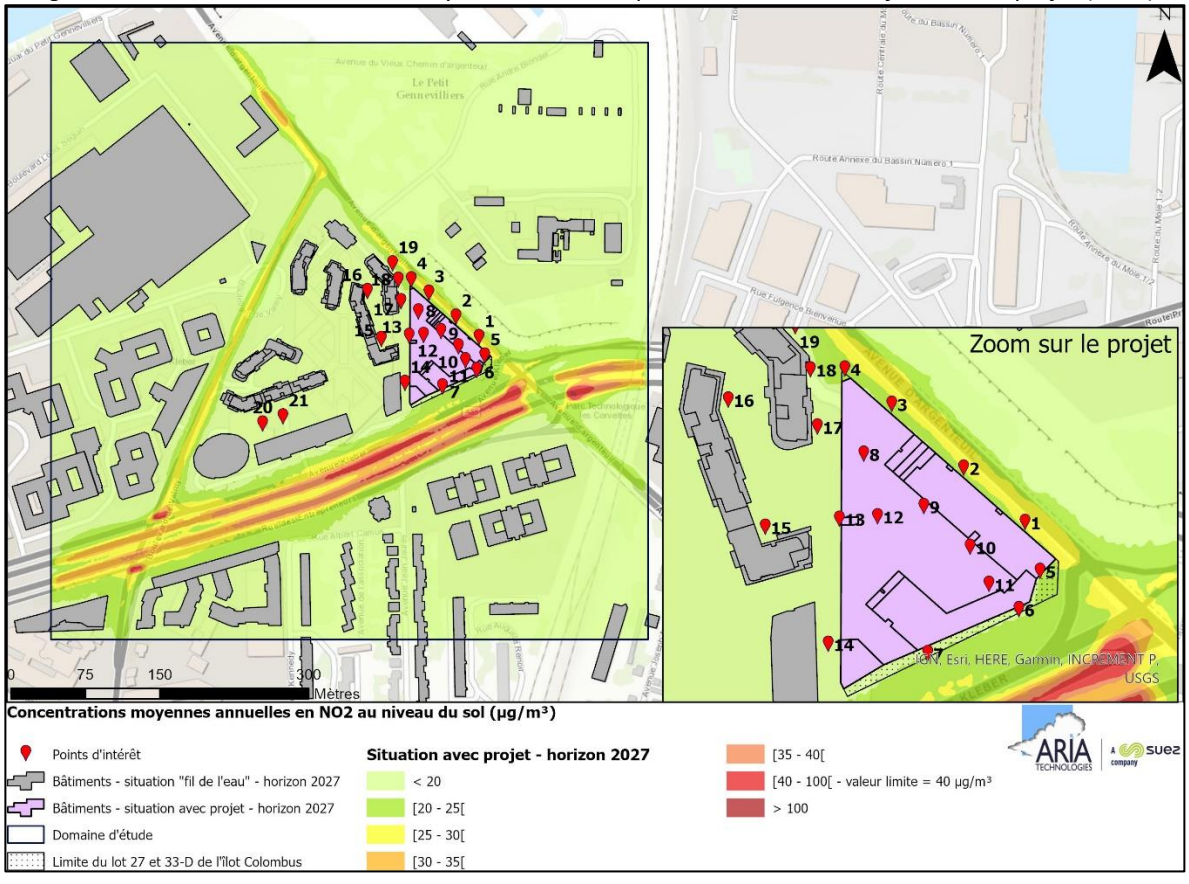
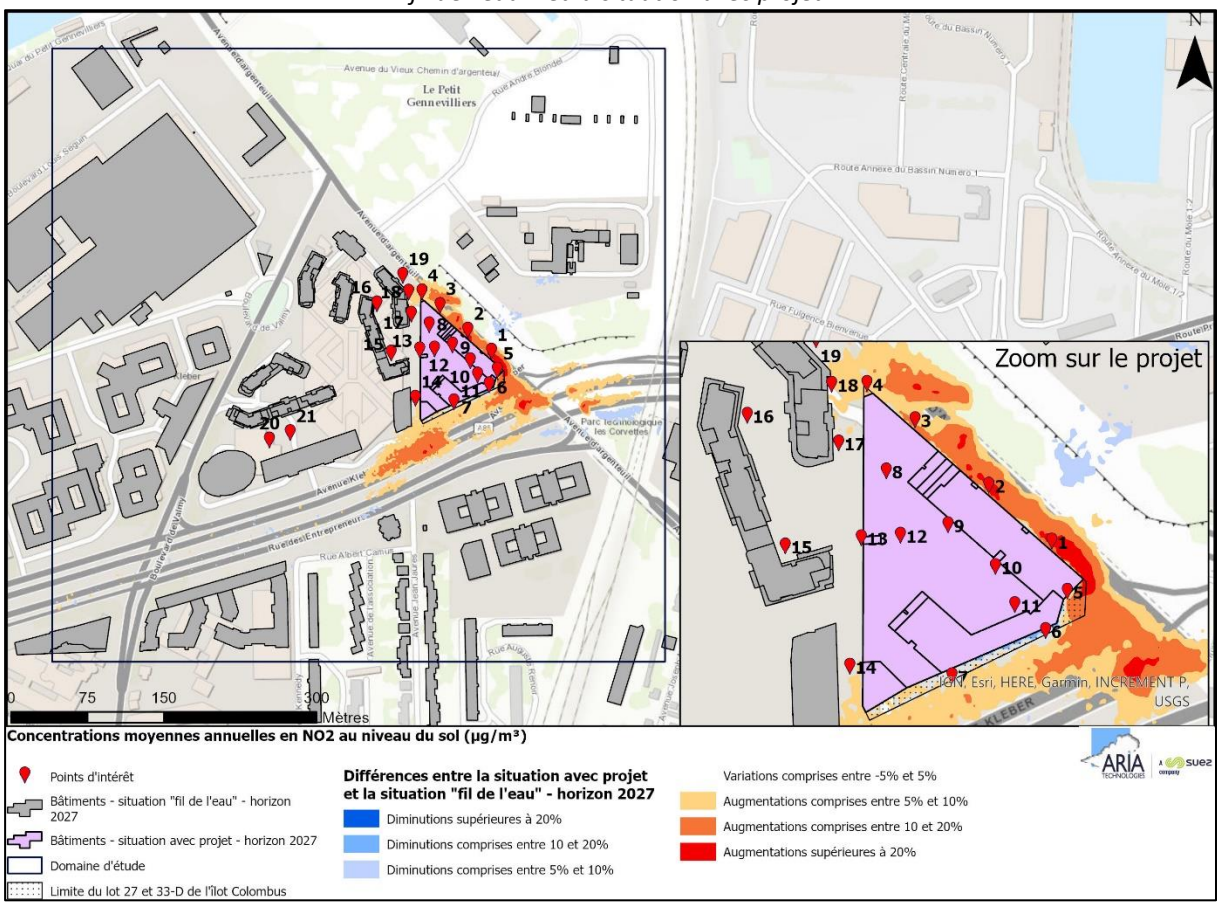


Figure 45 : comparaison des concentrations moyennes annuelles pour le NO_2 à l'horizon 2027 entre la situation « fil de l'eau » et la situation avec projet



6.3.3 Variation des concentrations en fonction de l'altitude

Les concentrations présentées dans les paragraphes précédents concernent principalement les concentrations estimées au niveau du sol (1 mètre du sol). Les résultats de la modélisation 3D permettent également de connaître et visualiser les concentrations à différents niveaux au-dessus du sol. Les Figure 46 à Figure 51 présentent des coupes à différentes altitudes de concentrations en NO_2 à l'horizon 2027 pour le scénario avec projet et le scénario fil de l'eau.

Les concentrations en NO_2 diminuent rapidement avec l'altitude. L'impact des routes est plus marqué pour les coupes proches du sol. A partir de 14 mètres au-dessus du sol, l'impact des routes n'est presque plus visible, les concentrations sont de l'ordre de grandeur de la pollution de fond.

Figure 46 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 2 mètres du sol

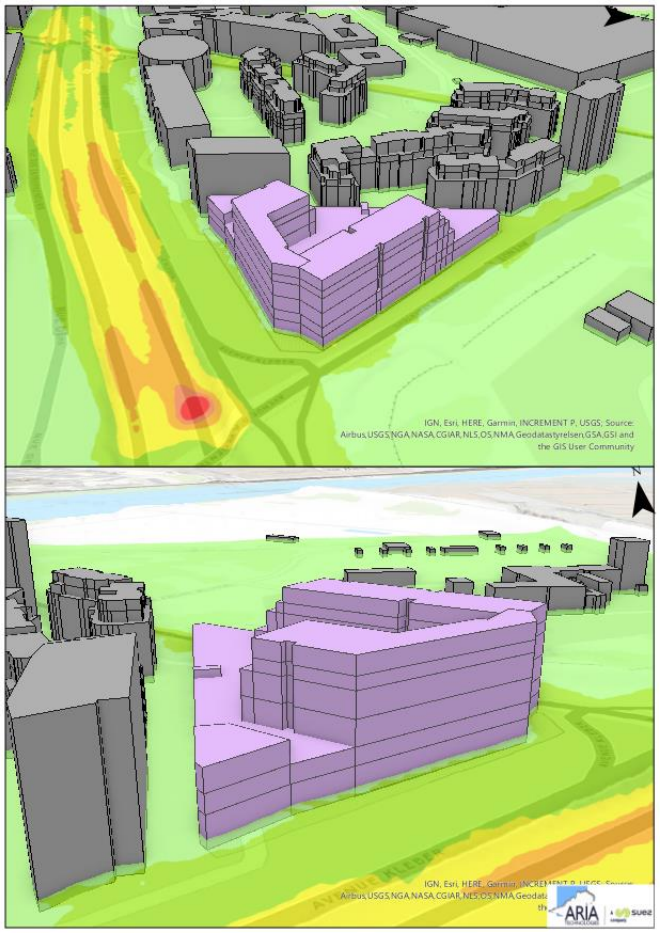
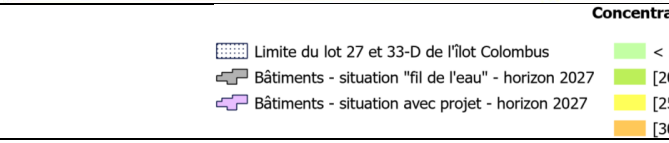
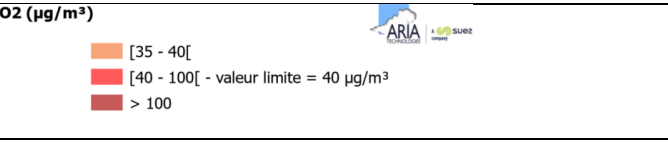
Scénario « Fil de l'eau » - 2027	*Scénario avec projet - 2027*	
		***A 2 mètres du sol***
		
Concentrations moyennes annuelles en NO2 (µg/m³) Limite du lot 27 et 33-D de l'îlot Colombus Bâtiments - situation "fil de l'eau" - horizon 2027 Bâtiments - situation avec projet - horizon 2027 < 20 [20 - 25[[25 - 30[[30 - 35[[35 - 40[[40 - 100[- valeur limite = 40 µg/m³ > 100		

Figure 47 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 6 mètres du sol

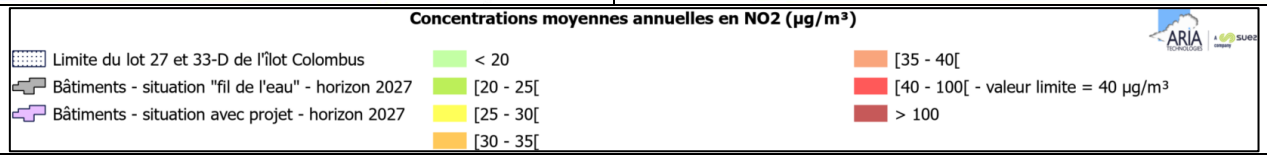
Scénario « Fil de l'eau »	*Scénario avec projet*	
		A 6 mètres du sol
		

Figure 48 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 10 mètres du sol

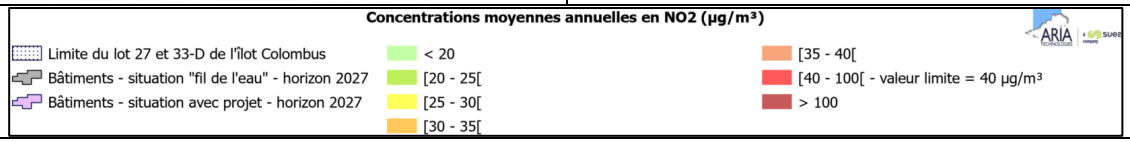
Scénario « Fil de l'eau »	*Scénario avec projet*	
		A 10 mètres du sol
		

Figure 49 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 à 14 mètres du sol

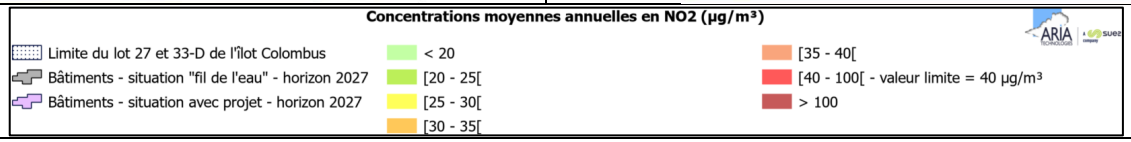
Scénario « Fil de l'eau »	*Scénario avec projets*	
		A 14 mètres du sol
		

Figure 50 : concentrations moyennes annuelles en NO2 à 18 mètres du sol

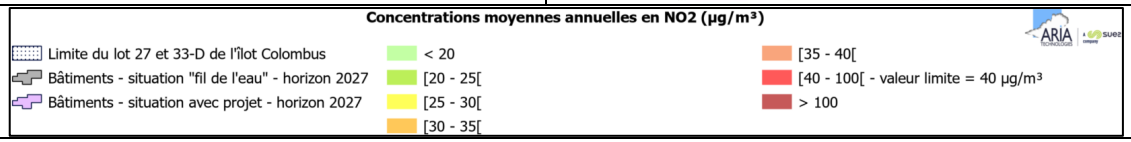
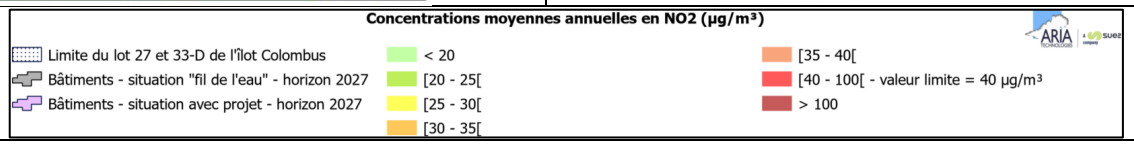
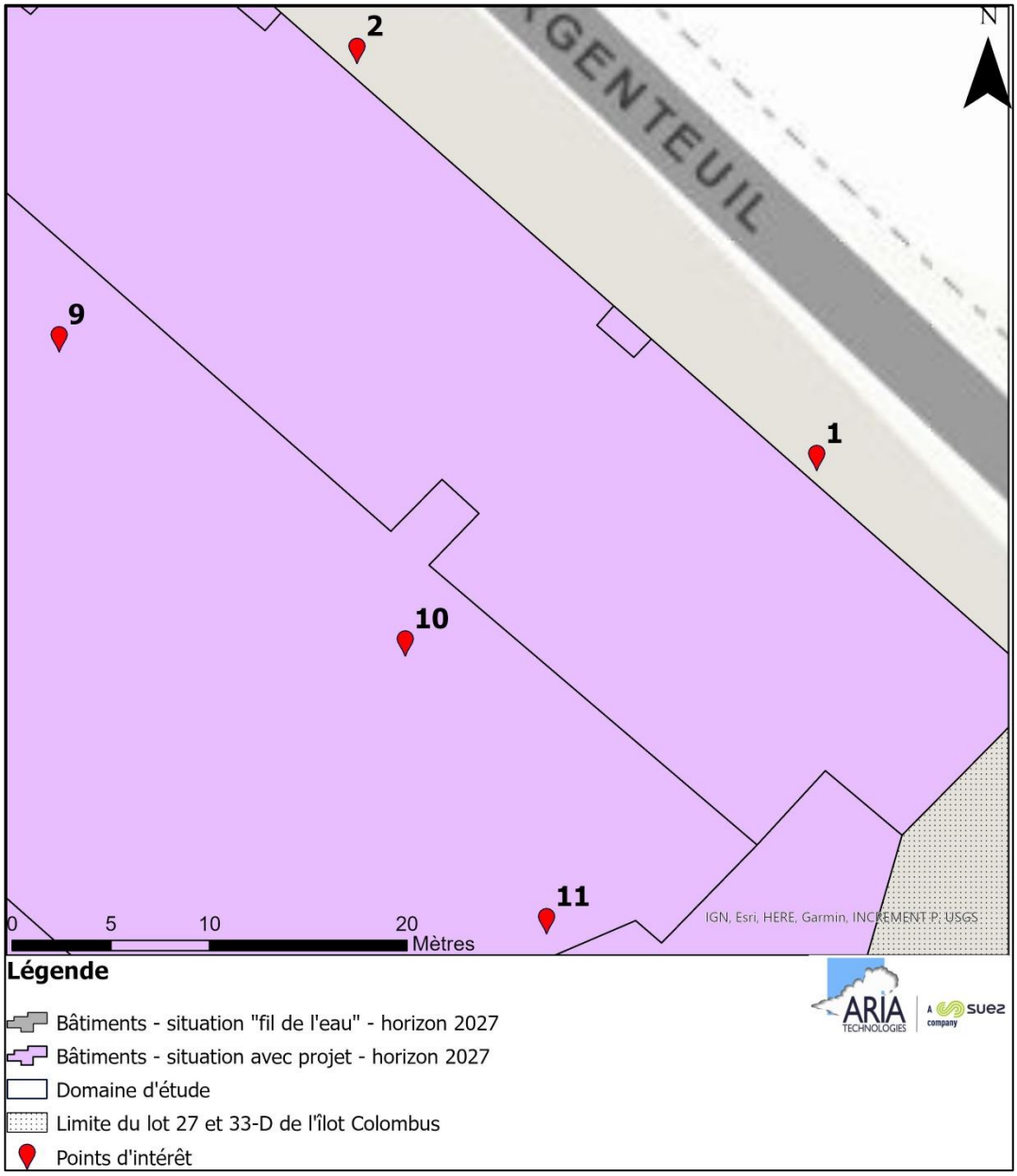
Scénario « Fil de l'eau »	*Scénario avec projets*	
		A 18 mètres du sol
		

Figure 51 : concentrations moyennes annuelles en NO2 à 26 mètres du sol

Scénario « Fil de l'eau »	*Scénario avec projets*	
		A 26 mètres du sol
		

Afin de connaître plus précisément les concentrations en façade des futurs bâtiments habités du projet le long de l'avenue d'Argenteuil et en cœur d'îlot correspondant aux façades du projet les plus vulnérables, les profils verticaux de concentrations moyennes annuelles en NO_2 au droit de ces façades ont été extraits au niveau de plusieurs points cibles (Figure 52, points 1 à 2 et 9 à 11).

Figure 52 : points cibles au droit des façades des futurs bâtiments du projet



Le Tableau 20 présente les concentrations moyennes annuelles en NO_2, au droit des points cibles situés en façade des futurs bâtiments du projet, en fonction de la hauteur par rapport au sol (m). La Figure 53 illustre sous forme de graphique cette variation des concentrations en fonction de l'altitude.

D'après le Tableau 20 et la Figure 53, les niveaux de concentrations modélisées en façades du projet le long de l'avenue d'Argenteuil (façades les plus exposées à la pollution de l'air, points 1 et 2) restent inférieurs ou égaux à 18 µg/m^3 à hauteur des futurs logements (environ 9 mètres), soit inférieurs à la future valeur limite européenne. Les concentrations diminuent avec l'altitude pour atteindre le niveau de fond à environ 40 mètres du sol.

Figure 53 : profil vertical des concentrations moyennes annuelles en NO_2 au droit des façades du projet

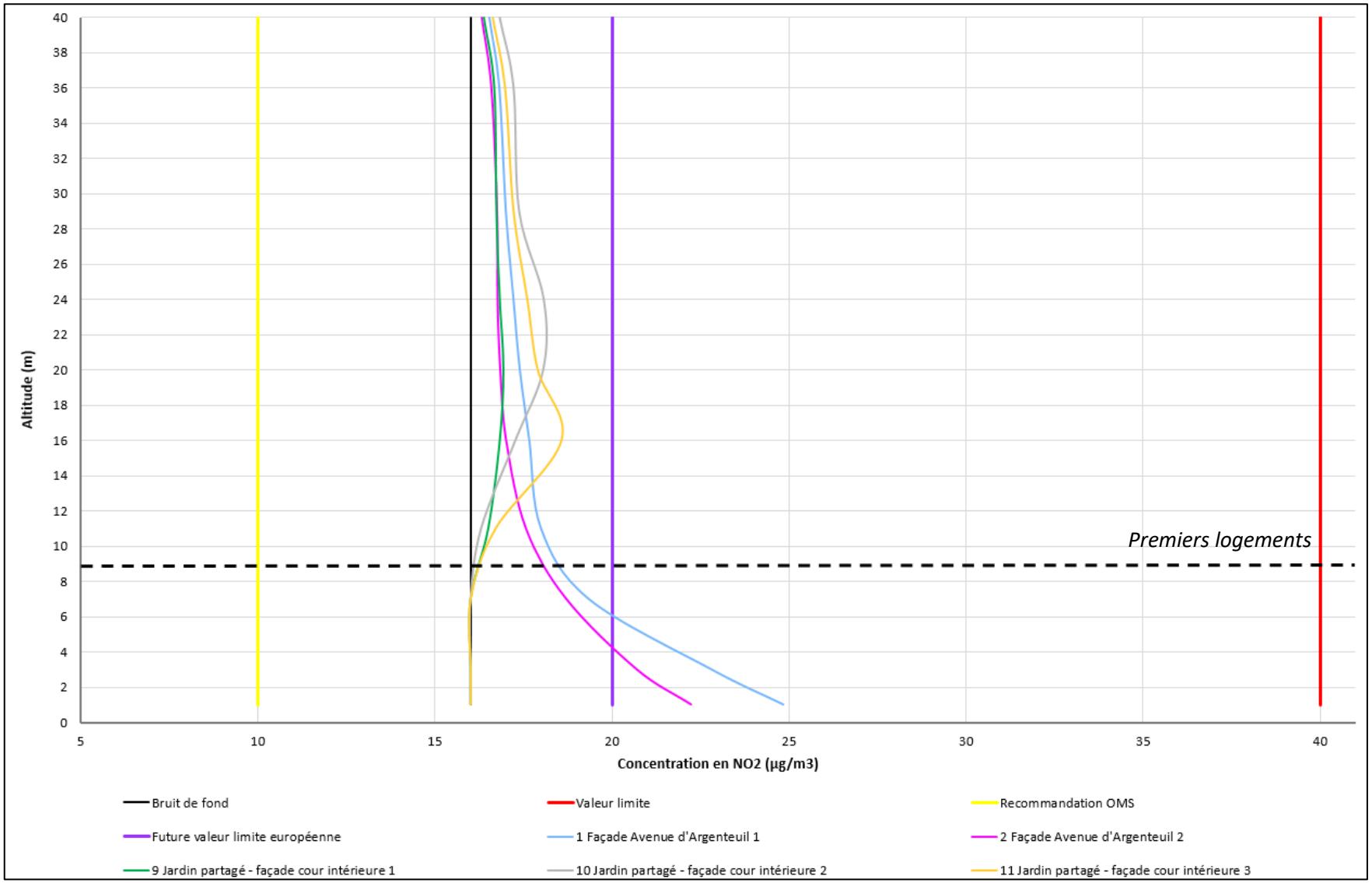


Tableau 20 : concentrations moyennes en NO_2 en façades des futurs bâtiments du projet (µg/m³)

Concentrations moyennes annuelles		NO_2									
Id	**Point cible**	**µg/m³**									
Z	**Hauteur sol (m)**	**1**	**3**	**7**	**11**	**16**	**20**	**24**	**29**	**36**	**40**
1	Commerces et logements - Avenue d'Argenteuil 1	24.8	22.8	19.3	18.0	17.7	17.4	17.2	17.0	16.8	16.5
2	Commerces et logements - Avenue d'Argenteuil 2	22.2	20.7	18.7	17.6	17.0	16.9	16.8	16.8	16.6	16.3
9	Jardin partagé - façade cour intérieure 1	-	-	-	16.5	16.8	16.9	16.8	16.7	16.7	16.4
10	Jardin partagé - façade cour intérieure 2	-	-	-	16.3	17.3	18.1	18.1	17.4	17.2	16.8
11	Jardin partagé - façade cour intérieure 3	-	-	-	16.7	18.6	17.9	17.6	17.2	17.0	16.6
Pollution de fond		*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*
Réglementation française : valeur limite		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Recommandation OMS		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Future valeur limite européenne (au 01/01/2030)		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

7. IMPACT DU PROJET SUR LES POPULATIONS

7.1 INDICE POLLUANT/POPULATION (IPP)

Afin d'évaluer l'impact sur la santé d'un projet d'infrastructure routière, la méthode préconisée par le guide méthodologique du Cerema de février 2019 consiste à croiser les concentrations calculées par modélisation et les données de population. Le produit "Population × Concentration" fournit ainsi un indicateur sanitaire, appelé également « Indice Pollution / Population : IPP », qui permet de comparer des scénarios entre eux. Il est calculé pour le dioxyde d'azote, conformément à la note technique du 22 février 2019, en prenant en compte toutes les sources d'émissions (trafic routier et pollution de fond).

7.1.1 Méthodologie

L'IPP est calculé de la manière suivante : à partir des résultats de la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants (cf. paragraphe 6.3), la concentration moyenne est calculée par immeuble (correspondant à la concentration moyenne au sol en façade de l'immeuble) et est multipliée par la population estimée dans cet immeuble.

La localisation des bâtiments habitées est issue de la BD-Topo® de l'IGN contenant les informations sur le nombre de logements par bâtiment. La population pour ces bâtiments est estimée à partir d'un ratio nombre d'habitants par logement (2,4 personnes / logement[35]). On considère que la population par immeuble reste stable jusqu'en 2027 au niveau des zones habitées existantes.

En situation avec projet, à l'horizon 2027, la BD-Topo® de l'IGN a été complété à partir des données de bâtiment fournies par Pichet.

Le projet porte sur la construction d'un ensemble immobilier mixte constitué par de deux cellules commerciales en rez-de-chaussée, des parkings en superstructures sur 1 niveau, et 2 résidences étudiantes de 329 chambres au total (1 résidence de 216 chambres et 1 résidence de 113 chambres)[36].

Il est retenu comme hypothèse que les futures résidences étudiantes hébergeraient 1 habitant par logement, le projet de lot 27 apporte ainsi un total de 329 habitants.

[35] Nombre moyen d'occupants par résidence principale pour la commune de Colombes en 2019. Source : https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/taille-moyenne-des-menages.

[36] ILOT COLOMBUS – LOT 27 – A COLOMBES – ETUDE DE TRAFIC – Juin 2024 – partie 4.1 relative au projet - Emtis

Figure 54 : répartition de la population par bâtiment habité pour la situation « fil de l'eau » - horizon 2027

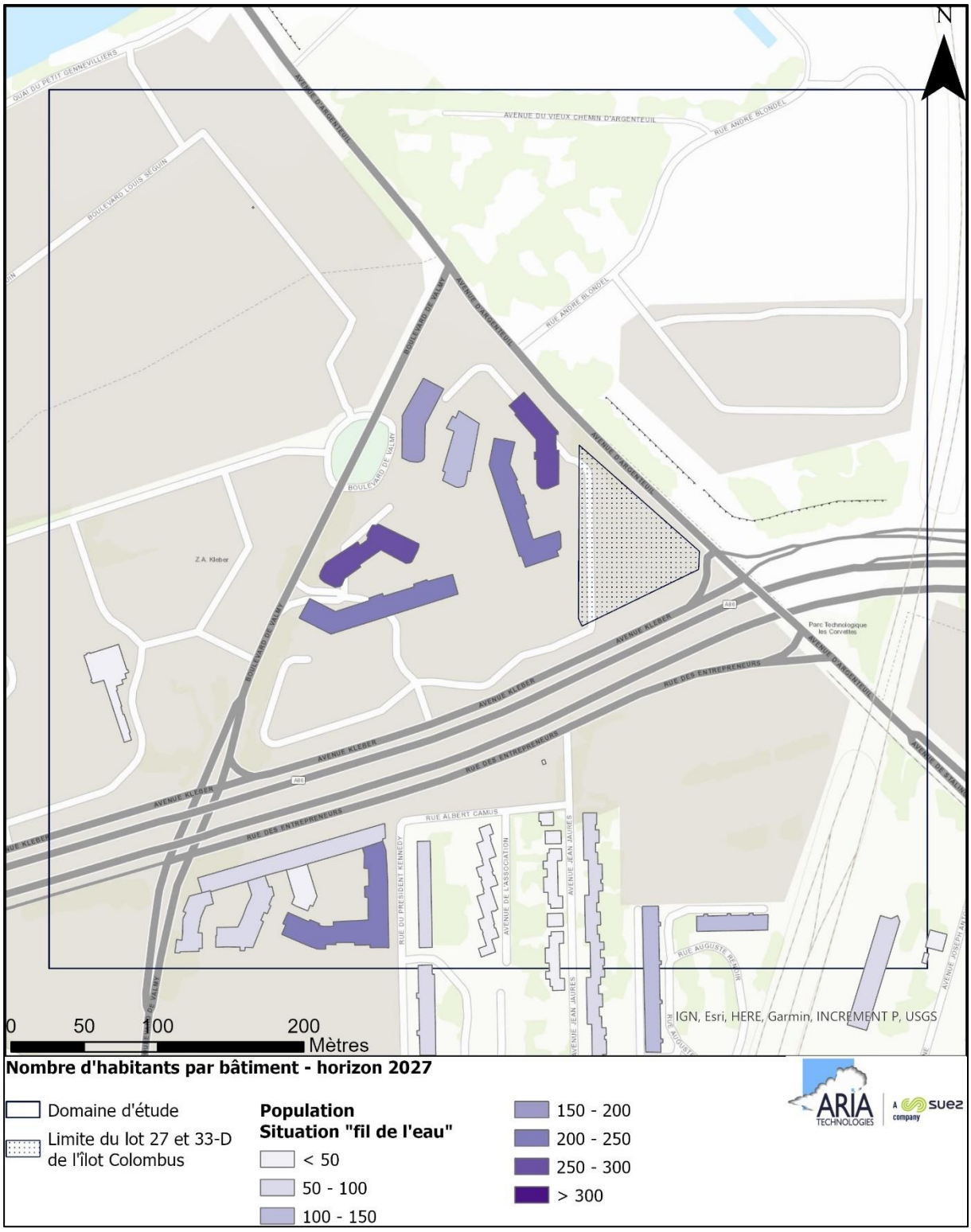
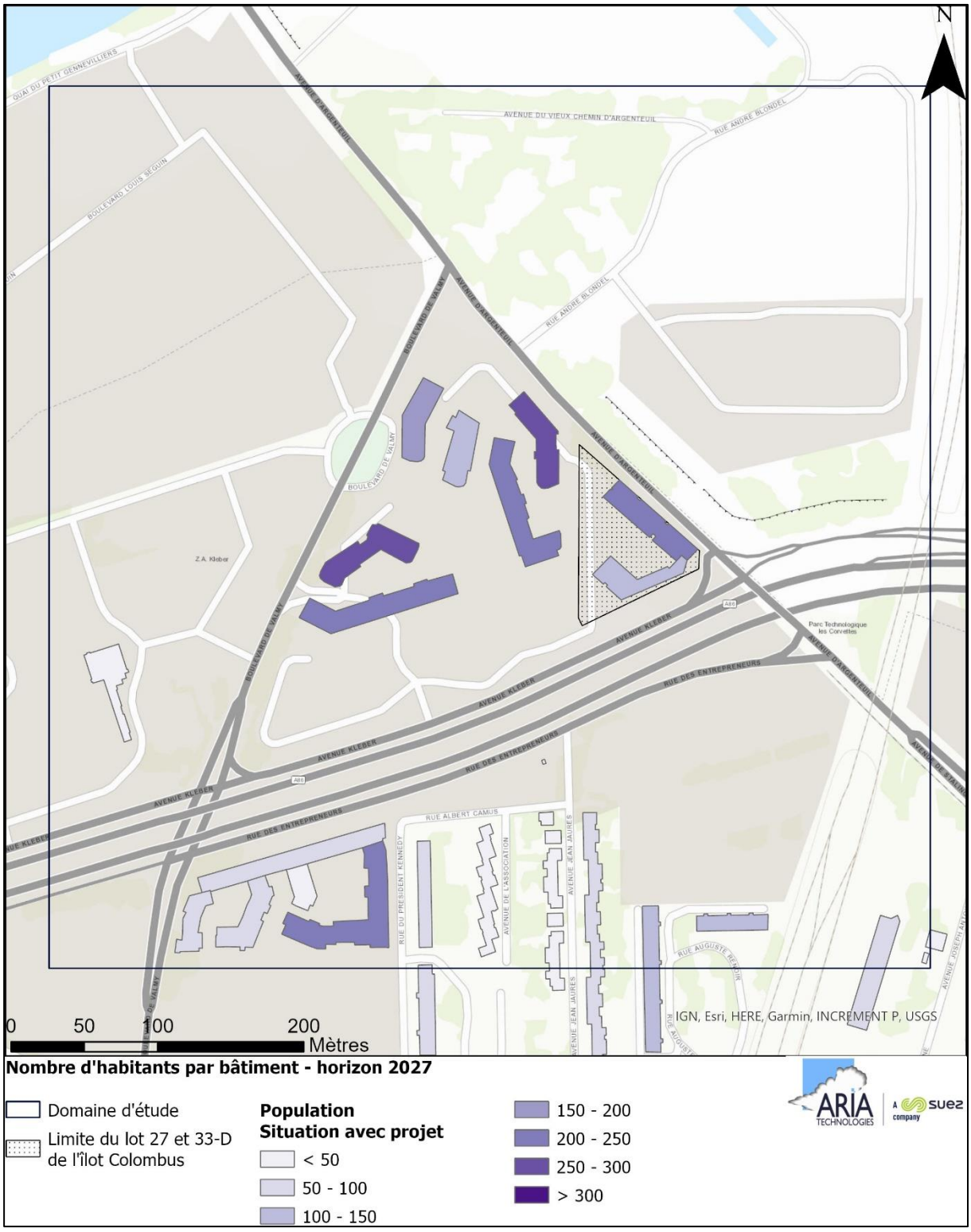


Figure 55 : répartition de la population par bâtiment habité pour la situation avec projet - horizon 2027



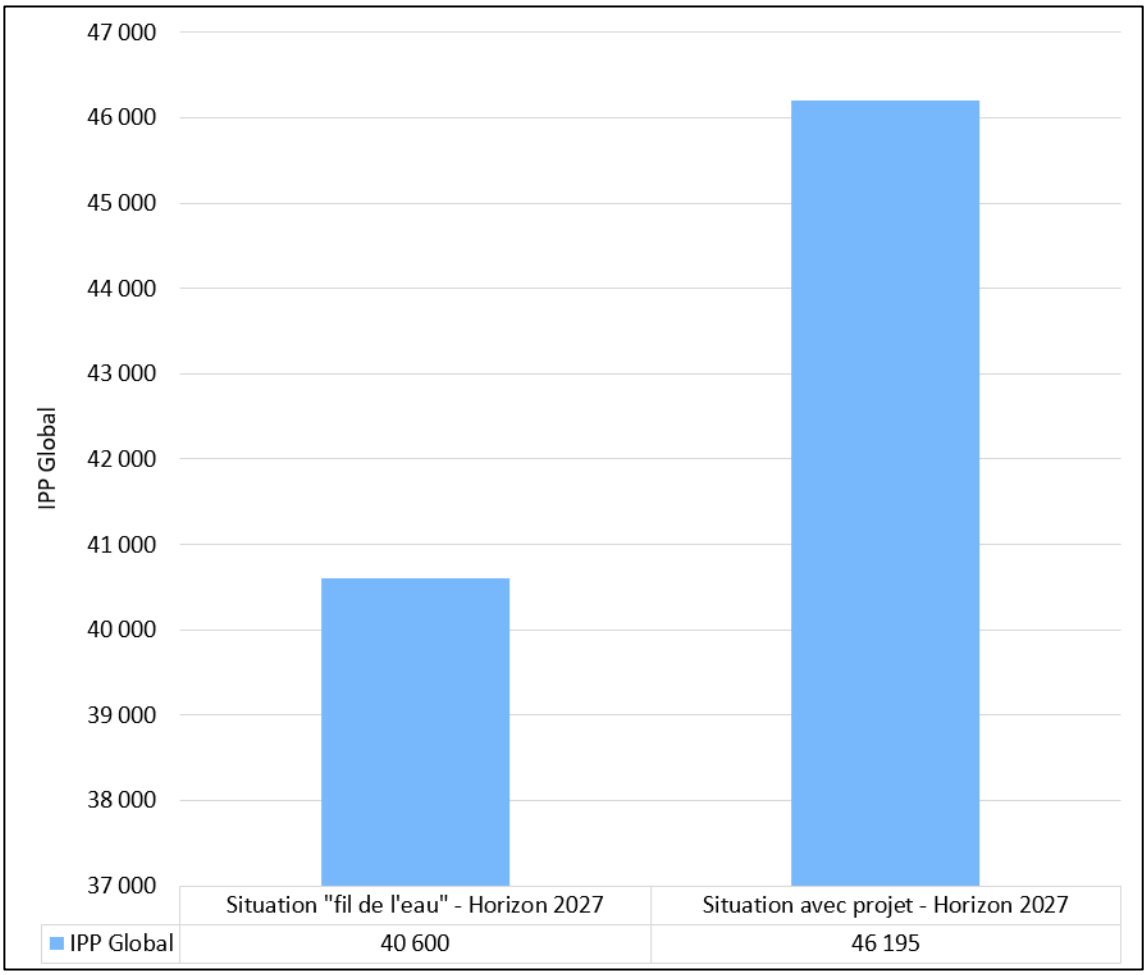
7.1.2 Résultats

7.1.2.1 Synthèse

Le calcul de l'IPP est réalisé en prenant en compte la pollution de fond. Les produits « concentration × population » les plus forts correspondent plus particulièrement aux zones où la densité de population est la plus élevée et où les concentrations moyennes calculées sont les plus importantes.

La Figure 56 présente l'IPP global qui correspond à la somme des IPP sur l'ensemble du domaine d'étude.

Figure 56 : IPP global pour le NO_2



Entre la situation « fil de l'eau » et la situation avec projet à l'horizon 2027, l'IPP global augmente d'environ 14% en raison de l'augmentation de la population apporté par le projet.

7.1.2.2 Histogramme de distribution

Conformément à la note technique du 22 février 2019, à partir des résultats de concentrations issues du modèle de dispersion et des populations par maille obtenus pour chaque scénario, un **histogramme de distribution** par classes de valeurs de concentrations est réalisé en sommant, pour chaque plage entre deux valeurs de concentrations (les bornes de la plage), l'ensemble des populations associées à cette plage. Les plages de concentration représentées sur les histogrammes tiennent compte de la pollution de fond.

La Figure 57 présente l'histogramme de distribution concentrations/population et le Tableau 21 présente le pourcentage de la population exposée à chaque tranche de concentrations.

Figure 57 : histogramme de distribution concentration/population

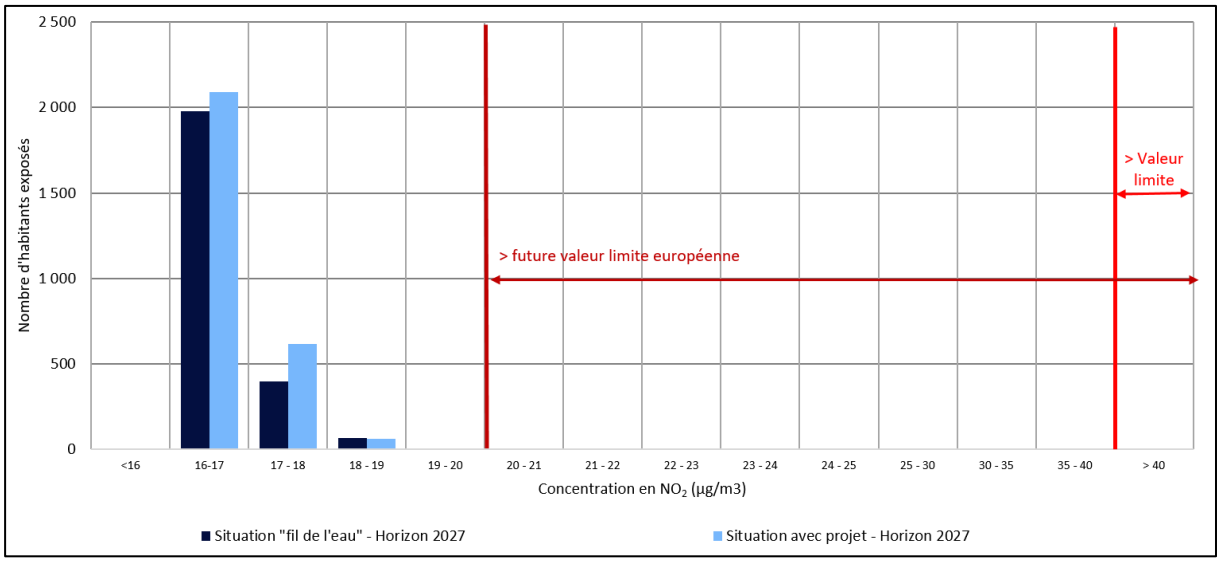


Tableau 21 : pourcentage de la population exposée à chaque tranche de concentrations

% de la population exposée			
	Classe	**Situation "fil de l'eau" - Horizon 2027**	**Situation avec projet - Horizon 2027**
Concentration moyenne en NO_2 (µg/m³)	<16	0%	0%
	16-17	81%	76%
	17 - 18	16%	22%
	18 - 19	3%	2%
	19 - 20	0%	0%
	20 - 21	0%	0%
	21 - 22	0%	0%
	22 - 23	0%	0%
	23 - 24	0%	0%
	24 - 25	0%	0%
	25 - 30	0%	0%
	30 - 35	0%	0%
	35 - 40	0%	0%
	> 40	0%	0%

La totalité des habitants est exposée à des concentrations en NO_2 (moyenne en façade des bâtiments habités) inférieures à la valeur limite actuelle (40 µg/m³) et à la future valeur limite européenne (20 µg/m³), aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que pour la situation avec projet.

Les Figure 58 et Figure 59 présentent les cartographies des IPP pour chacun des scénarios étudiés.

En conclusion, à l'horizon 2027, l'impact du projet est faible en comparaison à la situation « fil de l'eau ».

Figure 58 : carte des IPP – situation « fil de l'eau » - horizon 2027

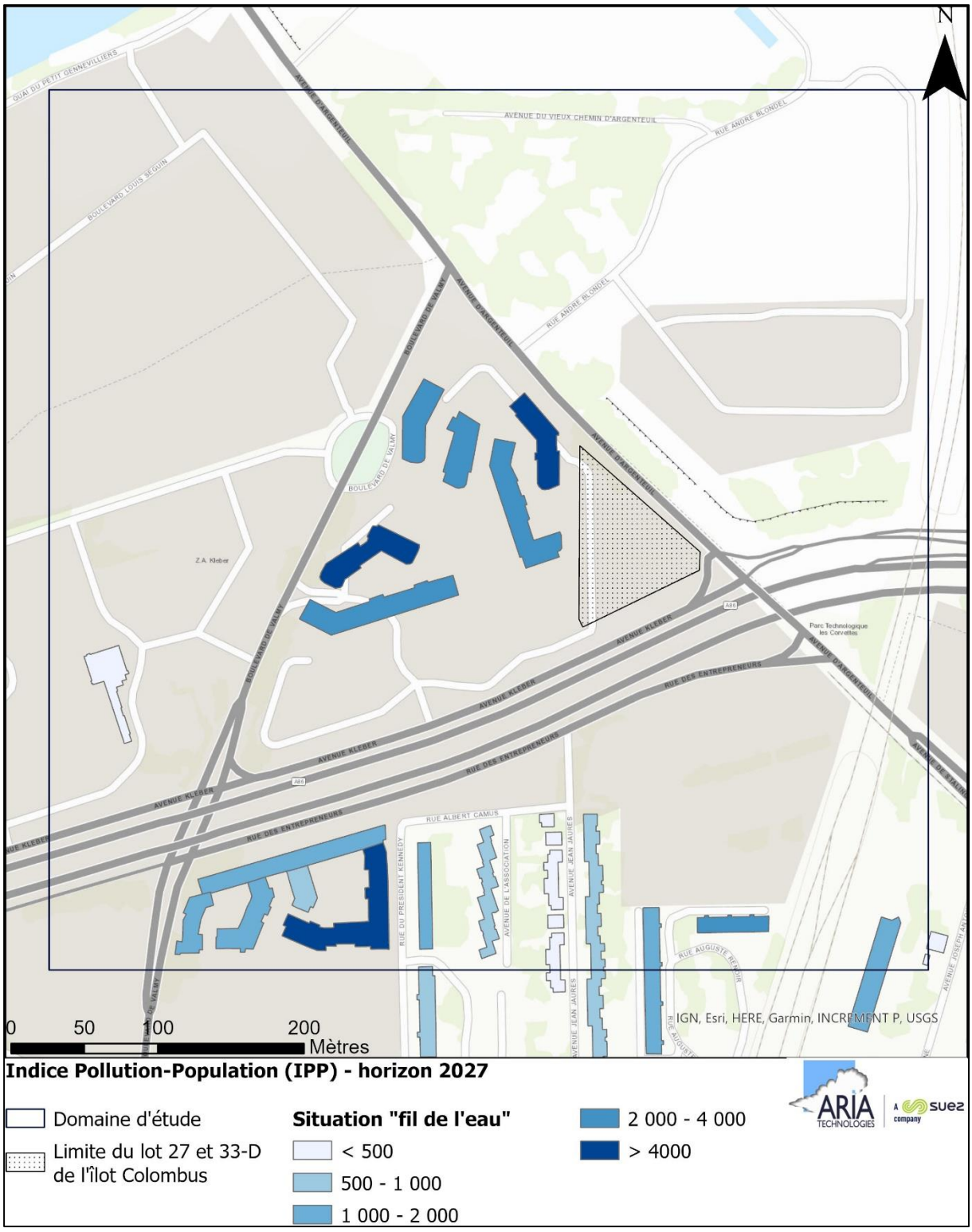
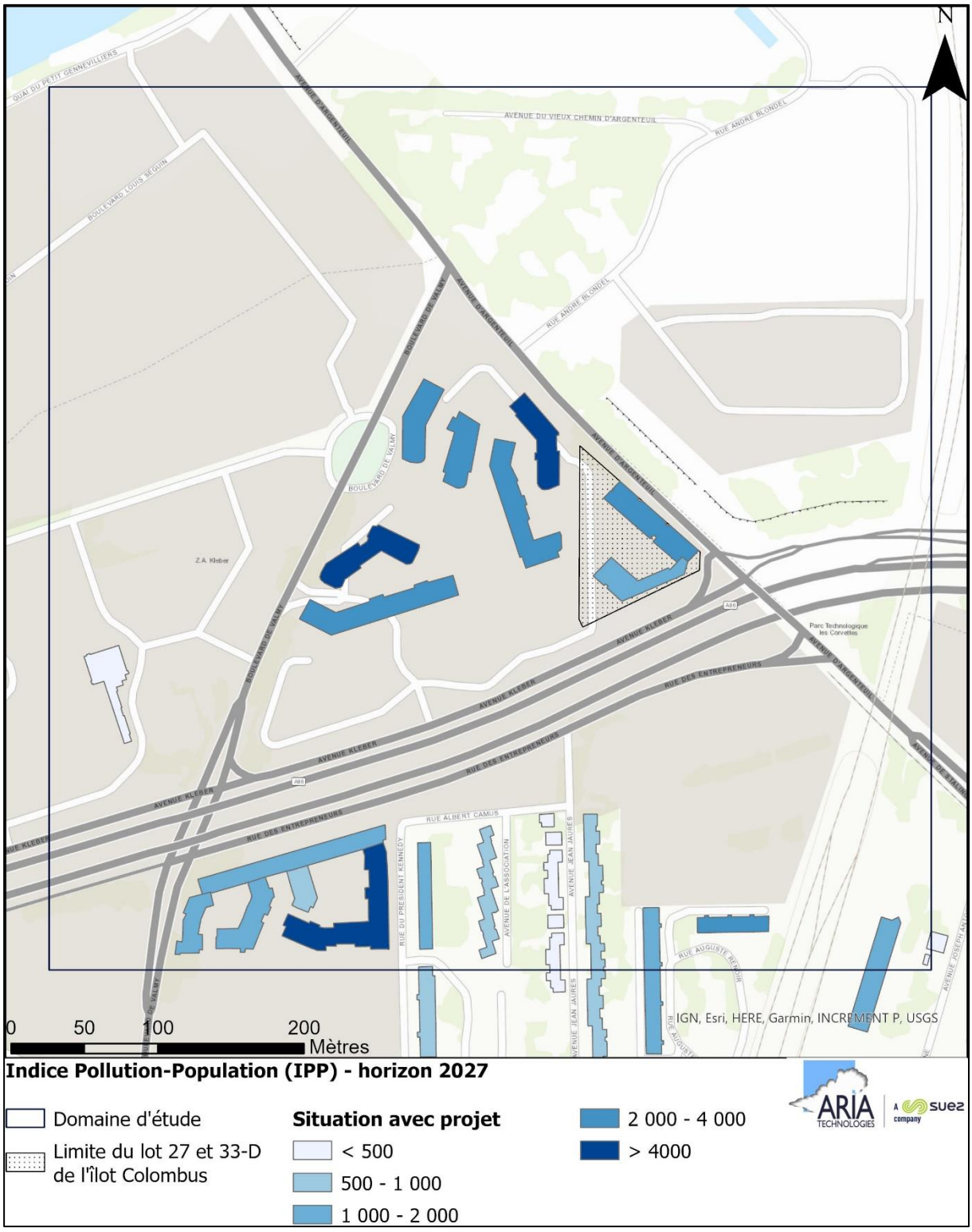


Figure 59 : carte des IPP – situation avec projet – horizon 2027



7.2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour les deux scénarios étudiés.

7.2.1 Démarche

L'évaluation est menée conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et remis à jour en septembre 2021.

Elle se déroule en quatre étapes successives :

1. **Identification des dangers :** sélection des substances pouvant a priori avoir un impact sur la santé des populations, en fonction de critères bien précis ;
2. **Définition des relations dose-réponse :** détermination du profil toxicologique de la substance et sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ;
3. **Evaluation de l'exposition humaine :** calcul des concentrations de substances inhalées et ingérées ;
4. **Caractérisation des risques :** calcul du risque auquel la population est susceptible d'être soumise.

7.2.2 Choix des traceurs de risque et identification des dangers

7.2.2.1 Choix des traceurs de risque

Les substances prises en compte dans l'ERS sont celles retenues dans le guide du Cerema pour les infrastructures routières pour les études Air et Santé de niveau I.

Exposition chronique	**Voie respiratoire**	Particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) Dioxyde d'azote Benzène 1,3-butadiène Chrome VI Nickel Arsenic 16 HAP* dont le benzo(a)pyrène
	Voie orale	16 HAP* dont le benzo(a)pyrène

** Liste des HAP prioritaires définie par l'US EPA : acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène*

7.2.2.2 Identification des dangers

L'étape d'identification des dangers présente la toxicité des composés émis par le trafic routier. Il est rapporté les effets sur la santé et en particulier le risque cancérigène et les différentes voies d'exposition.

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. **Dans le cadre de la présente évaluation de risques sanitaires, seule l'exposition chronique sera étudiée.**

A partir de données trouvées dans la littérature, le Tableau 23 présente, pour l'ensemble des composés inventoriés, les voies d'exposition principales, les dangers possibles, ainsi que la classification du caractère cancérigène pour l'OMS/CIRC et l'EPA. Le Tableau 22 rappelle la définition des différentes classifications.

Tableau 22 : classifications CIRC et US-EPA pour les effets cancérigènes

CIRC - OMS	US EPA
1 : cancérogènes pour l'homme	A : cancérogènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)
2A : cancérogènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	B1 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves limitées chez l'homme)
	B2 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal)
2B : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme, suffisantes ou limitées chez l'animal)	C : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme et limitées chez l'animal)
3 : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme	D : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal)
4 : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal	E : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal

Tableau 23 : identification des dangers par substances

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité	
				CIRC	EPA
Dioxyde d'azote (NO_2)	10102-44-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-
Poussières	nd	Système respiratoire	Inhalation	-	-
Composés organiques Volatils					
Benzène	71-43-2	Système sanguin et immunitaire	Inhalation	1	A
1,3 butadiène	106-99-0	Reproduction	Inhalation	1	A
Métaux lourds					
Nickel	7440-02-0	Système respiratoire, développement	Inhalation /Ingestion	2B	-
Arsenic	7440-38-2	Développement, Système nerveux, Poumons, peau	Inhalation /Ingestion	1	A
Chrome VI	7440-47-3	Système respiratoire, estomac	Inhalation /Ingestion	1	A (inh.) D (ing.)
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)					
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Développement	Inhalation /Ingestion	1	A
Acénaphtène	83-32-9	Système digestive	Ingestion	3	-
Acénaphtylène	208-96-8	-	-	-	-
Anthracène	120-12-7	-	Ingestion	3	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	Ingestion	2B	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Développement	Inhalation /Ingestion	1	A

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité	
				CIRC	EPA
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	Ingestion	2B	-
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	Ingestion	3	-
Benzo(j) fluoranthène	205-82-3	-	-	1B	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	Ingestion	2B	-
Chrysène	218-01-9	-	Ingestion	2B	-
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	Ingestion	2A	-
Fluoranthène	206-44-0	Système sanguin	Ingestion	3	-
Fluorène	86-73-7	Système sanguin	Ingestion	3	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	Ingestion	2B	-
Naphtalène	91-20-3	Développement	Ingestion	2B	-
Phénanthrène	85-01-8	Développement	Ingestion	3	-
Pyrène	129-00-0	Rein	Ingestion	3	-

Le Tableau 24 présente les substances retenues et leur impact sur la santé et l'environnement.

Tableau 24 : substances retenues et impact sur la santé

Substances	Sources (parts des émissions en France, année 2021*)	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
NOx	Transports – 49 % Agriculture – 23 % Industrie (énergie et manufacturière) – 17 % Secteur résidentiel et tertiaire – 11 %	À court terme : irritations des bronches et aggravations de maladies respiratoires (asthme) À long terme : développement de maladies respiratoires ou cardiovasculaires, faible poids du nourrisson et risque accru de décès.	Les NOx participent au phénomène des pluies acides appauvrissant les milieux naturels et contribuent à la formation de l'ozone troposphérique.
PM10 et PM2.5 (particules inférieures à 10 µm et 2,5 µm)	Secteur résidentiel et tertiaire – 52 % des PM10, 73 % des PM2.5 Industrie (énergie et manufacturière) – 21 % des PM10, 12 % des PM2.5 Agriculture – 18 % des PM10, 6 % des PM2.5 Transports – 9 % des PM10, 9 % des PM2.5	Les PM10 et PM2.5 entrainent une altération de la santé respiratoire. Les PM2.5 engendrent en plus une altération de la santé cardiovasculaire. Ces particules peuvent entrainer des cancers pulmonaires et une atteinte au développement neurologique de l'enfant.	Les PM10 et PM2.5 engendrent des dégradations et salissures sur les monuments/bâtiments. Ils absorbent et diffusent la lumière limitant ainsi la visibilité.
COVNM (dont le benzène et le 1,3 butadiène)	Secteur résidentiel et tertiaire – 37 % Agriculture – 35 % Industrie (énergie et manufacturière) – 23 % Transports – 5 %	Les effets sont divers selon les polluants et l'exposition. Ils vont de la simple gêne olfactive et une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire et des troubles cardiaques, digestifs, rénaux et nerveux. Le benzène et le 1,3 butadiène sont classés cancérigène pour l'homme par le CIRC.	Les COVNM participent au phénomène des pluies acides appauvrissant les milieux naturels et contribuent à la formation de l'ozone troposphérique.
Arsenic	Industrie (énergie et manufacturière) – 39 % Secteur résidentiel et tertiaire – 32 % Transports – 27 % Agriculture – 2 %	L'arsenic provoque une irritation de l'estomac, des intestins et des poumons, une diminution de la production des globules blancs et rouges et des problèmes de peau. Il est classé cancérigène pour l'homme par le CIRC.	L'arsenic s'accumule dans la faune et la flore et entraine une mauvaise croissance des espèces et leur incapacité à se reproduire.
Nickel	Industrie (énergie et manufacturière) – 64 % Transports – 21 % Secteur résidentiel et tertiaire – 11 % Agriculture – 3 % Déchets – 1 %	Le nickel provoque des nausées, vomissements et vertiges. Il peut entrainer des embolies pulmonaires, de l'asthme et des problèmes cardiaques. Il est classé cancérigène possible pour l'homme par le CIRC.	Le nickel peut endommager les plantes et diminuer le taux de croissance des algues. Il peut également provoquer des cancers chez les animaux.
Chrome VI	Transports – 36 % Industrie (énergie et manufacturière) – 34 % Secteur résidentiel et tertiaire – 29 % Agriculture – 1 %	Le chrome VI peut provoquer des éruptions cutanées, des irritations nasales, des problèmes respiratoires, des ulcères et une altération du matériel génétique. Il est classé cancérigène pour l'homme par le CIRC.	Chez les animaux, le chrome VI peut provoquer des problèmes respiratoires, une capacité plus faible à lutter contre les maladies, des défauts de naissance, une infertilité ou la formation de tumeurs.
HAP (dont le benzo(a)pyrène)	Secteur résidentiel et tertiaire – 86 % Transports – 6 % Industrie (énergie et manufacturière) – 5 % Agriculture – 3 %	Selon leur nature, les HAP peuvent avoir différents effets, allant de nuisances olfactives et d'irritations à des problèmes respiratoires. Le benzo(a)pyrène est classé cancérigène pour l'homme par le CIRC.	Les HAP s'accumulent dans la faune et la flore par dépôts sur les végétaux et contamination des eaux de surface, provoquant des dysfonctionnements cellulaires.

** Citepa, 2023. Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2022. Rapport Secten éd. 2023.*

7.2.3 Voie d'exposition retenue

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une source d'émission dans l'atmosphère peut se produire :

- soit directement par inhalation pour toutes les substances émises à l'atmosphère ;
- soit de façon indirecte par ingestion par le biais de retombées de particules responsables de la contamination de la chaîne alimentaire ;
- soit par contact cutané.

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Elle peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion. De plus, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence (VTR) pour cette voie d'exposition[37].

Compte tenu du milieu urbain du projet, l'exposition par ingestion est négligeable. Elle ne sera donc pas retenue.

En conclusion, seule la voie d'exposition par inhalation est retenue.

7.2.4 Etude des relations dose-réponse et choix des VTRs

7.2.4.1 Définitions

La définition des relations dose-réponse consiste à recueillir dans la littérature l'ensemble des valeurs établissant une relation entre une dose d'exposition et les effets (ou probabilités d'effets) observés.

Ces relations dose-réponse regroupées sous le terme de **valeur toxicologique de référence (VTR)** permettent de caractériser deux mécanismes d'action des toxiques :

- **les toxiques à effets à seuil** pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque et dont la gravité des effets est proportionnelle à la dose.
- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m^3 (durant toute sa vie[38] et 24h/24) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Un ERU à 10^{-5} signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à 1 µg/m^3 aurait une probabilité supplémentaire par rapport au risque de base de 0,00001 de contracter un cancer ou bien, en d'autres termes, que si 100 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Il n'existe pas de valeur seuil sans risque pour les composés à effets sans seuil.

[37] La note d'information de la DGS du 31 octobre 2014 précise en effet qu'« en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, ils [les pétitionnaires] ne doivent envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

[38] conventionnellement prise égale à 70 ans

7.2.4.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

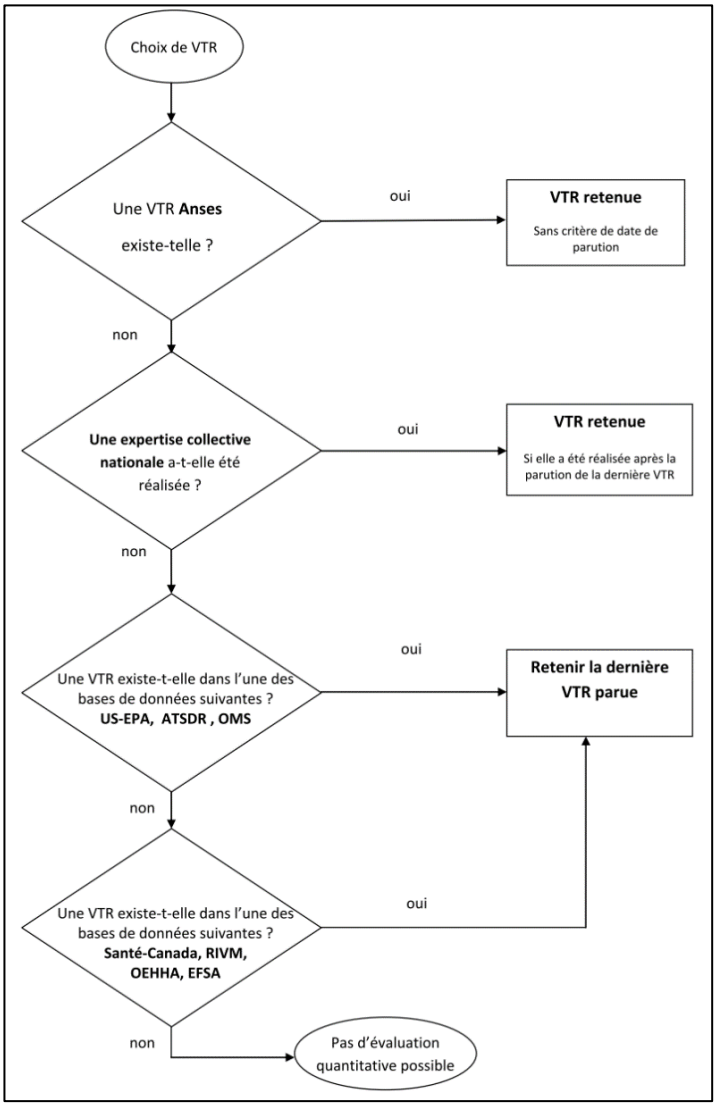
Pour chaque substance sélectionnée précédemment, des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ont été recherchées auprès des différentes instances internationales suivantes :

- Agence Nationale de SEcurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)
- Environmental Protection Agency (US-EPA)
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS/IPCS)
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR)
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA)
- Santé Canada (Health Canada)
- National Institute of Public Health and the Environment (RIVM)
- European Food Safety Authority (EFSA)

Dans l'objectif de simplifier les modalités de **sélection des VTR** et par la même la vérification des dossiers par les services de l'Etat, la **Direction Générale de la Santé** a demandé, par une note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), de sélectionner la VTR en suivant le logigramme de la Figure 60 lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition.

- Nous appliquerons ces modalités dans le choix des VTR dans le présent rapport.

Figure 60 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)



7.2.4.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

A partir des VTR disponibles pour la voie respiratoire dans la littérature consultée, les Tableau 27 et Tableau 28 résument les VTR retenues pour cette étude.

NO_2, poussières (PM_{10}) : la littérature ne fournit pas de VTR pour ces substances, il n'existe que des valeurs guides de l'OMS. Comme le rappelle la note d'information de la DGS (octobre 2014), l'évaluateur doit s'abstenir d'utiliser des valeurs guides de qualité des milieux. Ces substances ne sont donc pas retenues comme traceur de risque. Seules les concentrations dans l'air sont comparées aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé. Le Tableau 26 présente les valeurs guides retenues pour les poussières et le NO_2 en l'absence de VTR.

$PM_{2.5}$: il existe une valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé et une VTR a également été publiée par l'ANSES en janvier 2023.

Chrome : pour l'exposition par inhalation, le chrome a été assimilé à du chrome VI, sa forme la plus toxique. Il s'agit d'une hypothèse très majorante.

HAP :

- **pour le risque sans seuil lié aux HAP (risque cancérigène)**, il existe une VTR par inhalation uniquement pour le B(a)P. C'est en effet sur le BaP que portent les données toxicologiques les plus importantes. Pour les HAP classés cancérigènes par le CIRC ou l'US-EPA, à l'exclusion du naphtalène, l'INERIS[39] conseille d'utiliser l'approche substance par substance. Cette approche consiste à appliquer les FET (facteurs d'équivalences toxiques qui expriment la toxicité de chaque HAP par rapport à celle du BaP) sur les doses d'exposition calculées par inhalation pour chaque HAP, puis d'utiliser l'Excès de Risque Unitaire (ERU) par inhalation disponible pour le benzo(a)pyrène pour l'évaluation du risque sanitaire.
  Les FET retenus dans ce rapport sont ceux proposés par l'INERIS (Tableau 25).

Tableau 25 : Facteur d'équivalent toxique pour les HAPs

HAP	FET INERIS
Acénaphtène	0,001
Acénaphtylène	0,001
Anthracène	0,01
Benz[a]anthracène	0,1
Benzo[a]pyrène	1
Benzo[b]fluoranthène	0,1
Benzo[g,h,i]perylène	0,01
Benzo[k]fluoranthène	0,1
Benzo[j]fluoranthène	0
Chrysène	0,01
Dibenz[a,h]anthracène	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	0,1
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

- **pour le risque à seuil lié aux HAP,** seul le B(a)P possède une VTR.

39 INERIS. Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence – Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP). Version 1 du 17/01/2020.

Tableau 26 : valeurs guides pour les risques chroniques

Composé	Valeurs guides	Source et Date	Organe cible / Effets critiques	Type d'étude
Exposition par inhalation				
NO_2	10 µg/m^3	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
PM_{10}	15 µg/m^3	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
$PM_{2.5}$	5 µg/m^3	OMS 2021	Système respiratoire	Homme

Tableau 27 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil

Substance	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR		Référence	Justification du choix
Exposition par inhalation						
Benzène	Système immunitaire	-	10	µg/m^3	ANSES 2008	VTR ANSES prioritaire
1,3 butadiène	Développement	Atrophie ovarienne	2	µg/m^3	ANSES 2021	VTR ANSES prioritaire
Arsenic	Système nerveux	Diminution des fonctions intellectuelles	0.015	µg/m^3	OEHHA 2008	Expertise INERIS (2010)
Nickel	Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	0.23	µg/m^3	TCEQ 2011	Expertise ANSES (2015)
Chrome VI	Système respiratoire	Modification de la lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire	0.03	µg/m^3	OMS/CICAD 2013	Expertise INERIS (2017)
Benzo(a)pyrène	Développement	Augmentation de la mortalité embryonnaire fœtale	2.10^{-3}	µg/m^3	US-EPA 2017	Expertise INERIS (2018)

Tableau 28 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil

Substance	Effet observé	ERU		Référence	Justification du choix
Exposition par inhalation					
Benzène	Augmentation de l'incidence des leucémies	$2,6.10^{-5}$	$(µg/m^3)^{-1}$	ANSES 2014	VTR ANSES prioritaire
1,3 butadiène	Leucémie lymphoïde (mortalité)	$2,43.10^{-7}$	$(µg/m^3)^{-1}$	ANSES 2022	VTR ANSES prioritaire
Arsenic	-	$1,5.10^{-4}$	$(µg/m^3)^{-1}$	TCEQ 2012	Expertise ANSES (2015)
Nickel	-	$1,7.10^{-4}$	$(µg/m^3)^{-1}$	TCEQ 2011	Expertise ANSES (2015)
Chrome VI	Augmentation du risque de cancer pulmonaire	0,04	$(µg/m^3)^{-1}$	OMS-IPCS 2013	Expertise ANSES (2015)
Benzo(a)pyrène	Apparition de tumeurs respiratoires	6.10^{-4}	$(µg/m^3)^{-1}$	US-EPA 2017	Expertise INERIS (2018)
$PM_{2.5}$ *	-	$1,28.10^{-2}$	$(µg/m^3)^{-1}$	ANSES 2023	VTR ANSES prioritaire

** les $PM_{2.5}$ feront l'objet d'un paragraphe particulier (cf. paragraphe 7.2.6.4)*

7.2.5 Evaluation de l'exposition humaine

L'étude de dispersion (cf. chapitre 6) a permis d'estimer les concentrations dans l'air pour les deux situations étudiées. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations.

7.2.5.1 Scénarios d'exposition retenus

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée pour quatre scénarios d'exposition, présentés dans le Tableau 29. Conformément au guide INERIS[40], les scénarios ont été adaptés aux populations potentiellement exposées dans le contexte d'étude.

Tableau 29 : récapitulatif des scénarios d'exposition retenus

Scénario d'exposition	Durée d'exposition		Concentration pour l'exposition par inhalation [1]
Scénario « Résident du projet » majorant	100% du temps (7J/7, 365 jours/an) pendant 9 ans → approche majorante		Concentration moyenne au niveau du point le plus exposé au niveau du projet (futur résident du projet), Logements R+2 en façade avenue d'Argenteuil (point d'intérêt n°1')
Scénario « travailleur du projet » majorant	Lieu de travail	20% du temps 8 h/jour 218 j/an pendant 40 ans	Concentration moyenne au niveau des commerces en RDC du projet, commerces Avenue d'Argenteuil (point d'intérêt n°1)
	Domicile	le reste du temps pendant 40 ans	Concentration moyenne au niveau du logement le plus exposé. Bâtiment B - lot 28 du projet Colombus (point d'intérêt n°19)

[1] les concentrations retenues pour l'évaluation des risques proviennent des Tableau 17, Tableau 18 et Tableau 19.

A noter qu'en l'absence de données sur les concentrations à l'intérieur des logements, la population est supposée être exposée à la concentration atmosphérique calculée par modélisation aussi bien en extérieur qu'en intérieur.

[40] « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, deuxième édition de septembre 2021.

7.2.5.2 Doses d'exposition

Pour une exposition par inhalation, la dose d'exposition par inhalation correspond à la concentration moyenne inhalée (CI) et est calculée de la manière suivante :

$$CI = \frac{\sum Ci \times ti}{T}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée (µg/m^3)
Ci : concentration de polluant dans l'air au lieu i (µg/m^3)
ti/T : Fraction du temps d'exposition à la concentration Ci

Afin de garder un caractère majorant, un **scénario maximaliste** est retenu en première approche, pour l'exposition par inhalation, à savoir :

- Pour les populations résidentes, les travailleurs et les enfants :
    - en l'absence de données sur le temps passé par ces personnes sur la zone d'étude et en dehors, et en l'absence aussi de données sur les concentrations d'exposition des personnes pendant le temps passé en dehors du domaine d'étude, il est posé l'hypothèse majorante que les enfants et les résidents séjournent **24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an** sur la zone d'étude.
    - il n'est pas tenu compte de la protection apportée par les habitations vis-à-vis de l'exposition.

La fraction d'exposition ti à la concentration Ci varie selon les scénarios étudiés (cf. paragraphe 7.2.5.1).

Pour le scénario étudiant, un temps d'exposition t_i majorant de 9 ans est fixé. Une étude menée par Flatlooker, révèle que 44,3% des étudiants restent entre 12 et 36 mois dans le même logement, 33,9% entre 6 à 12 mois et 11,8% résident plus de 3 ans dans le logement. Et 10% sont là moins de 6 mois[41]. En prenant cela en compte, on considère que la durée maximale de résidence pour un étudiant en logement étudiant privé en France est généralement limitée par la durée des études universitaires. En pratique, cela signifie que la durée maximale de résidence peut s'étendre de 5 à 9 ans, couvrant des cycles d'études complets comme une licence suivie d'un master, voire un doctorat. En France, la durée moyenne pour compléter une thèse est généralement d'environ 4 ans[42].

Le Tableau 30 présente les concentrations inhalées (CI) estimées pour chaque scénario, calculées à partir des concentrations moyennes dans l'air (cf. paragraphe 6.3.2) et des scénarios d'exposition retenus (cf. paragraphe 7.2.5.1). Elles tiennent compte de la pollution de fond.

41 **https://www.direct-assurance.fr/nos-assurances/assurance-habitation/logement-etudiant-chiffres-rentree**

42 https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/10/EESR10_R_38-le_doctorat_et_les_docteurs.php

Tableau 30 : Concentrations inhalées (CI) pour chaque scénario d'exposition

		Scénario « Résident du projet » majorant		Scénario « travailleur du projet » majorant	
Situation		**« Fil de l'eau »**	**Avec projet**	**« Fil de l'eau »**	**Avec projet**
NO_2	µg/m³	-	18.0	19.3	20.4
PM_{10}	µg/m³	-	15.0	15.6	16.0
$PM_{2.5}$	µg/m³	-	8.9	9.3	9.6
Benzène	µg/m³	-	0.3	0.3	0.3
Arsenic	µg/m³	-	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04
Nickel	µg/m³	-	3.8E-04	3.8E-04	3.8E-04
BAP	µg/m³	-	9.9E-05	1.1E-04	1.2E-04
HAP eq. B(a)P	µg/m³	-	1.2E-04	1.4E-04	1.5E-04
Chrome	µg/m³	-	1.1E-05	1.9E-05	2.5E-05
1,3 butadiène	µg/m³	-	2.6E-01	2.6E-01	2.6E-01

7.2.5.3 Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Le NO_2 et les poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la note d'information de la DGS d'octobre 2014.

Les Figure 61 à Figure 63 présentent les concentrations inhalées estimées pour chaque scénario d'exposition en comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour l'exposition chronique (exposition annuelle).

Pour le dioxyde d'azote, les concentrations inhalées sont supérieures aux recommandations de l'OMS quel que soit le scénario d'exposition étudié, aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que la situation avec projet à l'horizon 2027. Ces dépassements sont dus à la pollution de fond (16 µg/m³ à l'horizon 2027) qui dépasse à elle seule la nouvelle recommandation OMS égale à 10 µg/m³.

Pour les particules fines ($PM_{2.5}$), les concentrations inhalées sont également supérieures aux recommandations de l'OMS pour les mêmes raisons : la valeur de pollution de fond retenue pour l'année 2027 (8 µg/m³) dépasse à elle seule la nouvelle recommandation OMS égale à 5 µg/m³.

Pour les particules grossières (PM_{10}), les concentrations inhalées sont supérieures ou égales aux recommandations de l'OMS quel que soit le scénario d'exposition étudié, aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que la situation avec projet à l'horizon 2027. A noter que la pollution de fond retenue en 2027 (14 µg/m³) représente à elle seule 93% de la nouvelle recommandation OMS égale à 15 µg/m³.

A l'horizon 2027, l'impact du projet est faible : les concentrations inhalées restent du même ordre de grandeur (différence inférieure à 6%) entre la situation sans projet et avec projet pour le scénario « travailleur du projet ».

Néanmoins, les concentrations modélisées en NO_2, $PM_{2.5}$ et PM_{10} sont supérieures ou égales aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé quelles que soient les situations étudiées, en raison de la pollution de fond qui atteint ou dépasse les valeurs guides.

Figure 61 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour le NO_2

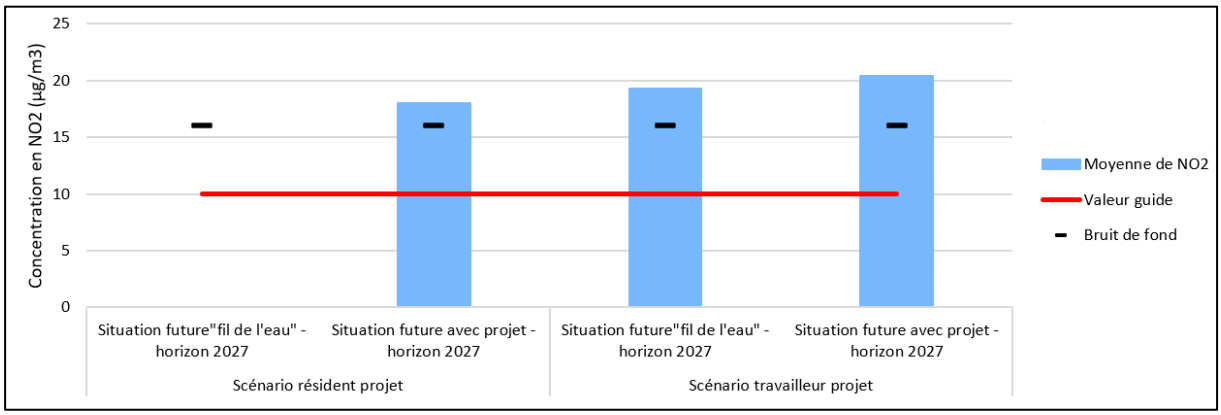


Figure 62 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour les PM10

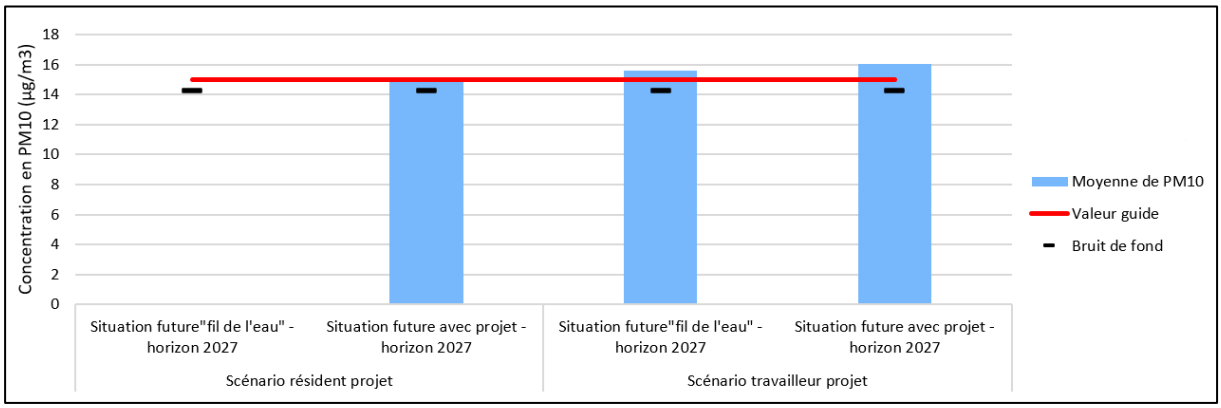
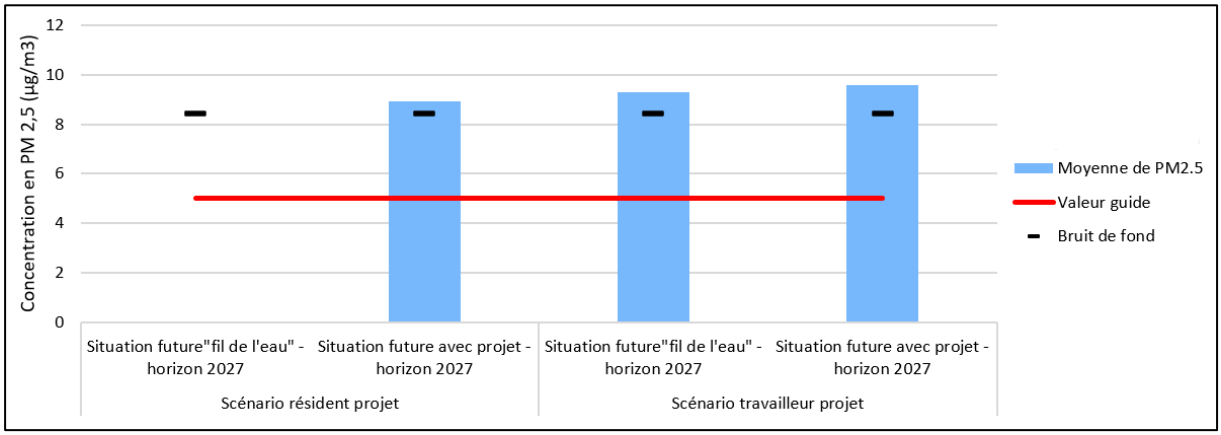


Figure 63 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS pour les PM2.5



7.2.6 Caractérisation des risques

La caractérisation des risques est la dernière étape de la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Elle consiste à confronter les concentrations ou doses auxquelles les populations sont exposées et les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sont évalués pour un individu.

7.2.6.1 Méthodologie

La caractérisation des risques étant établie à partir des valeurs toxicologiques de référence, elle se distingue, de la même façon que les VTR pour les composés à effet à seuil et pour les composés à effet sans seuil.

7.2.6.1.1 Substances à effets à seuil

Pour les polluants à seuil (atteinte d'un organe ou d'un système d'organes), il s'agit de calculer les quotients de danger (QD) qui sont le rapport entre les concentrations (CI, Concentration moyenne Inhalée) attendues dans l'environnement et la Valeur Toxicologique de Référence (VTR) (Concentration ou Dose de Référence).

Le quotient de danger est donc le suivant :

$$QD = \frac{CI}{VTR_{AS,inh}}$$

où : QD : Quotient de danger
CI : Concentration moyenne inhalée (en µg/m^3)
$VTR_{AS,inh}$: Valeur Toxicologique de Référence à seuil par ingestion (en mg/kg/jour)

En termes d'interprétation, lorsque ce quotient est inférieur à 1, la survenue d'effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

7.2.6.1.2 Substances à effets sans seuil

Pour les polluants cancérigènes génotoxiques et donc considérés sans seuil d'effet, le risque représente la probabilité de survenue d'effets nocifs chez un individu.

L'excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire (ERU) vie entière (conventionnellement 70 ans) par la concentration atmosphérique inhalée (CI) pour l'inhalation rapportée à la durée d'exposition vis-à-vis de la durée de vie (prise conventionnellement à 70 ans).

L'Excès de Risque Individuel est donc le suivant :

$$ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$$

où : ERI : Excès de Risque Individuel
$VTR_{SS,inh}$=ERU : Excès de Risque Unitaire par inhalation (ERU_i en (µg/m^3)$^{-1}$). L'ERU correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m^3 par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée.
CI_i : Concentration inhalée pour la période d'exposition i (en µg/m^3)
T_i : durée de la période d'exposition i (années)
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

L'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. **La durée d'exposition T_i est variable selon les scénarios d'exposition retenus (cf. paragraphe 7.2.5.1)**.

En termes d'interprétation, l'ERI représente la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet néfaste chez un individu exposé pendant toute sa vie aux concentrations/doses du composé cancérogène, par rapport à un sujet non exposé.
Le niveau de risque cancérigène peut être comparé au risque de 1 pour 100 000 (ou 10^{-5}), niveau repère, qualifié « d'acceptable », par différentes instances internationales.

L'acceptabilité des risques évalués s'apprécie ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas, bien entendu, de seuil absolu d'acceptabilité, mais il existe plusieurs valeurs de seuils pouvant servir de référence :

- aux USA, la valeur de 10^{-6} est considérée comme le seuil de risque acceptable en population générale, alors que la valeur de 10^{-4} est considérée comme limite acceptable en milieu professionnel. La valeur de 10^{-5} est souvent admise comme seuil d'intervention.
- en France, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire reprend dans la circulaire du 8 février 2007 ce seuil de 10^{-5} comme critère d'acceptabilité des niveaux de risque dans la gestion des sols pollués.
- ce seuil de 10^{-5} est également utilisé par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air ;
- c'est également le seuil indiqué dans le guide INERIS de 2013 mis à jour en 2021 et dans la circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

7.2.6.1.3 Risque global

Pour tenir compte de l'exposition conjointe à plusieurs composés, l'InVS (2000), repris par l'INERIS (2013), recommande d'estimer le risque sanitaire global en sommant les risques de la façon suivante :

- pour les composés à effet à seuil : la somme doit être réalisée pour ceux dont la toxicité est identique en termes de mécanisme d'action et d'organe cible. Pratiquement, tous les composés ayant la même cible organique ont été regroupés car les données sur les mécanismes d'action des composés ne sont pas toujours connues ;
- pour les composés à effet sans seuil : la somme de tous les ERI doit être réalisée, quel que soit le type de cancer et l'organe touché, de façon à apprécier le risque cancérigène global.

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques, l'INERIS recommande de comparer les indicateurs de risque aux repères suivants[43] :

- les QD sont comparés à 1 ;
- les ERI sont comparés à 10^{-5}.

[43] « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013

7.2.6.2 Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil

Les Quotients de Danger (QD) sont calculés pour les traceurs de risque à partir des Concentrations inhalées (CI) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Le détail des quotients de danger est disponible en Annexe 2.

Pour tous les traceurs de risque à seuil, le QD est inférieur à la valeur repère égale à 1.

La Figure 64 présente les quotients de danger par scénario d'exposition sommés par organe cible et cumulés. Les sommes des Quotients de Danger calculées par organe cible sont également toutes inférieures à la valeur repère égale à 1 quel que soit le scénario étudié.

A l'horizon 2027, le projet immobilier n'entraîne pas d'impact notable sur les Quotients de Danger par rapport à la situation Fil de l'eau (variation inférieure à 1%).

Figure 64 : Quotients de Danger par scénario d'exposition

QD Global (cumul des QD) inférieur à la valeur repère pour tous les scénarios étudiés.

A l'horizon 2027, pas d'impact notable lié au projet sur les QD (variation inférieure à 1%).

7.2.6.3 Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil

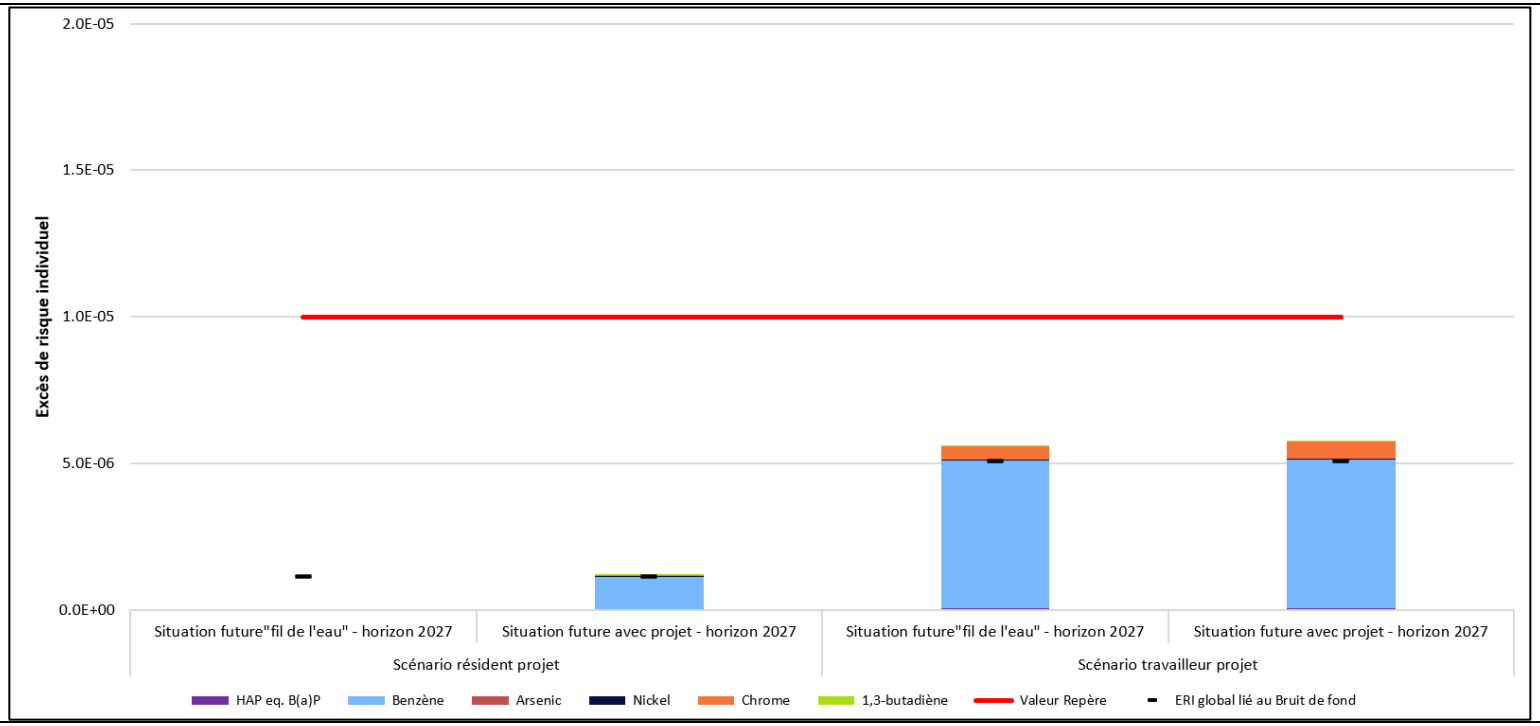
Les Excès de Risque Individuel sont calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Le détail des ERI est disponible en Annexe 2.

Les Excès de Risque Individuel calculés pour chaque traceur du risque pris individuellement sont inférieurs à la valeur repère égale à 1.10^{-5} (valeur retenue dans la circulaire du 8 février 2007 du MEEDDAT) pour toutes les substances.

La Figure 65 présente les ERI cumulés par scénario d'exposition (ERI Global). L'ERI Global est inférieur à la valeur repère pour tous les scénarios d'exposition étudiés.

A l'horizon 2027, le projet immobilier du lot 27 de l'îlot Colombus n'entraîne pas d'impact notable sur les Excès de Risque Individuel par rapport à la situation Fil de l'eau (variation inférieure à 4%).

Figure 65 : Excès de Risque Individuel par scénario d'exposition



ERI inférieure à la valeur repère pour tous les scénarios et pour toutes les situations.

La pollution de fond représente environ 90% des ERI globaux calculés.

L'impact du projet est négligeable pour tous les scénarios d'exposition (variation inférieure à 4%).

7.2.6.4 Cas particulier des $PM_{2.5}$

L'ANSES a publié une VTR pour les poussières $PM_{2.5}$ en janvier 2023. Compte tenu des études disponibles en population générale examinant l'exposition à long terme aux PM qui montrent des effets sur la santé aux plus faibles concentrations et ce, sans seuil discernable, l'ANSES a construit une VTR sans seuil d'effet qui couvre :

- La mortalité toutes causes non accidentelles et la réduction de l'espérance de vie ;
- Pour la santé respiratoire : la mortalité de causes respiratoires (toutes causes et causes spécifiques : BPCO12, infections des voies respiratoires inférieures) et l'incidence de maladies chroniques (asthme chez l'enfant et chez l'adulte, BPCO) ;
- Pour la santé cardiovasculaire : la mortalité de causes cardiovasculaires (toutes causes et causes spécifiques : AVC13 et cardiopathie ischémique), l'incidence d'évènements ou maladies cardiovasculaires (AVC, cardiopathie ischémique, évènements coronariens, infarctus) et l'hypertension artérielle ;
- Pour les cancers : l'incidence du cancer du poumon, la mortalité par cancer du poumon ;
- Pour la santé périnatale : le petit poids de naissance, la prématurité et la pré-éclampsie.

La VTR long terme par voie respiratoire pour les $PM_{2,5}$ de l'air ambiant retenue par l'ANSES est de $1{,}28.10^{-2}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$.

Cependant, comme indiqué dans le document de l'ANSES[44], il n'existe pas à ce jour de consensus ou de recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant.
Une comparaison de l'ERI obtenue en utilisant l'ERU de l'ANSES avec le niveau de risque acceptable de 1.10^{-5} (niveau de risque considéré comme acceptable dans l'évaluation des risques sanitaires en France pour les risques sans seuil) n'est donc pas pertinente et l'ANSES n'a pas accompagné sa proposition de VTR par des valeurs de concentrations équivalentes à des niveaux acceptables d'excès de risque individuel (ERI).

C'est pourquoi l'ERI calculé pour les poussières fait l'objet d'un traitement particulier.

Le Tableau 31 indique l'ERI calculé en utilisant la VTR sans seuil pour les $PM_{2.5}$, pour le scénario le plus pénalisant, à savoir le scénario travailleur avec projet, pour une durée d'exposition de 40 ans.

Tableau 31 : risques sanitaires pour les PM2.5 pour le scénario d'exposition le plus pénalisant

		Scénario travailleur projet	
	VTR sans seuil $(\mu g/m^3)^{-1}$	Situation future « fil de l'eau" - horizon 2027	Situation future avec projet - horizon 2027
$PM_{2.5}$	1.28E-02	6.8E-02	7.0E-02

Les risques sanitaires liées aux PM2.5 restent stables (augmentation inférieure à 4%) : l'impact du projet reste faible.

[44] AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à la recommandation de VTR par voie respiratoire pour l'exposition à long terme aux particules de l'air ambiant extérieur (PM2,5) et à la faisabilité d'élaborer des VTR pour le carbone suie et les particules ultrafines, ANSES, JANVIER 2023

7.2.7 Incertitudes

7.2.7.1 Facteurs de sous-estimation des risques

Facteurs pris en compte dans l'ERS
L'évaluation des risques sanitaires ne porte que sur les substances considérées comme traceurs de risque dans cette étude.

Exposition par voie cutanée non considérée
Il n'existe pas de VTR spécifique à cette voie d'exposition. De plus, la transposition à partir des VTR pour les voies respiratoire et orale n'est pas recommandée (note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014). Cette sous-estimation n'a pas forcément d'impact sur les résultats d'évaluation des risques sanitaires, étant donné que l'absorption des polluants par voie cutanée est négligeable devant l'absorption par voies respiratoire et/ou digestive (surface d'échange plus importante et transferts facilités).

7.2.7.2 Facteurs de surestimation des risques

La méthodologie pour estimer les risques sanitaires potentiels emploie, par nature, les principes de précaution et est par défaut conservatrice.

Estimation des émissions
Les émissions ont été quantifiées à partir des données de trafic mises à disposition et des facteurs d'émissions les plus récents disponibles (COPERT V).

Durée d'exposition
En absence de données sur le temps d'exposition des personnes, il est pris l'hypothèse qu'elles séjournent sur leur lieu d'habitation en permanence (365 j/an, 24h/24). Cette hypothèse est majorante puisque les personnes ne seront pas exposées en permanence car elles sont amenées à se déplacer pour des raisons personnelles (congés, loisirs) et professionnelles.

Pénétration des polluants dans les habitats
Il est posé l'hypothèse que les polluants ont un taux de pénétration dans les habitats de 100 %, ce qui est une hypothèse majorante.

7.2.7.3 Facteurs dont le sens d'influence sur les résultats n'est pas connu ou est variable

Constance des paramètres
Toutes les données utilisées (émissions, dispersion, transferts, exposition) sont supposées rester constantes pendant les années d'exposition futures étudiées.

Interactions des polluants
En absence de connaissances scientifiques suffisantes sur les interactions des polluants les uns par rapport aux autres et des conditions d'interactions en eux, il a été considéré que les polluants qui avaient la même cible organique et le même mécanisme d'action cumulaient leurs risques. En réalité, les polluants peuvent également avoir des effets antagonistes (dans ce cas nous aurions majoré les risques) ou synergiques (dans ce cas nous aurions minimisé les risques).

8. MESURES ERC / RECOMMANDATIONS

Au titre de la démarche « éviter-réduire-compenser », l'évitement doit être d'abord privilégié, puisqu'il constitue la seule solution qui permet de s'assurer de l'absence d'impact du projet sur le facteur environnemental considéré. Lorsque l'impact négatif n'a pas pu être totalement évité, des mesures de réductions sont alors à envisager.

Comme présenté dans l'étude Air et Santé, la principale source de pollution sur la zone d'étude est le trafic routier (A86, Avenue d'Argenteuil et Avenue Kleber).

Des mesures d'évitements, de réduction, de compensation et d'accompagnement sont proposées pour le projet immobilier du lot 27 de l'îlot Colombus afin de réduire au maximum l'exposition des populations résidentes et sensibles, les futurs employés et utilisateurs des espaces publics et commerciaux.

8.1 MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

8.1.1 Protection des futurs résidents

Comme l'a montré la modélisation, les futurs résidents du projet immobilier du lot 27 peuvent être exposés à la pollution atmosphérique provenant du trafic routier, notamment de l'Avenue d'Argenteuil. Il est donc nécessaire de protéger autant que possible les populations des effets sanitaires liés à la pollution atmosphérique en réduisant leur exposition.

La programmation adoptée est en parfaite cohérence avec les recommandations visant à réduire l'exposition des futurs résidents à la pollution provenant de l'Avenue d'Argenteuil. En effet, elle privilégie, comme recommandé, des usages autres que le logement en rez-de-chaussée côté rue, tels que des commerces, des locaux pour les vélos, des bureaux, etc.

Dans les logements, pour limiter la pénétration de la pollution provenant de l'extérieur, plusieurs recommandations[45] peuvent être faites sur :

- le positionnement et l'implantation des ouvrants : dans la mesure du possible, il faut privilégier le positionnement des pièces de vie, comportant des ouvertures généralement plus larges sur cour et les pièces de service (buanderie, salle de bain) sur la façade côté voirie. Dans la pratique, ces recommandations sont difficiles à mettre en place, car elles peuvent aller à l'encontre de la norme RT 2012 qui impose de concevoir des bâtiments bioclimatiques, privilégiant les apports solaires.
- la ventilation : mise en place d'une VMC (ventilation mécanique contrôlée) double flux comprenant une filtration de l'air entrant. Les filtres doivent être changés très régulièrement pour maintenir l'efficacité du système, une fois par an pour les pollens (après la saison pollinique) et une à deux fois par an pour les particules fines. Les systèmes VMC double flux sont intrinsèquement très efficaces. Ce système pourra être proposé pour les locaux d'activité les plus exposés situés en RDC, et sera à définir avec les preneurs des locaux d'activité notamment.
- le positionnement des bouches de prise d'air neuf [46] : on privilégiera le positionnement des bouches de prise d'air neuf sur le côté le moins exposé du bâtiment, loin des bouches d'air

45 Source : Guide CEREMA - Qualité de l'air et Plan local d'urbanisme (juin 2017)

46 Les règles de l'art applicables aux installations de ventilation mécanique contrôlée du secteur résidentiel sont exposées dans le document technique unifié NF-DTU 68.3 qui fournit l'ensemble des règles de conception et de dimensionnement du système, ainsi que les prescriptions de mise en œuvre et d'exécution de l'installation

vicié, de parkings ou de garages ou d'une cheminée. Dans le cas du projet immobilier du lot 27, les prises d'air de ces locaux pourraient être positionnées au niveau du jardin partagé.

Il peut être également nécessaire d'informer les différents acteurs à l'aide d'un livret d'accueil avec un volet santé complet destinés aux résidents, personnes chargées de la gestion, travailleurs pour les sensibiliser et les informer sur les bonnes pratiques d'aérations (horaires à privilégier, ouvertures plutôt sur la cour, et d'entretien notamment des systèmes de ventilations)[47].

8.1.2 Implantation de zones tampon

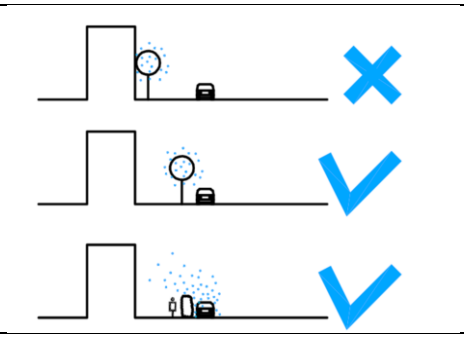
Les aménagements autour du projet suivent également les recommandations visant à définir dans la mesure du possible une zone entre la route et les bâtiments du projet, comme c'est le cas entre le projet et l'avenue de Kléber, protégeant de la pollution provenant de l'avenue de Kléber et de l'autoroute A86.

En effet, cette **zone tampon** est un espace qui peut être valorisé avec des dépendances vertes et créer des zones tampons/écrans végétaux pouvant faire office de piège à poussières avec les recommandations suivantes :

- distance du bord de la voie : 5 à 15 m,
- largeur minimale de 10 m et hauteur minimale de 2 m,
- éviter les espèces allergènes.

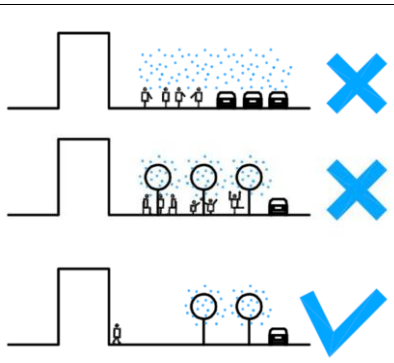
Dans le cadre de l'utilisation de végétaux comme écrans, le Cerema[48] attire l'attention sur le contexte qui est primordial pour le choix de la végétation, de son implantation et des espèces utilisées. Notamment une certaine densité végétale peut provoquer un effet de barrière qui peut entraîner des concentrations plus importantes localement au niveau des usagers. L'ADEME a récemment publié un rapport donnant des recommandations d'aménagement pour minimiser les impacts de la pollution de l'air dont les illustrations de la Figure 66 sont extraites.

Figure 66 : extrait de grands principes d'aménagement permettant de favoriser la dispersion des polluants ou limiter l'exposition des populations (source : ADEME, janv. 2023)

Filtres végétaux denses à espacer des fronts bâtis continus sur route, afin d'éviter une surconcentration de polluants atmosphériques en façade des bâtiments situés en premier front bâti.	

47 ADEME, Modéliser la qualité de l'air sans un secteur d'urbanisation contraint : Recommandation d'aménagement pour minimiser les impacts de la pollution de l'air sur la pollution de Plaine Commune (janvier 2023)

48 « Enjeux sanitaires dans les opérations d'aménagements urbains - Qualité de l'air extérieur et opérations d'aménagements urbains », Cerema, Fiche n°1 – août 2019

Eviter les structures d'accueil d'activités prolongées (activités sportives, jeux d'enfants, etc.) au sein même des filtres végétaux denses et épais placés à proximité des axes routiers majeurs. Ils sont efficaces pour une protection en aval jusqu'à une distance d'environ (3xH-3m avec H = hauteur de la végétation) mais induisent une concentration accrue de la pollution au sein du filtre végétal	

8.2 MESURES DE COMPENSATION

La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Les mesures de compensation sont peu nombreuses en pollution de l'air :

- La mise en place de mesures complémentaires à la ventilation naturelle pour assurer le confort thermique des espaces résidentiels : rafraichissement adiabatique, surventilation, brassage d'air pourront être discutés avec les preneurs des locaux d'activités notamment.
- La mise en place de bornes de recharge électrique dans le parking du projet (pour participer à la transition du parc automobile parisien) est prévue suivant la réglementation en vigueur.

De plus, la Zone à Faibles Emissions (ZFE), actuellement imposée sur une partie de la métropole du Grand Paris, a vocation à être renforcée au fil des années. Ainsi, la Ville de Paris et la Métropole du Grand Paris ont introduit dans leur plan climat-air-énergie respectif des objectifs de restriction de circulation des véhicules Crit'air 3 et 2 à différents horizons[49]. Notamment, les véhicules en Crit'Air 3 devraient être interdits à partir de 2025 dans les Zones à faibles émissions (ZFE).

[49] Métropole du Grand Paris, Zone à Faible Emission (**www.zonefaiblesemissionsmetropolitaine.fr**)

9. IMPACT DU PROJET EN PHASE CHANTIER

La mise en service d'un projet immobilier passe par une phase chantier plus ou moins importante. Les différentes sources de pollution atmosphériques possibles durant cette phase sont les suivantes :

- **Pollution issue des gaz d'échappement des engins** : ce sont principalement des engins diesel mobiles - tels que les engins de terrassement, compacteurs, tombereaux, etc.… - ou fixes – tels que les compresseurs, les groupes électrogènes, les centrales d'enrobage, etc.… Ces engins émettent à l'atmosphère de nombreux polluants liés à la combustion du carburant (NOx, composés organiques volatils, particules fines…). Cette source de pollution peut être limitée en utilisant des véhicules aux normes (échappement et taux de pollution).
- **Pollution liée aux procédés de travail mécaniques** : il s'agit des émissions de poussières et d'aérosols issues de sources ponctuelles ou diffuses sur les chantiers (utilisation de machines et d'appareils, transports sur les pistes, travaux de terrassement, extraction, transformation et transbordement de matériaux, vents tourbillonnants, etc.). Elles concernent les activités poussiéreuses telles que ponçage – fraisage – perçage – sablage – taille – aiguisage – extraction – concassage – broyage – jets en tas – rejets (au bout du tapis roulant) – tri – tamisage – chargement/déchargement – saisissement – nettoyage – transport. Ce type d'activité entraîne principalement des envols de poussières qui altèrent la qualité de l'air et salissent les parcelles et façades environnantes, ces poussières peuvent être très mal perçues par le voisinage. Cette source de pollution peut être limitée en arrosant les routes de chantier par temps sec et venteux, en appliquant un fond de roulage sur les routes de chantier, ou encore en bâchant les stocks et les camions.
- **Pollution liée aux procédés de travail thermiques :** il s'agit des procédés de chauffage (pose de revêtement) – découpage – enduisage à chaud – soudage – dynamitage, qui dégagent des gaz et des fumées. Sont particulièrement concernées les opérations telles que préparation (à chaud) du bitume (revêtements routiers, étanchéités, collages à chaud), ainsi que les travaux de soudage. Le traitement de produits contenant des solvants ou l'application de processus chimiques (de prise) sur les chantiers dégage notamment des solvants (activités : recouvrir – coller – décaper – appliquer des mousses – peindre – pulvériser). Cette pollution génère également des odeurs qui peuvent gênée les populations avoisinantes.
- **Pollution liée aux modifications de circulation induites par le chantier** : il s'agit de la pollution supplémentaire engendrée indirectement par le chantier du fait des phénomènes de congestion (une vitesse de circulation des véhicules entraîne une augmentation de la consommation de carburant et donc des émissions atmosphériques), des reports de trafic sur d'autres voies (déplacement de la pollution vers d'autres voies de circulation existantes).

10. SYNTHESE

Dans le cadre du projet de construction d'un ensemble immobilier mixte sur l'îlot Colombus de la ZAC de l'arc sportif sur la commune de Colombes (92), la société Pichet sollicite SUEZ Aria Technologies pour réaliser le volet Air et Santé du projet situé sur le lot 27.

Comme l'indique le CEREMA dans sa note d'août 2019[50], pour les opérations d'aménagement pour lesquelles une évaluation des impacts sur l'air et la santé est réalisée, « il n'existe pas de documents de cadrage pour la réalisation de cette étude. En revanche, pour les projets d'infrastructures du réseau routier national, la méthodologie pour réaliser le volet air et santé est définie dans le guide méthodologique associé à la note technique du 22 février 2019. Ce guide peut servir de référence, lorsqu'une infrastructure routière (existante ou à construire dans le cadre de l'opération d'aménagement) est à l'origine de nuisances pour le futur écoquartier ».

Le projet immobilier entraînera un apport de trafic sur les voies de circulation situées autour du projet. Le volet « Air et Santé » de l'étude d'impact s'appuiera sur les documents suivants :

- Note technique du 22 février 2019 du Ministère de la transition écologique et solidaire (NOR TRET1833075N) relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières. Cette note technique abroge la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 ;
- Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du Cerema du 22 février 2019, document annexe à la note technique (NOR TRET1833075N) relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact.

Afin de déterminer les effets du projet sur la qualité de l'air, deux scénarios ont été étudiés :

- **Situation au « fil de l'eau » sans le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**) (scénario de référence) ;
- **Situation future avec le lot 27 du projet Colombus** établie à la livraison complète du projet immobilier (**2027**).

[50] Enjeux sanitaires dans les opérations d'aménagements urbains - Qualité de l'air extérieur et opérations d'aménagements urbains, CEREMA, Fiche n01, août 2019

Impact du projet sur la Qualité de l'air

Bilan des émissions de polluants dans l'air

A l'horizon futur 2027, la mise en place du projet n'entraîne pas de variation notable des émissions (augmentation inférieure à 1% en moyenne en comparaison à la situation « fil de l'eau » en retenant l'ensemble des substances), conformément à la variation de la quantité de trafic sur la zone d'étude.

Les émissions les plus importantes sont observées au niveau de l'A86 en cohérence avec le trafic sur ces axes. Les émissions les plus faibles sont observées sur les petites voies d'insertion dans la zone du projet.

La variation des émissions est cohérente avec la variation de trafic routier entre les deux scénarios étudiés. On observe, de façon cohérente avec les variations de trafic, une augmentation des émissions inférieures à 5% sur les principales voies de circulation (avenue d'Argenteuil et avenue Kleber notamment).

L'impact du projet sur les émissions atmosphériques peut donc être considéré comme négligeable en termes de bilan des émissions sur la zone d'étude.

Estimation des concentrations dans l'air

Les concentrations dans l'air imputables au trafic routier ont été estimées par une modélisation de la dispersion des émissions pour les deux scénarios étudiés à l'horizon 2027 (situation « fil de l'eau » et situation avec projet). Compte-tenu du contexte urbain, il a été choisi de réaliser une modélisation 3D de la dispersion atmosphérique prenant en compte l'influence des bâtiments.

En situation « fil de l'eau » et avec projet, les concentrations sont inférieures aux valeurs limites actuelles fixées par la réglementation française sur tout le domaine d'étude à l'exception des concentrations en NO_2 observées au niveau de l'autoroute A86.

Au niveau des points d'intérêt, les concentrations en NO_2, PM_{10} et $PM_{2.5}$ estimées pour le scénario avec projet restent globalement du même ordre de grandeur que celles calculées pour la situation future « Fil de l'eau » (variation inférieure à 5 %). Néanmoins, des augmentations plus marquées (supérieures à 10%) sont à noter au niveau des points d'intérêt situés au niveau du sol en bordure de l'avenue d'Argenteuil, en cohérence avec les augmentations du trafic notées dans cette zone. Ces observations sont le résultat de la modification de l'écoulement de vent autour du projet, décrite ci-dessous :

- Dans la situation « Fil de l'eau », l'absence de bâtiment sur la zone du projet facilite la dispersion des polluants provenant des principaux axes routiers comme l'A86 et les avenues d'Argenteuil et de Kléber.
- Dans la situation avec projet, la volumétrie du projet crée un front bâti modifiant la circulation de l'écoulement du vent. Sous les vents dominants (vent du sud-ouest), la présence du nouveau bâtiment crée une recirculation dans l'avenue d'Argenteuil entraînant une accumulation des polluants le long du nouveau bâtiment.

Au niveau des futurs logements du projet et des jardins partagés : les concentrations estimées en situation future au niveau des façades des futurs logements du projet (R+2 et supérieurs) ainsi qu'au niveau des jardins partagés sont inférieures aux valeurs limites actuelles fixées par la réglementation française, ainsi qu'aux futures normes européennes. En revanche, les recommandations OMS sont atteintes voire dépassées pour le NO_2 et les particules. Ces dépassements étant également observés pour la situation future « Fil de l'eau » (sans projet), ils ne sont pas liés au projet en lui-même mais à la pollution de fond retenue pour les simulations qui dépasse à elle-seule les valeurs guides de l'OMS.

Au niveau des futurs commerces situés avenue d'Argenteuil (en RDC du projet) : les concentrations subissent une augmentation pouvant dépasser 10% par rapport aux concentrations estimées en situation « Fil de l'eau ». Cette augmentation est due à la modification de l'écoulement du vent liée à la présence du nouveau bâtiment, créant une recirculation et une accumulation de polluants provenant du trafic routier dans la rue d'Argenteuil. Les concentrations restent cependant inférieures aux valeurs limites actuelles fixées par la réglementation française. En revanche, les concentrations peuvent atteindre voire dépasser les futures normes européennes.

Au niveau des bâtiments existants avant la mise en place du projet : le projet n'a pas d'impact notable sur les concentrations estimées au niveau des bâtiments existants, notamment les bâtiments du lot 28 situés à proximité du projet.

Impact du projet sur les populations

Indice Pollution Population (IPP)

L'indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui représente de manière synthétique l'exposition potentielle des habitants de la bande d'étude à la pollution atmosphérique induite par le projet et par les voies impactées par celui-ci.

Entre la situation « fil de l'eau » et la situation avec projet à l'horizon 2027, l'IPP global augmente d'environ 14% en raison de l'augmentation de la population apporté par le projet.

La totalité des habitants est exposée à des concentrations en NO_2 (moyenne en façade des bâtiments habités) inférieures à la valeur limite actuelle (40 µg/m^3) et à la future valeur limite européenne (20 µg/m^3), aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que pour la situation avec projet.

En conclusion, à l'horizon 2027, l'impact du projet est faible en comparaison à la situation « fil de l'eau ».

Evaluation des risques sanitaires

L'évaluation des risques sanitaires a été menée conformément à la note technique TRET1833075N du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère des solidarités et de la santé du 22 février 2019 et au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et remis à jour en septembre 2021.

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée pour deux scénarios d'exposition :

Scénario d'exposition	Durée d'exposition		Concentration pour l'exposition par inhalation
Scénario « Résident du projet » majorant	100% du temps (7J/7, 365 jours/an) pendant 9 ans → approche majorante		Concentration moyenne au niveau du point le plus exposé au niveau du projet (futur résident du projet), Logements R+2 en façade avenue d'Argenteuil (point d'intérêt n°1')
Scénario « travailleur du projet » majorant	Lieu de travail	20% du temps 8 h/jour 218 j/an pendant 40 ans	Concentration moyenne au niveau des commerces en RDC du projet, Commerces Avenue d'Argenteuil (point d'intérêt n°1)
	Domicile	le reste du temps pendant 40 ans	Concentration moyenne au niveau du logement le plus exposé. Bâtiment B - lot 28 du projet Colombus (point d'intérêt n°19)

A noter qu'en l'absence de données sur les concentrations à l'intérieur des logements, la population est supposée être exposée à la concentration atmosphérique calculée par modélisation aussi bien en extérieur qu'en intérieur.

Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Le NO_2 et les poussières (PM_{10} et $PM_{2.5}$) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la note d'information de la DGS d'octobre 2014.

Pour le dioxyde d'azote, les concentrations inhalées sont supérieures aux recommandations de l'OMS quel que soit le scénario d'exposition étudié, aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que la situation avec projet à l'horizon 2027. Ces dépassements sont dus à la pollution de fond (16 µg/m^3 à l'horizon 2027) qui dépasse à elle seule la nouvelle recommandation OMS égale à 10 µg/m^3.

Pour les particules fines ($PM_{2.5}$), les concentrations inhalées sont également supérieures aux recommandations de l'OMS pour les mêmes raisons : la valeur de pollution de fond retenue pour l'année 2027 (8 µg/m^3) dépasse à elle seule la nouvelle recommandation OMS égale à 5 µg/m^3.

Pour les particules grossières (PM_{10}), les concentrations inhalées sont supérieures ou égales aux recommandations de l'OMS quel que soit le scénario d'exposition étudié, aussi bien pour la situation « fil de l'eau » que la situation avec projet à l'horizon 2027. A noter que la pollution de fond retenue en 2027 (14 µg/m^3) représente à elle seule 93% de la nouvelle recommandation OMS égale à 15 µg/m^3.

A l'horizon 2027, l'impact du projet est faible : les concentrations inhalées restent du même ordre de grandeur (différence inférieure à 6%) entre la situation sans projet et avec projet pour le scénario « travailleur du projet ».

Caractérisation des risques

Les risques sanitaires calculés pour les substances à seuil d'effet sont faibles vis-à-vis de la valeur repère. A l'horizon 2027, le projet immobilier n'entraîne pas d'impact notable sur les Quotients de Danger par rapport à la situation Fil de l'eau (variation inférieure à 1%).

Les risques sanitaires pour les substances sans seuil sont inférieurs à la valeur repère pour les deux scénarios d'exposition étudiés. A l'horizon 2027, le projet immobilier du lot 27 de l'îlot Colombus n'entraîne pas d'impact notable sur les Excès de Risque Individuel par rapport à la situation Fil de l'eau (variation inférieure à 4%).

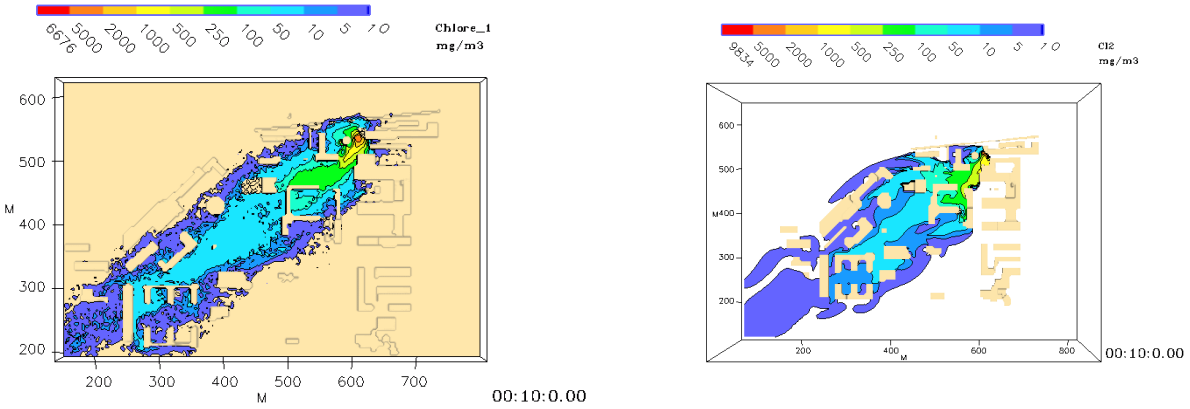
A l'horizon 2027, l'impact du projet est négligeable en termes de risques sanitaires pour les futurs habitants et travailleurs du projet.

ANNEXES

Annexe 1 : Description du modèle MSS

Validation du modèle MSS

MSS a été appliqué dans diverses configurations complexes, telles que des scenarii d'accidents et de modélisation de l'impact d'une installation industrielle sur le long terme (jusqu'à plusieurs années). Les simulations en cas d'accidents ont été également réalisées avec le code CFD Mercure. Ces comparaisons ont montré que les résultats 3D numériques étaient tout à fait comparables, pour des temps de calcul de MSS bien inférieurs à ceux de MERCURE (cf. article page suivante).

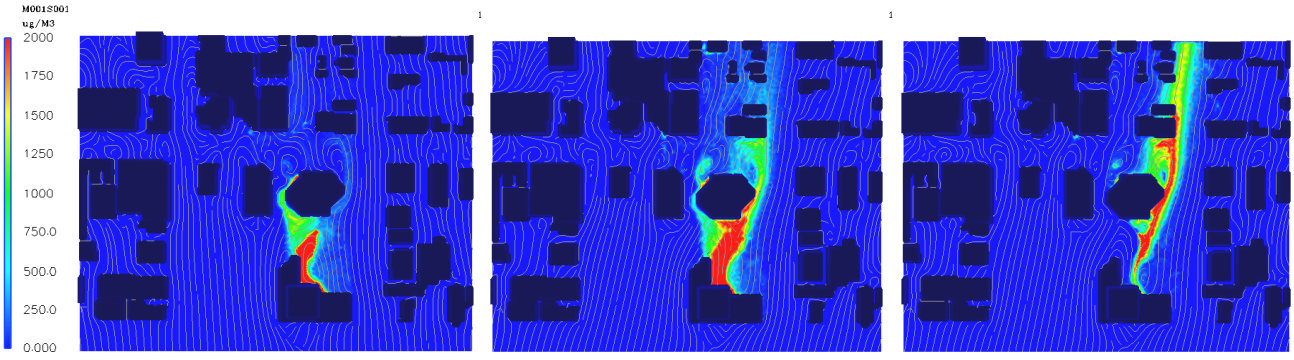


Exemple de résultats – Concentration en chlore à 2 m – t = 10 min (MSS à gauche et MERCURE à droite)

Des validations du modèle PMSS ont été réalisées à l'aide de campagnes de mesures effectuées en **soufflerie** et en **milieu urbain réel**. Certains de ces cas de validation sont présentés ci-dessous.

- Le projet EMU est une simulation de l'émission de scalaires passifs en atmosphère neutre, réalisée au laboratoire EnFlo de l'Université anglaise de Surrey. Il est constitué de plusieurs expériences (formes et nombre de bâtiments divers, données météorologiques et d'émission distinctes).
- URBAN 2000 fut une campagne de mesures menée par des chercheurs américains à Salt Lake City en Octobre 2000. Le Département de l'Energie (US-DOE), le DOD, la DTRA, et des laboratoires gouvernementaux anglais et américains se sont réunis afin de mener à bien ce gigantesque projet. L'ensemble des données et des résultats est accessible sur **http://urban.llnl.gov/** .
- La campagne MUST a également été financée par la DTRA. Elle constitue une expérience intermédiaire entre la soufflerie et un terrain urbain réel puisque les bâtiments ont été simulés par des containers.

Figure 67 : lignes de courant et concentration en SF6 à 4h10, 4h20 et 4h30



THREE-DIMENSIONAL SIMULATIONS OF POLLUTANTS ATMOSPHERIC DISPERSION AROUND THE BUILDINGS OF INDUSTRIAL SITES AND URBAN AREAS COMPARISON OF MERCURE CFD APPROACH WITH MICRO-SWIFT-SPRAY SIMPLIFIED APPROACH

Patrick ARMAND [1], Julien COMMANAY [2], Maxime NIBART [2], Armand ALBERGEL [2], Pascal ACHIM [1]
[1] Commissariat à l'Energie Atomique
Département Analyse, Surveillance, Environnement – Service Radioanalyse, Chimie, Environnement
91 680 Bruyères-le-Châtel – France
[2] ARIA Technologies – 17, route de la Reine – 92 517 Boulogne-Billancourt CEDEX – France

ABSTRACT

Usual Gaussian models appear of limited relevance when simulating the dispersion of pollutants on industrial sites or in the urban atmospheric environment. On the other hand, a full 3D CFD approach is a powerful way of investigation but requires enormous CPU resources. The Micro-SWIFT-SPRAY modeling system represents an alternative rapid response capability to simulate the flow field and the dispersion processes at the micro-scale. MSS has been applied in various complex configurations including either accidental short duration or chronic long term impact releases. The simulations in case of an accident have also been carried out with MERCURE full CFD code. While the 3D numerical results are quite comparable, MSS computation times are much lower than MERCURE ones. As demonstrated in the paper, MSS objective of having '90% of the solution for less than 10% of the CPU' is even greatly surpassed.

1. INTRODUCTION

Small as well as large industries are now committed to produce impact assessment studies for their facilities. This is a requirement made by the National and European regulations and meeting the societal concerns. The impact assessment relates to the normal operation or hypothetical accidents in the installations. In both cases, the studies aim at evaluating the dispersion of atmospheric releases (gases and particles) and their impact on the health of the workers and populations around the facilities.
In the frame of regulatory studies, the dispersion of radiological or chemical pollutants is usually computed using Gaussian plume or puff models, the advantages of which are to be easy to handle with and give a quick answer. On the other hand, these models appear very limited when simulating the pollutants dispersion in the urban environment or around the buildings of the industrial sites. The 3D on meshes solving of the equations is necessary to get realistic results of the pollutants spatiotemporal distribution and exposure consequences.
At the micro-scale, dispersion around obstacles needs a CFD model well adapted for the planetary boundary layer, like MERCURE code. It is an interesting way of investigation, although requiring heavy computational resources, especially for two important applications: emergency response or preparedness, long term impact around a source near the ground. That is why Micro-SWIFT-SPRAY modeling system is being developed as an alternative quick response capability to simulate the flow field and dispersion processes at the micro-scale in the presence of obstacles.
In the following, MSS, and more briefly, MERCURE codes are presented. MSS has been used in numerous and various complicated configurations with either accidental releases of toxic materials or chronic long term releases from the stacks of facilities. Some examples are commented in the paper. In the accidental situations, the 3D computations have been done with MSS and MERCURE in order to compare the results and evaluate MSS solution. In the conclusion, MSS multiple use and potential promising developments are discussed.

2. DESCRIPTION OF MICRO-SWIFT-SPRAY (MSS)

Micro-SWIFT-SPRAY (MSS) is a recent modeling system developed as an alternative approach where CFD codes would need heavy computational resources. It is tagged as '90% of the solution for less than 10% of the CPU'. MSS allows an exact representation of buildings, directly generated by a GIS (as .shp files).
Micro-SWIFT is an analytically modified interpolator over complex terrain and gives the micro-scale quick solution to the flow problem. A 3D mass consistent wind field is generated by following the steps below.

- According to meteorological data, a first guess of the mean flow is computed through customisable interpolation using all available and relevant data (inside or outside the target domain).

- This first guess is modified by creating analytical zones where the flow takes account of buildings, these being isolated or not (Röckle, 1990 or Kaplan and Dinar, 1996). An example of zones attached to a rectangular obstacle is shown on Figure 1.
- Finally, the flow is adjusted to satisfy the continuity equation and impermeability on the ground and building walls. Turbulence is diagnostically deduced considering the distance to the nearest obstacle as a mixing length and using the value of the wind field local shear.

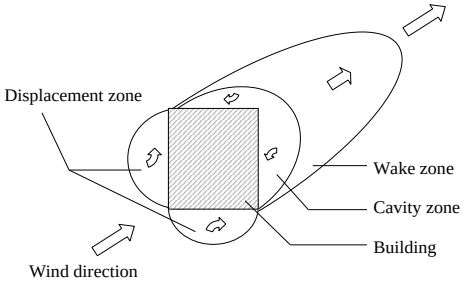


Figure 1. Top view of an isolated building and its attached zones.

Micro-SPRAY is a Lagrangian particle dispersion model directly derived from the SPRAY code (Tinarelli *et al.*, 1994, 1998), able to take into account the presence of obstacles. The dispersion of an airborne pollutant is simulated following the movement of a large number of fictitious particles, each representing a part of the emitted mass from sources of general shapes. This movement is obtained applying an equation of motion where the particle velocity is split into two components: a mean one or 'transport-component' defined by the local wind reconstructed by Micro-SWIFT, and a stochastic one, simulating the dispersion and reproducing the atmospheric turbulence. The stochastic component of the particle motion is obtained applying the scheme developed by Thomson (Thomson, 1987).

3. DESCRIPTION OF MERCURE

MERCURE software has been developed by EDF (French Electricity Company) on the basis of ESTET CFD code. Many validation exercises of MERCURE have been performed through systematic comparisons with experimental data and output of other 3D codes. It has also played a major role in several European Projects with the objective to get site measurements of the dynamic and physical parameters corresponding to several releases (Thorney Island experiments 1982 and 1984, German propane release 1990, FLADIS project 1994). MERCURE results compared reasonably well with the collected measurements.
MERCURE / ESTET fully solves Navier-Stokes equations (for averaged quantities if the flow is turbulent) by the fractional step method in finite differences and finite elements, on two- or three-dimensional domains, in transient or permanent regimes. Structured monoblock meshes are created with cartesian, polar-cylindrical or non-orthogonal curved coordinates. ESTET uses a semi-offset gate for the velocity and pressure variables.
MERCURE was fitted to the planetary boundary layer, using the virtual potential temperature as the thermal variable for the energy balance equation or other features making atmospheric releases easier to deal with.

4. SIMULATIONS OF AN ACCIDENTAL RELEASE

A case study was carried out using both MSS and MERCURE codes. The simulation relates to a hypothetical accidental release of a chemical among the buildings on an industrial site. The meteorological and release conditions are realistic. The studied accident is a reference one for possible emergency situations on this site.

4.1. Input conditions

Meteorological condition

The atmosphere is very stable (F class in Pasquill-Gifford formalism). The north-east wind has a module of 2 $m.s^{-1}$ (at 10 m above the ground). This common situation is disadvantageous for the pollutants dispersion.

Atmospheric releases

Cylinders of pressurized liquid chlorine are kept in stock on the site. The accident consists in the formation of a chlorine plume due to a breach in a cylinder. A diphasic flow occurs with a quick evaporation of the liquid phase.

The source term is calculated with the ATRCOD module developed by ARIA Technologies. The mass flow rate varies with time and takes into account the chlorine vapor and liquid phases.

Toxicological reference values

In France, 'toxicological reference values' are given by the INERIS (*Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels*) for chemicals. The values are concentrations, combined with exposure durations, (1) under which no irreversible effects on human health were observed or (2) leading to the death of a fraction (1 or 5%) of exposed people. In an accident, the atmospheric concentration C is not constant with time t; it is the common practice to calculate the dose $D = \int C^n(t)\,dt$ (for chlorine, n is 2.3). Introducing toxicological values in this formula, one obtains the 'irreversible effects' and 'death' doses. The actual doses are then compared to the noxious doses to determine the sanitary impact of the accident.

4.2. Computations conditions

Meshing

MSS calculation domain is a 645 m x 426 m x 250 m parallelepiped. The horizontal meshing is regular with a 3 m mesh size. The vertical meshing is refined near the ground level (28 levels, minimum size of 1.5 m).

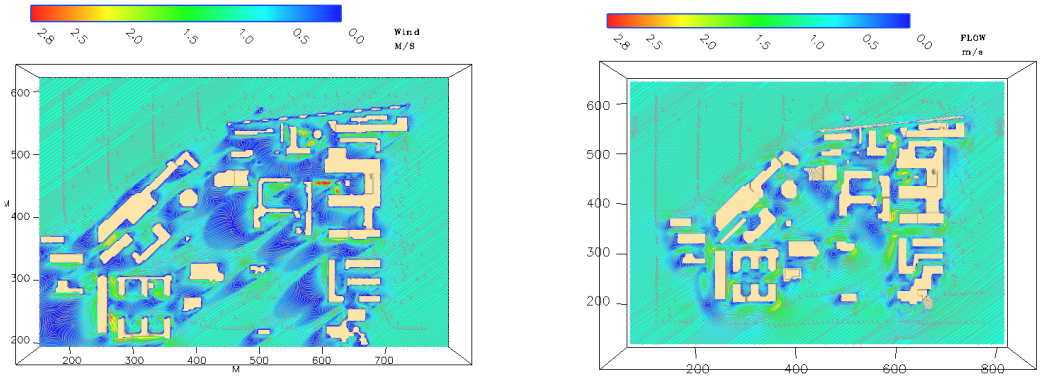
MERCURE calculation domain is slightly larger. The horizontal meshing is refined near the release location with minimum and average mesh sizes of 0.5 and 5 m. The vertical meshing is refined near the ground level (33 levels, minimum size of 0.5 m).

Numerical parameters

The simulated duration is 10 minutes in order to limit MERCURE computation time. In Micro-SPRAY, 250 particles are emitted at each time step of 1 s. In MERCURE, the time step is constant and equal to 1 s.

4.3. Wind fields results

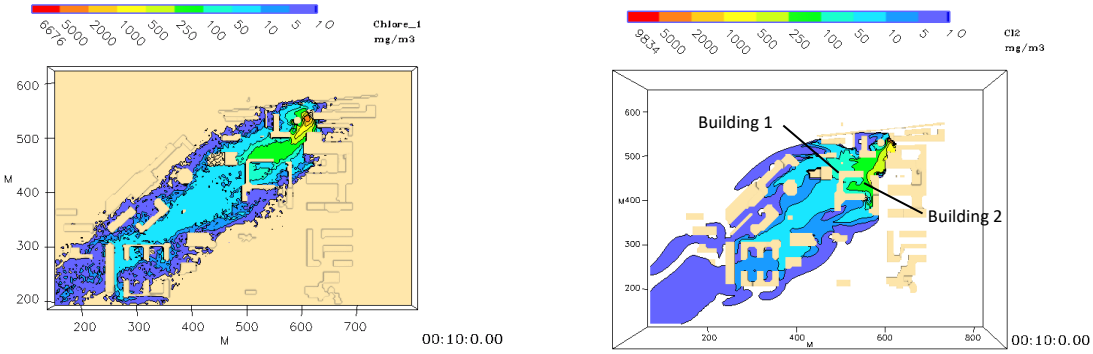
Figures 2a and 2b present the wind module and the streamlines, at 2 m above the ground level, simulated by MSS and MERCURE respectively. These figures illustrate the global behavior of the air masses around the buildings, the acceleration, deceleration or recirculation zones around the obstacles. The zones with low wind speeds are a bit larger according to MSS than for MERCURE. Close to a complex 'three-shaped' building, MSS indicates a high speed region corresponding to a canyon in MSS modeling of the buildings.



Figures 2a and 2b. Wind module and streamlines at 2 m (MSS on the left and MERCURE on the right).

4.4. Concentrations results

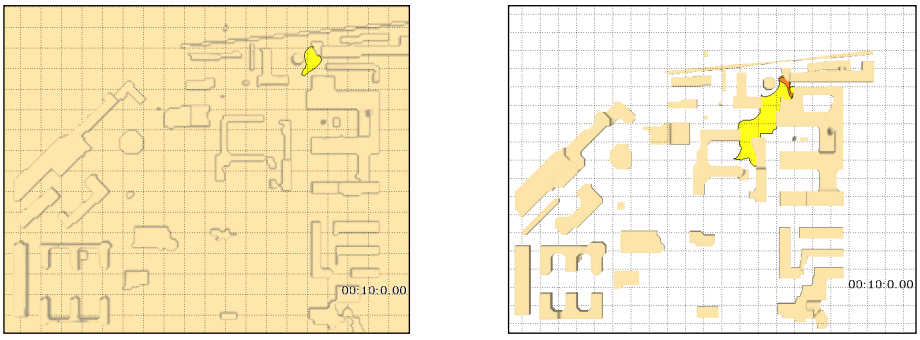
Figures 3a and 3b present sections, near the ground, of the concentration field, issued from respectively MSS and MERCURE. The figures show the close configurations of the plumes with similar extents of the coloured areas. Chlorine plume is advected a bit more southerly by MERCURE and farther by MSS while remaining more confined in the vicinity of the release and being slightly larger along with MERCURE. The difference is due to the method of taking the obstacles into account. While MSS doesn't consider the global effect of the buildings on the wind field, MERCURE channels the flow between the buildings denoted 1 and 2 on figure 3b. Moreover, turbulence modeling is different in the two models which influences the pollutants dispersion.



Figures 3a and 3b. Chlorine concentration at 2 m – t = 10 min (MSS on the left and MERCURE on the right).

4.5 Doses results

Figures 4a and 4b show the 'irreversible health effects' and 'death' zones as computed respectively by MSS and MERCURE. The lethal dose is obtained nowhere along with MSS while it is reached up to a maximum distance of 28 m with MERCURE. The irreversible effects dose is located close to the release, up to 32 m, according to MSS while it extends to 125 m for MERCURE. The shape and the extent of the doses contours are more dissimilar than the concentrations contours. This is explained by the doses calculation in which the concentrations are raised to the power 2.3 with the consequence to amplify the small discrepancies between the models. It is worth noticing the accident impact is restricted to a small area directly near the release point.



Figures 4a and 4b. 'Irreversible effects' and 'death' zones (MSS on the left and MERCURE on the right).

4.6. Computation times

Table 1 indicates the computation times for the 10 minutes simulations on one processor Intel® Xeon® 3.2 GHz with 3.2 Go RAM. While the 3D numerical results obtained with MSS and MERCURE are comparable, MSS computation times are much lower than MERCURE ones.

Table 1. MSS and MERCURE computation times.

	MSS	MERCURE	Ratio
Wind	40 s	28 560 s	0.1%
Dispersion	600 s	57 120 s	1.1%
Total	640 s	85 680 s	0.7%

5. LONG TERM IMPACT ASSESSMENT

For many industrial chronic atmospheric releases, a long term assessment is required. The local authorities demand to compute values as air concentration or soil deposition in terms of annual mean averages and other statistical figures as centils. These studies are generally carried out with simple Gaussian approaches doing the assumption not to take account of buildings effects or using empirical and not very accurate downwash formulations. Facing the more and more severe regulations, especially for VOC and for other releases going through low stacks, better solutions are necessary and provided by MSS. To perform a long term assessment, the model must be driven typically with five years of hourly meteorological data. This requirement is not compatible with full CFD CPU times as MERCURE and a fast algorithm is necessary.

The following application illustrates the VOC impact around an important car factory. Figure 5a shows how the plumes are affected by the wakes produced by the factory buildings. Figure 5b corresponding to the same computation with Pasquill-Gifford Gaussian approach shows that the impact is actually underestimated at the close vicinity of the plant while it is overestimated far from the buildings.

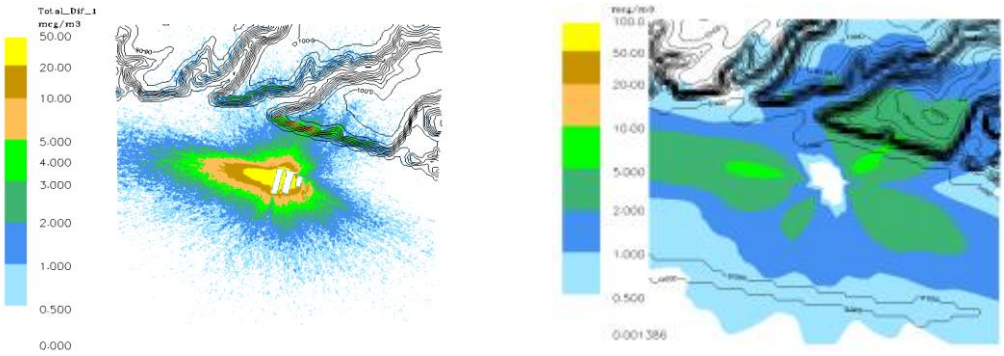


Figure 5a and 5b. Impact assessment using respectively MSS and Pasquill-Gifford Gaussian approach.

6. CONCLUSIONS

Gaussian plume or puff models have important limitations when used in the frame of dispersion and impact assessment studies for industrial sites or urban environment. On the other hand, a full CFD approach is very demanding in CPU resources. Micro-SWIFT-SPRAY modeling system, still under development, represents a promising compromise to quickly simulate the 3D flow field and the dispersion processes at the micro-scale. Some examples of MSS computations are given and discussed in the paper.

Concerning chronic releases, MSS has been used to do statistical descriptions of the atmospheric dispersion based on numerous calculations (typically with five years of hourly meteorological data) in a limited time.

Concerning accidental releases, 3D simulations with MSS and MERCURE CFD code have been carried out for the same occupied by buildings site in identical meteorological conditions. Wind fields, concentrations and doses results are comparable with minor explained discrepancies. While 3D numerical results are similar, MSS computation times are much lower than MERCURE ones. In this application, MSS goal of '90% of the solution for less than 10% of the CPU' is greatly reached.

Other MSS comparisons with CFD numerical results and wind tunnel or in field experimental data also give satisfaction. The implementation of MSS in operational tools such as the new version of HPAC (US-DOD) has now been completed successfully.

Finally, it is foreseen to use MSS in 'real time' or 'near real time' conditions in the framework of emergency response or preparedness to accidental or malevolent dispersal events. This would suppose the development of a parallel version of MSS modeling system.

8. REFERENCES

Kaplan, H., and Dinard, N. 1996. A Lagrangian dispersion model for calculating concentration distribution within a built-up domain. Atmos. Environ. 30 (24), 4197-4207.

Röckle, R. 1990. Bestimmung der Strömungsverhältnisse im Bereich komplexer Bebauungsstrukturen. PhD Thesis, Darmstadt, Germany.

Thomson, D.J. 1987. Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows. J. Fluid Mech. 180, 529-556.

Tinarelli, G., Anfossi, D., Bider, M., Ferrero, E., Trini Castelli, S. 1998. A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY. Some case studies. Proceedings of the 23rd CCMS-NATO Meeting, Varna. Kluwer Academic. 28 September - 2 October 1998. 499-507.

Tinarelli, G., Anfossi, D., Brusasca, G., Ferrero, E., Giostra, U., Morselli, M.G., Moussafir, J., Tampieri, F., Trombetti F. 1994. Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill. J. Applied Meteorology 33 (6), 744-756.

Références PMSS

2020

- **"JRII special sonic anemometer study: A first comparison of building wakes measurements with different levels of numerical modelling approaches".**
  - ***Carissimo B., Trini Castelli S., Tinarelli G.***
  - Journal of Atmospheric Environment - 2020.

- **"Simulation of a de,se gas chlorine release with a Lagrangian particle dispersion model (LPDM)".**
  - ***Gomez F., Ribstein B., Makké L., Armand P., Moussafir J., Nibart M.***
  - Journal of Atmospheric Environment - 2020.

2019

- **"Assessment of the Sensitivity to the input Conditions with a Lagrangian particle Dispersion Model in the UDINEE Project"**
  - ***Trini Castelli S., Tinarelli G.***
  - Journal of Boundary-Layer Meteorology - 2019.

2018

- **"An accurate and ultrafast method for estimating three-dimensional radiological dose rate fields from arbitrary atmospheric radionuclide distributions".**
  - ***Xinpeng Li, Wei Xiong, Xiaofeng Xu, Sida Sun, Xintuan Yang, Qijie Zhang, Maxime Nibart, Armand Albergel, Sheng Fang.***
  - Journal of Atmospheric Environment - 2018.

- **"Validation of a Lagrangian particle dispersion model with wind tunnel and field experiments in urban environement "**
  - ***Trini Castelli S., Armand P., Tinarelli G., Duchenne C., Nibart M.***
  - Journal of Boundary-Layer Meteorology - 2019.

2017

- **"Comparison of atmospheric modelling systems simulating the flow, turbulence and dispersion at the microscale within obstacles "**
  - ***Trini Castelli S., Tinarelli G., Reisin T. G.***
  - Journal of Environ Fluid Mech - 2017.

2016

- **"FLOW AND DISPERSION MODELLING IN A COMPLEX URBAN DISTRICT TAKING ACCOUNT OF THE UNDERGROUND ROADS CONNECTIONS".**
  - ***Nibart M., Armand P., Duchenne C., Olry C. , Albergel A., Moussafir J. , Oldrini O.***
  - 17th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Budapest, HUNGARY.

- **"DEVELOPMENT OF THE PARALLEL VERSION OF A CFD – RANS FLOW MODEL ADAPTED TO THE FAST RESPONSE IN BUILT-UP ENVIRONMENTS".**
  - ***O. Oldrini , M. Nibart , P. Armand , J. Moussafir and C. Duchenne.***
  - 17th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Budapest, HUNGARY.

- **"A SENSITIVITY ANALYSIS FOR A LAGRANGIAN PARTICLE DISPERSION MODEL IN EMERGENCY-RESPONSE TEST CASES".**
  - ***Tinarelli G. , Nibart M., Armand P., Castelli S. T.***
  - 17th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Budapest, HUNGARY.

- **"VALIDATION OF A LPDM AGAINST THE CUTE EXPERIMENTS OF THE COST ES1006 ACTION – COMPARISON OF THE RESULTS OBTAINED WITH THE DIAGNOSTIC AND RANS VERSIONS OF THE MODELS".**
  - ***Duchenne C., Armand P. , Nibart M. , Hergault V.***
  - 17th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Budapest, HUNGARY.

- **"EMERGENCIES – A MODELING AND DECISION-SUPPORT PROJECT FOR THE GREAT PARIS IN CASE OF AN ACCIDENTAL OR MALICIOUS CBRN-E DISPERSION".**
  - ***O. Oldrini , S. Perdriel , M. Nibart , P. Armand , C. Duchenne and J. Moussafir.***
  - 17th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Budapest, HUNGARY.

2014

- **"INTRODUCTION OF MOMENTUM EQUATIONS IN MICRO-SWIFT".**
  - ***O. OLDRINI , M. NIBART , P. ARMAND , C. OLRY , J. MOUSSAFIR, A. ALBERGEL.***
  - 16th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Varna, BULGARIA.

- **"EVALUATION OF LOCAL-SCALE MODELS FOR ACCIDENTAL RELEASES IN BUILT ENVIRONMENTS – RESULTS OF THE "MICHELSTADT EXERCISE" IN COST ACTION ES1006".**
  - ***Baumann-Stanzer K. , Leitl B. , Trini Castelli S. , Milliez C.M. , Berbekar E. , Rakai A. , Fuka V. , Hellsten A7 , Petrov A. , Efthimiou G9 , Andronopoulos S., Tinarelli G., Tavares R., Armand P. , Gariazzo C. and all COST ES1006 Members.***
  - 16th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Varna, BULGARIA.

- **"COUPLING BETWEEN PMSS AND CONTAM: THE INDOOR / OUTDOOR CONTAMINANT TRANSFER OF A HAZARDOUS RELEASE".**
  - ***C. Bonan , M. Nibart , P. Armand , A. Albergel , C. Olry.***
  - 16th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Varna, BULGARIA.

2013

- **"COST ACTION ES1006. EVALUATION, IMPROVEMENT AND GUIDANCE FOR THE USE OF LOCAL-SCALE EMERGENCY PREDICTION AND RESPONSE TOOLS FOR AIRBORNE HAZARDS IN BUILT ENVIRONMENTS."**

- ***Leitl B., Trini Castelli S., Baumann-Stanzer K., Reisin T.G., Barmpas F., Moussafir J., Franke J., Balczo M., Arman P, Andronopoulos S.***
- 15th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Madrid, SPAIN

❖ **"CHEMICAL REACTIONS AT STREET SCALE USING A LAGRANGIAN PARTICLE DISPERSION MODEL (LPDM)"**

- ***Kaplan H., Olry C., Moussafir J. , Oldrini O. , Mahé F., Albergel A.***
- 15th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Madrid, SPAIN.

❖ **"DEVELOPMENT AND APPLICATION OF RETRO-SPRAY: A BACKWARD ATMOSPHERIC TRANSPORT AND DISPERSION MODEL AT THE REGIONAL AND URBAN SCALE."**

- ***Armand P., Olry C., Albergel A., Duchenne C., Moussafir J.***
- 15th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Madrid, SPAIN.

❖ **"MULTISCALE BUILD-UP AREA INTEGRATION IN PARALLEL SWIFT".**

- ***Oldrini O. , Nibart M., Armand P., Olry C., Moussafir J., Albergel A***
- 15th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes". Madrid, SPAIN.

❖ **"AIRCITY: A VERY HIGH-RESOLUTION 3D ATMOSPHERIC DISPERSION MODELING SYSTEM FOR PARIS"**

- ***Moussafir J, Olry C, Nibart M., Albergel A., Armand P., Duchenne C., Mahé F., Thobois L, Le Loaëc S., Oldrini O.***
- 15th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Madrid, SPAIN

2011

❖ **"DEVELOPMENT OF PMSS, THE PARALLEL VERSION OF MICRO-SWFT-SPRAY"**

- ***Oldrini O., Olry C., Moussafir J.,Armand P., Duchenne C.***
- 14th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Kos, GREECE

❖ **"NUMERICAL MODELLING OF MICROORGANISMS DISPERSION IN URBAN AREA: APPLICATION TO LEGIONELLA"**

- ***Frédéric Tognet, Cyrille Turmeau, Ti L. Ha, Eric Tarnaud, Laurence Rouïl, Bertrand Bessagnet, Enric Robine, Yannick Morel***
- 14th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Kos, GREECE.

❖ **"THE INDOOR / OUTDOOR POLLUTANT TRANSFER OF A HAZARDOUS RELEASE: APPLICATION TO A PARISIAN RAILWAY STATION"**

- ***Maxime NIBART, Patrick ARMAND, Christophe OLRY, Christophe DUCHENNE and Armand ALBERGEL***
- 14th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Kos, GREECE.

- **"APPLICATION OF PMSS, THE PARALLEL VERSION OF MSS TO THE MICRO-METEOROLOGICAL FLOW FIELDAND DELETERIOUS DISPERSION INSIDE AN EXTENDED SIMULATION DOMAIN COVERING THE WHOLE PARIS AREA"**
  - ***Christophe Duchenne, Patrick Armand, Olivier Oldrini, Christophe Olry, Jacques Moussafir***
  - 14th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Kos, GREECE.

- **"SIMULATION WITH MICRO-SPRAY AND POST-PROCESSOR SPRAYSHINE OF THE IRRADIATION DUE TO A RADIOACTIVE PLUME AND ITS DEPOSITION ON ALL ACCESSIBLE SURFACES IN THE URBAN ENVIRONMENT"**
  - ***Armand P., Olry C., Oldrini O., Carrère J., Duchenne C., Albergel A.***
  - 14th International Conference on Harmonization within Atmospheric
  - Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Kos, GREECE.

2010

- **SIMULATION OF SO2 EPISODES EXCEEDING EU REGULATIONS IN THE INDUSTRIAL AREA OF LE HAVRE WITH THE MM5, SWIFT AND SPRAY MODELS**
  - ***S. Perdriel, J. Moussafir, C. Dérognat, J. Cortinovis***
  - 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Paris, FRANCE.

- **"RECENT PHYSICAL MODELLING DEVELOPMENTS IN A LAGRANGIAN MODELLING SYSTEM FOR EMERGENCY RESPONSE PURPOSES"**
  - ***Armand P., Olry C., Moussafir J., Albergel A., Oldrini O.***
  - 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Paris, France.

- **"APPLICATION OF THE MSS (MICRO-SWIFT-SPRAY) MODEL TO PHOTOCATALYTIC COATING SIMULATIONS"**
  - ***Olry C., Moussafir J., Castanier P., Tinarelli G., Fourcault O., Plassais A.***
  - 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Paris, France.

- **"APPLICATION OF THE MSS (MICRO-SWIFT-SPRAY) MODEL TO LONG-TERM REGULATORY SIMULATIONS OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL PLANTS"**
  - ***Moussafir J., Olry C., Castanier P., Tinarelli G., Perdriel S.***
  - 13th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Paris, France.

2008

- **"3D SIMULATION OF THE DISPERSION IN THE URBAN ENVIRONMENT IN CASE OF AN EXPLOSION USING TESATEX PRE-PROCESSOR AND MICRO-SWIFT-SPRAY MODELLING SYSTEM"**
  - ***Armand P., Olry C., Albergel A., Duchenne C.***
  - 12th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Cavtat, Croatia.

2005

❖ **"AN EVALUATION OF THREE DIAGNOSTIC WIND MODELS (CALMET, MCSCIPUF, AND SWIFT) WITH WIND DATA FROM THE DIPOLE PRIDE 26 FIELD EXPERIMENTS" (SWIFT MODEL)**

- ***Cox R.M., Sontowski J. and Dougherty C.M.***
- Meteorological Applications, vol. 12, Issue 4, p.329-341 , pp 329-341

2004

❖ **"LAGRANGIAN PARTICLE MODELS"**

- ***Anfossi D., Physick W***
- Chapter 11 of Air Quality Modeling - Theories, Methodologies, Computational Techniques, and Available Databases and Software. Published by The EnviroComp Institute and the Air & Waste Management Association

❖ **"EVALUATION OF A LAGRANGIAN PARTICLE MODEL (SPRAY) TO ASSESS ENVIRONMENTAL IMPACT OF AN INDUSTRIAL FACILITY IN COMPLEX TERRAIN"**

- ***GARIAZZO C., PELLICCIONI A., BUGLIOLO M.P., SCALISI G.***
- WATER AIR AND SOIL POLLUTION, 155, 137-158

❖ **MICRO-SWIFT-SPRAY (MSS) A NEW MODELING SYSTEM FOR THE SIMULATION OF DISPERSION AT MICROSCALE, GENERALDESCRIPTION AND VALIDATION".**

- ***Tinarelli G, Brusasca G, Oldrini O, Anfossi D, Trini Castelli S, Moussafir J***
- Proc. Of the 27th CCMS-NATO meeting. Banff CANADA

❖ **"A NEW OPERATIONAL APPROACH TO DEAL WITH DISPERSION AROUND OBSTACLES : THE MSS (MICRO-SWIFT-SPRAY) SOFTWARE SUITE"**

- ***Moussafir J., Oldrini O., Tinarelli G, Sontowski J, Dougherty C.***
- 9th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Garmisch, GERMANY

❖ **"MESOSCALE DISPERSION OF XENON ALONG THE RHONE VALLEY IN FRANCE – RESULTS OF A MODELLING SYSTEM CHAINING ADAS, MM5, MINERVE AND SPRAY"**

- ***Armand P., Achim P., Commanay J., Chevallaz-Perrier R., Moussafir J, Moon D., Albergel***
- 9th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Garmisch, GERMANY

2003

❖ **"EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF TWO DIFFERENT HEATING SCENARIOS IN URBAN AREA"**

- ***Trini Castelli S., Anfossi D., Ferrero E***
- Int. J. Environment and Pollution, 20, 207-217.

❖ **TURBULENCE FIELDS FOR ATMOSPHERIC DISPERSION MODELS IN HORIZONTALLY NON-HOMOGENEOUS CONDITIONS"**

- ***Ferrero E., Trini Castelli S., Anfossi D.***
- Atmospheric Environment, 37, 2305-2315

- **"ATMOSPHERIC DISPERSION IN NON-HOMOGENEOUS CONDITIONS – SIMULATION OF A WIND TUNNEL TRACER EXPERIMENT"**
  - ***Trini Castelli S., Ferrero E., Anfossi D.***
  - Proceedings of PHYSMOD2003: International Workshop on Physical Modelling of Flow and Dispersion Phenomena. Prato, Italy.

- **"AIR QUALITY INTEGRATED ASSESSMENT IN TURIN URBAN AREA USING ATMOSPHERIC TRANSPORT AND DISPERSION MODELS"**
  - ***Calori G., De Maria R., M. Clemente, F. Lollobrigida, S. Finardi, G. Tinarelli***
  - 4th International Conference on Urban Air Quality Measurement, Modelling and Management. Prague, CZECH REPUBLIC.

2002

- **DOSE PROTECTIONUSING DISPERSION MODELS**
  - ***Breznik B., Boznar M., Mlakar P., Tinarelli G***
  - 8th Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Sofia, BULGARIA

- **INTEGRATED AIR QUALITY ASSESSMENT OF AN ALPINE REGION: EVALUATION OF THE MONT BLANC TUNNEL RE-OPENING EFFECTS"**
  - ***Finardi S., Brusasca G., Calori G., Nanni A., Tinarelli G., Agnesod G., Pession G., Zublena M.***
  - 8th Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, 404-408. Sofia, BULGARIA

- **"TURBULENCE STATISTICS ESTIMATION AND DISPERSION SIMULATION SCENARIOS IN URBAN ENVIRONMENT"**
  - ***Trini Castelli S., Ferrero E., Anfossi D.***
  - Proceedings of 8th Workshop on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Sofia, BULGARIA.

- **"LAGRANGIAN STOCHASTIC DISPERSION MODELLING FOR THE SIMULATION OF THE RELEASE OF CONTAMINANTS FROM TALL AND LOW SOURCES"**
  - ***Carvalho J., Degrazia G., Anfossi D., Jacondino de Campos C., Roberti D.R., Sansigolo Kerr A.***
  - Meteorologische Zeitschrift, 11, 89-97

- **"INTEGRATED ASSESSMENT OF TRAFFIC IMPACT IN AN ALPINE REGION"**
  - ***Nanni A., Brusasca G., Calori G., Finardi S., Silibello C., Tinarelli G., Zublena M., Agnesod G., Pession G., Savoye M.***
  - Seventh Highway & Urban Pollution Symposium. Barcelona, SPAIN.

2001

- **"Study of the transport and diffusion process in the PBL using the RAMS and SPRAY models: application to the TRACT experiment"**
  - ***Carvalho J., Degrazia G. , Anfossi D. , Trini Castelli S.***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XIV, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press. New York, USA

- **"APPLICATION OF A MODEL SYSTEM FOR THE STUDY OF TRANSPORT AND DIFFUSION IN COMPLEX TERRAIN TO THE TRACT EXPERIMENT"**
  - ***Carvalho J., Anfossi D., Trini Castelli S., Degrazia G.A.***
  - Atmospheric Environment, 36, 1147-1161

- **"METODOLOGIE INTEGRATE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN AREE AD ALTA URBANIZZAZIONE"**
  - ***Cuffini S., Pavone F., Anfossi D., Nanni A., Tinarelli G.***
  - Proceedings of the congress "Arie di città". Bologna, ITALY

- **"ASSESSMENT OF POLLUTION IMPACT OVER TURIN SUBURBAN AREA USING INTEGRATED METHODS"**
  - ***Tinarelli G., Alessandrini S., D. Anfossi, F. Pavone, S. Cuffini***
  - Proceedings of the 25th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application. Louvaine la Neuve, BELGIUM.

- **"LAGRANGIAN PARTICLE SIMULATION OF AN EPA WIND TUNNEL TRACER EXPERIMENT IN A SCHEMATIC TWO-DIMENSIONAL VALLEY".**
  - ***Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G., Trini Castelli S.***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XIV, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press. New York, USA

- **"SIMULATION OF ATMOSPHERIC DISPERSION IN URBAN STABLE BOUNDARY LAYER"**
  - ***Ferrero E., D.Anfossi, G. Tinarelli***
  - Int. J. Environment and Pollution, 16 (1-6), 1-8.

- **"IN SITU DIAGNOSTIC OR NESTED PROGNOSTIC METEOROLOGICAL MODELS TO DRIVE DISPERSION SIMULATIONS IN COMPLEX AREA: A COMPARISON IN A REAL APPLICATION"**
  - ***Finardi S., Tinarelli G., Nanni A., Anfossi D., Ferrero E., Trini Castelli S.***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XIV, S.E. Gryning and F.A. Schiermeier eds., Kluwer Academic / Plenum Press. New York, USA

- **"A DISPERSION STUDY OF THE AEROSOL EMITTED BY FERTILIZER PLANTS IN THE REGION OF SERRA DO MAR SIERRA, CUBATAO, BRAZIL"**
  - ***Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Carvalho J., Trini Castelli S.***
  - Int. J. Environment and Pollution, 16, 251-263

- **"ANALYSIS OF THE MIDDLE RANGE TRANSPORT OF THA AEROSOL FROM CUBATÃO BY MEANS OF A MODELLING SYSTEM FOR COMPLEX TERRAIN"**
  - ***Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Jonas Da Costa Carvalho, Finardi S., Trini Castelli S.***
  - Proceedings of the 7th international conference on harmonization within atmospheric dispersion modelling for regulatory purposes, 405-409. Belgirate, ITALY.

- **"COMPARISON OF A GAUSSIAN (ISC3) AND A LAGRANGIAN PARTICLE MODEL (SPRAY) FOR REGULATORY APPLICATIONS IN FLAT AND COMPLEX TERRAIN SITES REPRESENTATIVE OF TYPICAL ITALIAN LANDSCAPE"**
  - ***Brusasca G., Carboni G., Finardi S., Sanavio D., Tinarelli G., Toppetti A.***
  - 7th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Belgirate, ITALY.

- **"AN EVALUATION OF THREE DIAGNOSTIC WIND MODELS WITH DATA FROM FIELD EXPERIMENTS OF THE DEFENSE THREAT REDUCTION AGENCY" (SWIFT MODEL)**
  - ***Sontowski J., Cox R.M., Dougherty C.M., Heard P.***
  - Presented at the 5th Annual Workshop on Transport and Dispersion Modeling, George Mason University, 18-19

2000

- **"ESTIMATION OF THE LAGRANGIAN STRUCTURE FUNCTION CONSTANT C0 FROM SURFACE LAYER WIND DATA"**
  - ***Anfossi D., G. Degrazia, E. Ferrero, S.E. Gryning, M.G. Morselli, S. Trini Castelli***
  - Boundary-Layer Meteorology, 95, 249-270.

- **"SHORT REVIEW OF LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS FOR THE SIMULATION OF THE ATMOSPHERIC POLLUTANT DISPERSION"**
  - ***Anfossi D.***
  - Hybrid Methods in Engineering, 2, 261-279

- **"ESTIMATION OF KOLMOGOROV CONSTANT C0 FROM SONIC ANEMOMETER MEASUREMENTS IN THE ATMOSPHERIC SURFACE LAYER"**
  - ***Anfossi D., G. Degrazia, E. Ferrero, S.E. Gryning, M.G. Morselli, S. Trini Castelli***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XIII, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, 631-639. New York, USA

- **"SIMULACÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA CAMADA LIMITE PLANETARIA UTILIZANDO UM SISTEMA DE MODELOS"**
  - ***Carvalho J., Degrazia G., Anfossi D., Trini Castelli S***
  - Ciencia e Natura, Volume Especial 2000, 9-43.

- **"INTERCOMPARISON OF LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS BASED ON TWO DIFFERENT PDF'S"**
  - ***Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G., Tamiazzo M.***
  - Int. J. Environment and Pollution, 14, 225-234

- **"INVESTIGATION OF INHALABLE AEROSOL DISPERSION AT CUBATÃO BY MEANS OF A MODELLING SYSTEM FOR COMPLEX TERRAIN"**
  - ***Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Trini Castelli S., Nascimiento S.***
  - Hybrid Methods in Enginnering, 2, 389-407

- **"A NEW HIGH PERFORMANCE VERSION OF THE LAGRANGIAN PARTICLE DISPERSION MODEL SPRAY, SOME CASE STUDIES"**
  - ***Tinarelli G., D.Anfossi, M. Bider, E.Ferrero, S. Trini Castelli***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XIII, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, 499-507. New York, USA

- **"COMPARISON OF ATMOSPHERIC TRANSPORT CALCULATIONS OVER COMPLEX TERRAIN USING A MOBILE PROFILING SYSTEM AND RAWINSONDES" (SWIFT MODEL)**
  - ***Cox R.M., Cogan J., Sontovski J., Dougherty C.M., Fry R.N., Smith T.J.***
  - Meteorological Applications Vol 7, pp 285-295, Royal Meteorological Society

- **"IN SITU DIAGNOSTIC OR NESTED PROGNOSTIC METEOROLOGICAL MODELS TO DRIVE DISPERSION SIMULATIONS IN COMPLEX AREA: A COMPARISON IN A REAL APPLICATION (SWIFT MODEL)**
  - ***Finardi S., Tinarelli G., Nanni A., Anfossi D., Ferrero E., Trini Castelli S.***
  - Millenium NATO/CCMS Meeting. Boulder, Colorado, USA

1999

- **"SIMULATION OF ATMOSPHERIC DISPERSION IN URBAN STABLE BOUNDARY LAYER"**
  - ***Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G.***
  - 6th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Rouen, FRANCE.

- **"A DISPERSION STUDY OF THE AEROSOL EMITTED BY FERTILIZER PLANTS IN THE REGION OF SERRA DO MAR SIERRA, CUBATAO, BRAZIL".**
  - ***Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Carvalho J., Trini Castelli S.***
  - 6th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Rouen, France.

- **"A PROTOTYPE INTEGRATED SYSTEM OF MODELS SIMULATING ACCIDENTAL RELEASES AND ATMOSPHERIC DISPERSION IN A TOPOGRAPHICALLY COMPLEX AREA"**
  - ***Anfossi D., Bellasio R., Bianconi R., Bider M., Canepa E., Modesti F., Mosca S., Ratto C., Tinarelli G., Trini Castelli S.***
  - 4th International Congress "Energy, Environment and Technological Innovation". Rome, ITALY.

- **"LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS APPLIED TO URBAN ATMOSPHERIC DISPERSION".**
  - ***Ferrero E., Tamiazzo M., Anfossi D., Tinarelli G.***
  - 4th International Congress "Energy, Environment and Technological Innovation". Rome, ITALY.

- **"SIMULATION OF COPENHAGEN TRACER DIFFUSION EXPERIMENT BY MEANS OF A LAGRANGIAN PARTICLE MODEL"**
  - ***Carvalho J., G. Degrazia, D.Anfossi, S. Trini Castelli***
  - Hybrid Methods in Engineering, 1, 309-327

- **"ANALYSIS OF THE ATMOSPHERIC AEROSOL IMPACT ON SERRA DO MAR SIERRA, CUBATAO, BRAZIL"**
  - ***Sansigolo Kerr A., Anfossi D., Aparecida Do Nascimiento S.***
  - 2nd International Conference - Urban Air Quality. Madrid, SPAIN.

1998

- **"A NEW HIGH PERFORMANCE VERSION OF THE LAGRANGIAN PARTICLE DISPERSION MODEL SPRAY, SOME CASE STUDIES"**
  - ***Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E., Trini Castelli S.***
  - Preprints of the 23rd CCMS-NATO meeting, Varna, 343-350. DEMETRA publications.

- **"MODELLISTICA DI DIFFUSIONE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI"**
  - ***Bacci P., Brusasca G., Morselli M.G., Negri A., Tinarelli G.***
  - Rimini, ITALY.

- **"SENSITIVITY ANALYSIS OF LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS FOR CBL WITH DIFFERENT PDF'S AND TURBULENCE PARAMETERIZATIONS".**
  - ***Ferrero E., D. Anfossi***
  - Air Pollution Modelling and its Applications XII, S.E. Gryning and N. Chaumerliac eds., Plenum Press.

- **"COMPARISON OF PDFS, CLOSURES SCHEMES AND TURBULENCE PARAMETERIZATIONS IN LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS"**
  - ***Ferrero E., D. Anfossi***
  - Int. J. Environment and Pollution, 9, 384-410

- **"CONFRONTO TRA MODELLI STOCASTICI LAGRANGIANI DI DISPERSIONE NELLO STRATO LIMITE CONVETTIVO BASATI SU DIVERSE PDF"**
  - ***Anfossi D., Trini Castelli S., Ferrero E., Brusasca G., Tinarelli G.***
  - Convegno di Meccanica Stocastica. Lampedusa, ITALY

- **"INTERCOMPARISON OF LAGRANGIAN STOCHASTIC MODELS BASED ON TWO DIFFERENT PDF'S"**
  - ***Ferrero E., Anfossi D., Tinarelli G., Tamiazzo M.***
  - 5th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Rhodes, GREECE.

- **"THE ROLE OF WIND FIELD, MIXING HEIGHT AND HORIZONTAL DIFFUSION INVESTIGATED THROUGH TWO LAGRANGIAN PARTICLE MODELS"**
  - ***Desiato F., Anfossi D., Trini Castelli S., Ferrero E., Tinarelli G.***
  - Atmospheric Environment, 32, 4157-4165.

- **"ESTIMATION OF THE KOLMOGOROV CONSTANT C0 FROM CLASSICAL STATISTICAL DIFFUSION THEORY"**
  - ***Degrazia G., D.Anfossi.***
  - Atmospheric Environment, 32, 3611-3614. Pergamon Press. Oxford, UK.

- **"A LAGRANGIAN DECORRELATION TIME SCALE FOR NON-HOMOGENEOUS TURBULENCE"**
  - ***Degrazia G., Anfossi D., Fraga de Campos Velho H., Ferrero E.***
  - Boundary-Layer Meteorology, 86, 525-534.

- **"EVALUATION OF DIFFERENT WIND FIELD MODELING TECHNIQUES FOR WIND ENERGY APPLICATIONS OVER COMPLEX TOPOGRAPHY" (SWIFT MODEL)**
  - ***Finardi S., Tinarelli G., Faggian P., Trini Castelli S., Brusasca G.***
  - Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 74-76, pp 283-294

- **"WIND AND DIFFUSION MODELING FOR COMPLEX TERRAIN" (SWIFT MODEL)**
  - ***Cox R., Sontowski J., Fry R., Dougherty C., Smith T.***
  - Journal of Applied Meteorology, 37, pp 996-1009
    (For us, this is a keystone paper, because it is the first publication in an important civilian peer reviewed journal about the work done since 1993 for the US-DOD. It is co-signed by the US Defense Special Weapons Agency - DSWA).

1997

- **"TRANSALP 1989 EXPERIMENTAL CAMPAIGN - PART II: SIMULATION OF A TRACER EXPERIMENT WITH LAGRANGIAN PARTICLE MODELS."**

- ***Anfossi D., F. Desiato, G. Tinarelli, G. Brusasca, E. Ferrero, D. Sacchetti***
- Atmospheric Environment, 32, 7, 1157-1166.

❖ **"INTERCOMPARISON OF 3-D TURBULENCE PARAMETERIZATION FOR DISPERSION MODELS IN COMPLEX TERRAIN DERIVED FROM A CIRCULATION MODEL"**

- ***Trini Castelli S., Anfossi D.***
- Nuovo Cimento, 20 C, 287-313, Editrice Compositori. Bologna, ITALY.

❖ **"LA MODELLISTICA DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA"**

- ***Brusasca G.***
- Giornate di Studio "Progettare la qualità dell'aria". Lipari, ITALY.

❖ **"GLOBAL EVALUATION OF THE ACTIVITY OF TOXIC AND HAZARDOUS WASTE LANDFILLS USING MONITORING AND MODELING INTEGRATED SYSTEM" PROC. OF 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE "AIR POLLUTION**

- ***Pacitti, M. P. Mensio, G. Brusasca, G. Tinarelli, G. Genon, F. Marchese, G. Nobile, G. Malvasi***
- Proc. Of 5th international conference "Air Pollution 1997" - Air Pollution V, modelling, monitoring and management, 517-526, Computational Mechanics Publications. Bologna, ITALY.

❖ **"SIMULATION OF ATMOSPHERIC DISPERSION IN CONVECTIVE BOUNDARY LAYER: COMPARISON BETWEEN TWO LAGRANGIAN PARTICLE MODELS"**

- ***Ferrero E., D.Anfossi, G. Brusasca, G. Tinarelli, Alessandrini S., S. Trini Castelli***
- Int. J. Environment and Pollution, 8, 315-323

❖ **"AN INTERCOMPARISON OF TWO TURBULENCE CLOSURE SCHEMES AND FOUR PARAMETERIZATIONS FOR STOCHASTIC DISPERSION MODELS"**

- ***Ferrero E., D.Anfossi, G. Tinarelli, S. Trini Castelli***
- Nuovo Cimento, 20 C, 315-329, Editrice Compositori. Bologna, ITALY

❖ **"MODELLISTICA DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO PRODOTTO DA IMPIANTI INDUSTRIALI IN CONDIZIONI METEO-DIFFUSIVE COMPLESSE"**

- ***Bacci P., Brusasca G., Morselli M.G.***
- SIDISA – Simposio internazionale di ingegneria sanitaria ambientale. Revello, ITALY.

❖ **"INTEGRAZIONE DI UN SISTEMA DI SUPERVISIONE AMBIENTALE NEL SISTEMA INFORMATIVO DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA DI FUSINA"**

- ***Stefani A., Brusasca G., Grigolon E., Martinelli U., Marzorati A.***
- Atti del 97° convegno AEI – 65-70. Baveno, ITALY

❖ **"A SIMPLIFIED VERSION OF THE CORRECT BOUNDARY CONDITIONS FOR SKEWED TURBULENCE IN LAGRANGIAN PARTICLE MODELS"**

- ***Anfossi D., E. Ferrero, G. Tinarelli, S. Alessandrini.***
- Atmospheric Environment, 31, 2, 301-308.

Annexe 2 : Résultats détaillés des calculs de risque (QD et ERI)

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES À SEUIL

Le Tableau 32 présente les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs de risque à partir des Concentrations inhalées (CI) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues.

Tableau 32 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation pour les scénarios d'exposition

			Scénario résident projet		Scénario travailleur projet	
Organe /Système cible	**Substance**	**VTR (µg/m³)**	**Situation future « fil de l'eau" - horizon 2027**	**Situation future avec projet - horizon 2027**	**Situation future « fil de l'eau" - horizon 2027**	**Situation future avec projet - horizon 2027**
Développement	benzo(a)pyrène	2.0E-03	-	5.0E-02	5.5E-02	5.9E-02
Système immunitaire	Benzène	1.0E+01	-	3.4E-02	3.4E-02	3.4E-02
Développement	Arsenic	1.5E-02	-	6.8E-03	6.9E-03	6.9E-03
Système respiratoire	Nickel	2.3E-01	-	1.6E-03	1.6E-03	1.6E-03
Système respiratoire	Chrome	3.0E-02	-	3.8E-04	6.3E-04	8.3E-04
Développement	1,3-butadiène	2.0E+00	-	1.3E-01	1.3E-01	1.3E-01
Quotient de Danger Global			-	**0.22**	**0.23**	**0.24**

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES SANS SEUIL

Le Tableau 33 présente les Excès de Risque Individuel calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) pour l'exposition par voie respiratoire et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Afin d'apprécier le risque cancérigène global, le tableau présente également l'excès de risque individuel global (obtenu en additionnant les excès de risque individuel de chaque substance).

Tableau 33 : excès de Risque Individuel pour les scénarios d'exposition

		Scénario résident projet		Scénario travailleur projet	
Substances	**VTR ($\mu g/m^3)^{-1}$**	**Situation future « fil de l'eau" - horizon 2027**	**Situation future avec projet - horizon 2027**	**Situation future « fil de l'eau" - horizon 2027**	**Situation future avec projet - horizon 2027**
Benzène	2.60E-05	-	1.1E-06	5.0E-06	5.1E-06
1,3-butadiène	2.43E-07	-	8.2E-09	3.7E-08	3.7E-08
Chrome	4.00E-02	-	5.8E-08	4.3E-07	5.7E-07
Nickel	1.70E-04	-	8.2E-09	3.7E-08	3.7E-08
HAP eq. B(a)P	6.00E-04	-	9.0E-09	4.7E-08	5.2E-08
Arsenic	1.50E-04	-	2.0E-09	8.8E-09	8.8E-09
ERI Global		**-**	**1.2E-06**	**5.6E-06**	**5.8E-06**