

ETUDE D'IMPACT

AMENAGEMENT DU SECTEUR LALLIER A L'HAY-LES-ROSES (94)

EPT Grand-Orly Seine Bièvre

Etude « Air et Santé »

Avril 2020 – version 2



Sommaire

1.	CONTEXTE DE L'ETUDE « AIR ET SANTE »	3	4.9.1	Présentation générale du code utilisé	25
2.	CARACTERISATION DU SITE ET NIVEAU D'ETUDE	4	4.9.2	Mise en œuvre des simulations	25
2.1	Définition de la zone d'étude.....	4	4.9.3	Résultats des simulations	27
2.2	Niveau d'étude	4	4.10	Evaluation de l'exposition avec l'indice pollution-population (IPP)	32
3.	PARTIE 1 : ETAT INITIAL.....	6	4.10.1	Définition de la zone prise en compte	32
3.1	Documents cadres.....	6	4.10.2	Choix du polluant indicateur	32
3.1.1	Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE)	6	4.10.3	Méthode de calcul	32
3.1.2	Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)	6	4.10.4	Calcul de l'IPP du projet	32
3.1.3	Plan National Santé Environnement (PNSE)	7	4.11	Evaluation des risques sanitaires (ERS)	34
3.1.4	Plan Régional Santé Environnement (PRSE)	7	4.11.1	Méthodologie	34
3.2	Réglementation française	7	4.11.2	Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition à étudier	34
3.3	Diagnostic de la qualité de l'air – mesures des stations permanentes AIRPARIF.....	10	4.11.3	Etape 1 : Identification des dangers	35
3.3.1	Réseau de surveillance	10	4.11.4	Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence	36
3.3.2	Résultats des mesures AIRPARIF	11	4.11.5	Etape 3 : Evaluation des expositions	39
3.3.3	Indice général CITEAIR	15	4.11.6	Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires	45
3.1	Diagnostic de la qualité de l'air – Campagne de mesures	16	4.11.7	Analyses et incertitudes	53
3.1.1	Matériels et méthodes	16	4.12	Calcul des couts collectifs de la pollution atmosphérique	55
3.1.2	Conditions météorologiques	17	4.12.1	Méthodologie	55
3.1.3	Résultats des concentrations de NO ₂ mesurées	17	4.12.2	Valeurs de référence	55
3.1.4	Résultats des concentrations des PM10 mesurées	18	4.12.3	Valeurs de référence pour le calcul des couts liés à l'effet de serre additionnel	56
3.1.5	Conclusions sur le diagnostic de la qualité de l'air	18	4.12.4	Application sur le domaine d'étude	56
4.	PARTIE 2 : ANALYSE DES IMPACTS	21	4.13	Mesures de lutte contre la pollution de proximité	57
4.1	Domaine d'étude	21	4.14	Appréciation des impacts du projet en phase chantier	57
4.2	Réseau routier.....	21	5.	CONCLUSIONS	58
4.3	Relief	21	6.	ANNEXES.....	59
4.4	Description des conditions météorologiques	21			
4.5	Détermination du trafic	22			
4.6	Répartition du parc automobile	23			
4.7	Définition des facteurs d'émissions unitaires	23			
4.8	Calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique	23			
4.8.1	Méthodologie	23			
4.8.2	Bilan des émissions sur le domaine d'étude	23			
4.8.3	Bilan de la consommation de carburant et des émissions de CO ₂ sur le domaine d'étude	25			
4.9	Modélisation de la dispersion des polluants dans l'atmosphère	25			

2. CARACTERISATION DU SITE ET NIVEAU D'ETUDE

2.1 Définition de la zone d'étude

Le guide méthodologique disponible pour l'évaluation des impacts sur l'air et la santé est orienté sur les projets d'aménagements routiers. En absence d'un guide spécifique pour les projets d'aménagements urbains, le guide des études d'impacts routières est utilisé. Les études « air et santé » sont réalisées suivant les recommandations de la note technique 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 des infrastructures routières et son guide méthodologique.

La zone d'étude est définie dans le guide en fonction du réseau routier qui subit une variation du trafic de + ou - 10 % entre le scénario fil de l'eau et le scénario retenu.

Dans le cas de l'étude d'aménagement du quartier Lallier, nous considérerons le périmètre du projet augmenté de 300 mètres. La figure suivante présente la zone d'étude retenue dans le cadre de cette étude air et santé.

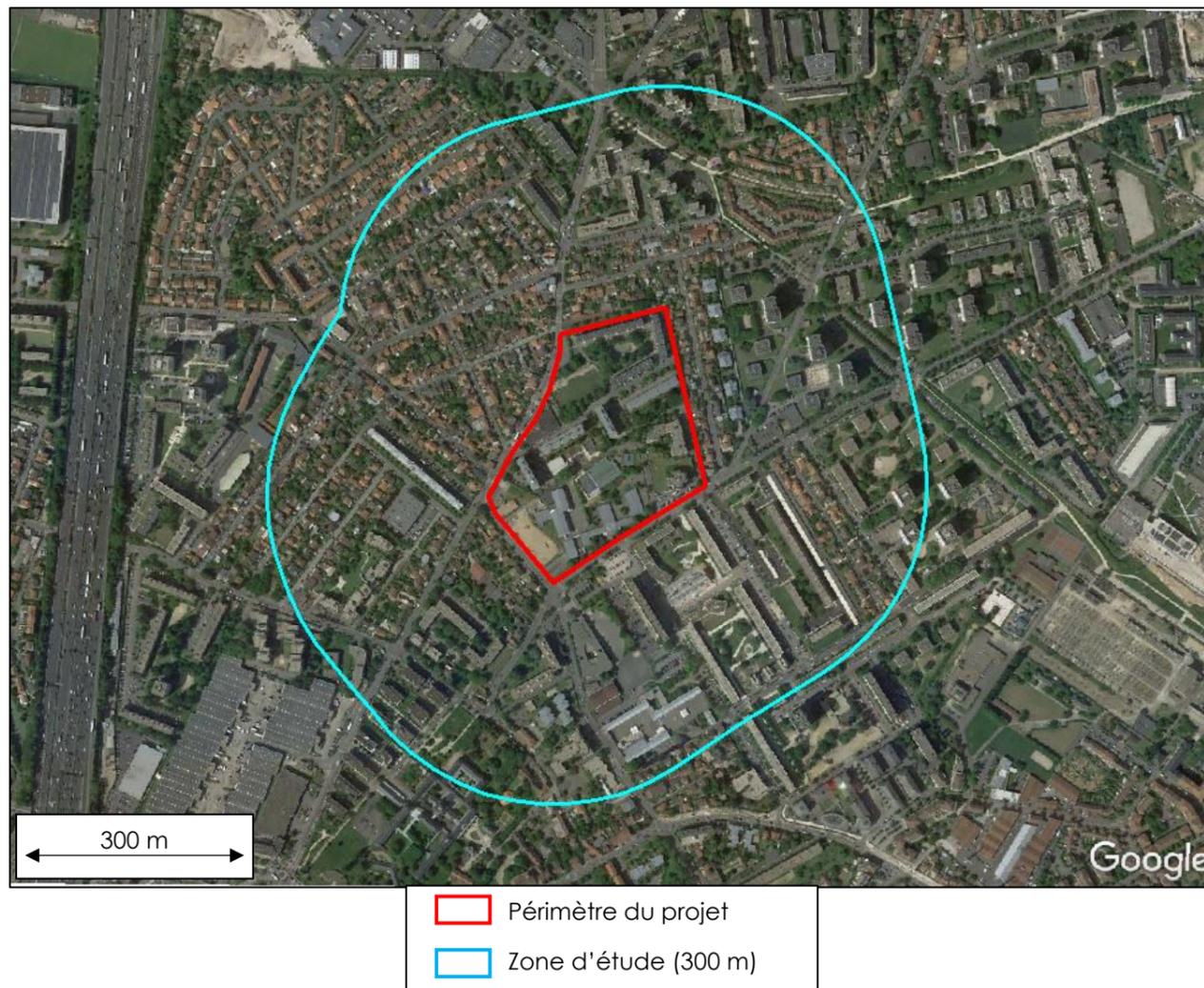


Figure 3 : Etendu de la zone d'étude retenue

2.2 Niveau d'étude

L'importance de l'étude à mener s'évalue en fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui devra être supportée à terme par le projet.

Quatre niveaux d'études sont distingués, en fonction de deux paramètres principaux qui sont les suivants la charge prévisionnelle de trafic et le nombre de personnes concernées par le projet.

Trafic à l'horizon d'étude et densité (hab/km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	De 25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou de 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	De 10 000 à 25 000 véh/j ou de 1 000 à 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité 2 000 à 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité < 2000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
G IV Pas de Bâti	III	III	IV	IV

Tableau 1 : Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de longueur du projet (source : note technique 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 des infrastructures routières)

Selon les données trafics disponibles, à savoir les comptages automobiles sur une semaine réalisé à IRIS CONSEIL lors de la campagne de mesures acoustiques, le trafic le plus importants relevé autour du quartier est de **8 200 véh/j sur la rue Paul Hochart**.

Les données de répartition de la population sur la zone d'étude ont été acquises auprès de l'INSEE.

Sur le périmètre du projet, la **densité de population est supérieure à 10 000 hab/km²**.

Dans ce cas, en considérant un trafic inférieur à 25 000 véh/j et une densité supérieure à 10 000 hab/km², l'étude air à réaliser est de niveau 2.

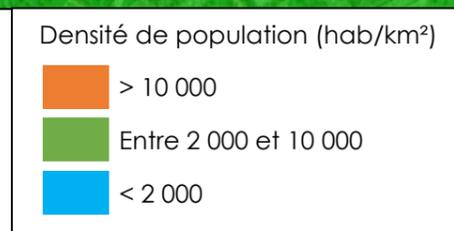
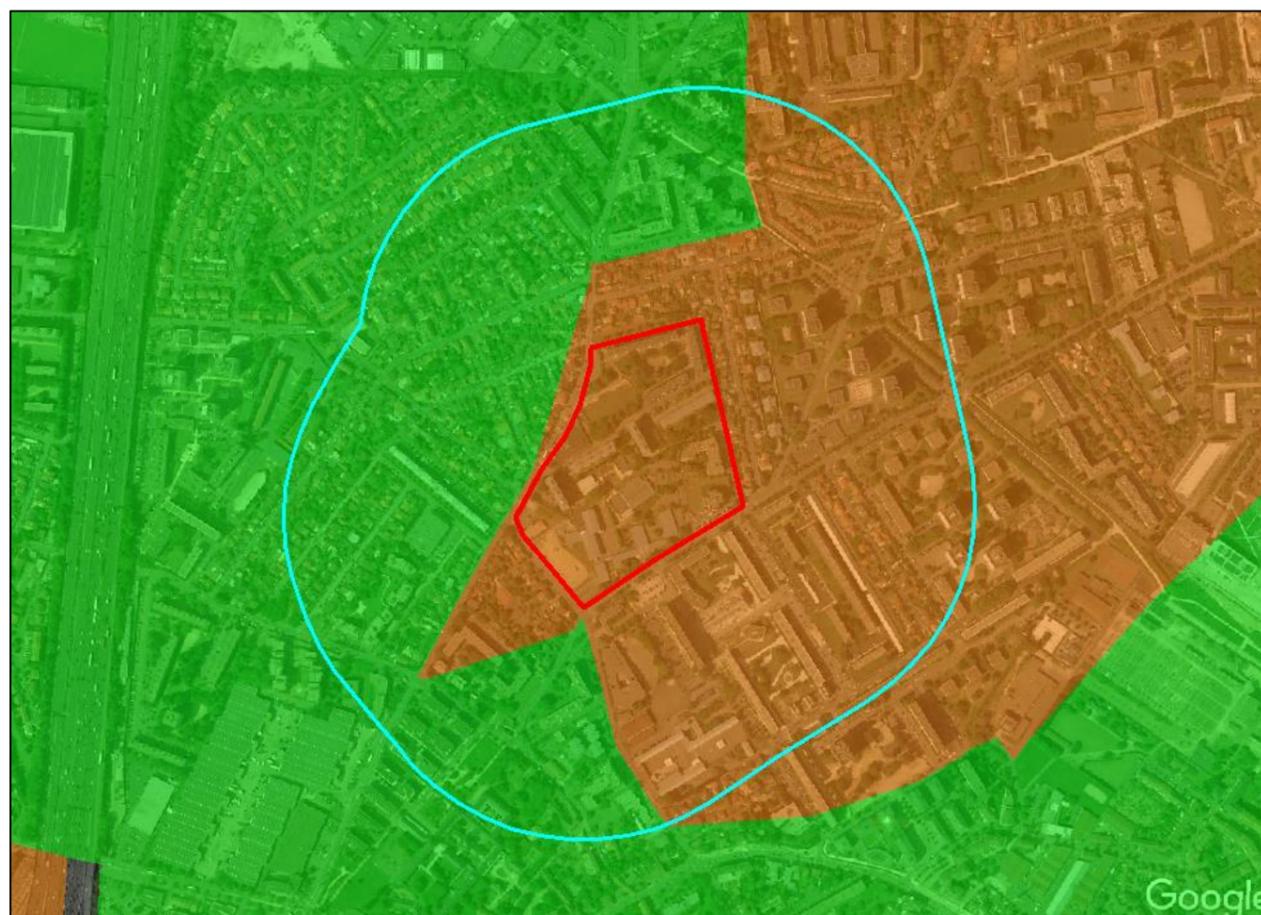


Figure 4 : Densité de population (source : INSEE)

Selon le niveau de l'étude, les exigences réglementaires diffèrent également.

Ainsi, d'après la note technique 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 des infrastructures routières, les études de niveau 2 requièrent :

- Qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié indice pollution – population (IPP) ;

- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) au niveau des lieux vulnérables.

Les polluants étudiés sont :

- Les oxydes d'azote (NO_x = NO₂ + NO),
- Les particules PM10 (particules en suspension avec diamètre inférieur à 10 micromètres),
- Les particules PM2,5 (particules en suspension avec diamètre inférieur à 2,5 micromètres),
- Le monoxyde de carbone (CO),
- Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM),
- Le benzène (C₆H₆),
- Le dioxyde de soufre (SO₂),
- L'arsenic (As),
- Le nickel (Ni),
- Le benzo(a)pyrène (BaP),
- Le 1,3-butadiène (C₄H₆),
- Le chrome (Cr),
- 15 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

La liste des 15 HAP à considérer est la suivante :

- Acénaphène
- Acénaphthylène
- Anthracène
- Benzo[a]anthracène
- Benzo[b]fluoranthène
- Benzo[k]fluoranthène
- Benzo[ghi]pérylène
- Chrysène
- Dibenzo[ah]anthracène
- Fluorène
- Fluoranthène
- Indéno[123-cd]pyrène
- Phénanthrène
- Pyrène
- Benzo[j]fluoranthène

3. PARTIE 1 : ETAT INITIAL

L'état initial dans l'étude « Air » permet de qualifier les paramètres environnementaux relatifs à l'air – avant la mise en œuvre du projet d'aménagement – cela afin d'établir un « état initial ». Cet état initial servira de référence pour le suivi de la qualité de l'air en ce qui concerne les années à venir. Cet état est également appelé « état zéro » et porte sur les polluants atmosphériques réglementés.

Cette phase consiste à caractériser la qualité de l'air actuelle dans le domaine d'étude. Elle sera faite par le biais :

- D'une analyse des moyens politiques et stratégiques mise en place à différentes échelles pour encadrer les actions contre le problème de la pollution de l'air et de ses effets sur la santé des populations
- D'une analyse des résultats des mesures des stations AIRPARIF (association agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Ile-de-France) ;
- Des mesures in situ des concentrations des polluants dans l'air.

3.1 Documents cadres

3.1.1 Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE)

La loi dite « Grenelle 2 », promulguée le 12 juillet 2010 prévoit par son article 68 la mise en place de Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE).

Le SRCAE, révisable tous les 5 ans, est régi par les articles L. 222-1, 2 et 3 du Code de l'Environnement.

D'une part, le SRCAE doit contenir :

- Des orientations permettant de réduire les émissions des gaz à effet de serre ;
- Des objectifs régionaux de maîtrise de demande en énergie ;
- Des objectifs de valorisation du potentiel d'énergies renouvelables ;
- Des orientations d'adaptation au changement climatique ;
- Des orientations concernant la pollution atmosphérique.

Et, plus spécifiquement, des orientations permettant, pour atteindre les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L.221-1 du code de l'environnement, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets.

À ce titre, le SRCAE définit des normes de qualité de l'air propres à certaines zones lorsque leur protection le justifie.

D'autre part, ce schéma est concerné par :

- Un bilan régional de consommation et production énergétiques ;
- Un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- Un bilan des émissions de polluants atmosphériques et de la qualité de l'air ;
- L'évaluation du potentiel d'économies d'énergie par secteur ;
- L'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables ;

- L'analyse de la vulnérabilité de la région aux effets du changement climatique.

Le SRCAE d'Île-de-France a été approuvé à l'unanimité par le Conseil Régional le 23 novembre 2012, puis arrêté par le Préfet de Région le 14 décembre 2012.

Compte tenu des critères de densité de population et des teneurs en particules PM10 et en oxydes d'azote, la commune de L'Haÿ-les-Roses fait partie de la « zone Sensible » pour la Qualité de l'Air définie par le SRCAE.

En fin de compte, il ressort du SRCAE Île-de-France 17 objectifs et 58 orientations thématiques qui ont été élaborées de façon à permettre l'atteinte des objectifs définis pour la région à l'horizon 2020 en matière de réduction des consommations énergétiques et de gaz à effet de serre, de développement des énergies renouvelables, d'amélioration de la qualité de l'air et d'adaptation au changement climatique.

Le SRCAE définit trois grandes priorités régionales pour 2020 :

- Le **renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments** avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire, et de triplement dans le résidentiel ;
- Le développement du chauffage urbain alimenté par des **énergies renouvelables** et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés ;
- **La réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier**, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).

3.1.2 Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Introduit par le Code de l'Environnement (Partie législative, Section 2 : Plans de protection de l'atmosphère) et mis en application par le décret du 25 mai 2001, le PPA fixe des objectifs de réduction de polluants atmosphériques pouvant nécessiter la mise en place de mesures contraignantes spécifiques à la zone couverte par le plan (à la différence du SRCAE qui fixe seulement des orientations et recommandations pour atteindre les objectifs de qualité).

Le PPA vise à ramener les concentrations en polluants à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées sur la base des connaissances scientifiques. Le but étant d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Le PPA, approuvé en janvier 2018, ambitionne de réduire très fortement, entre 40 et 70% selon les polluants, le nombre de franciliens exposés à des dépassements de valeurs limites de qualité de l'air.

Pour atteindre cet objectif, le PPA est construit autour de 25 défis déclinés en 46 actions concrètes.

3.1.3 Plan National Santé Environnement (PNSE)

Le troisième PNSE (période 2015-2019) témoigne de la volonté du gouvernement de réduire autant que possible et de façon la plus efficace les impacts des facteurs environnementaux sur la santé afin de permettre à chacun de vivre dans un environnement favorable à la santé.

Le PNSE 3 comporte une centaine d'actions à mettre en place, notamment concernant la qualité de l'air :

- Action n°42 : cartographier la qualité de l'air des zones sensibles ;
- Action n°50 : élaborer un nouveau Programme de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques nocifs pour la santé et ayant un impact sur le climat (PREPA) ;
- Action n°51 : réduire les émissions liées aux secteurs résidentiel et agricole ;
- Action n°52 : améliorer les connaissances liées à la qualité de l'air à différentes échelles et mieux caractériser les sources ;
- Action n°99 : développer la diffusion de l'information visant à favoriser la prise en compte de la qualité de l'air et de ses impacts sanitaires, notamment sur les personnes vulnérables (jeunes enfants, ...), dans les projets d'aménagement et d'urbanisme (installation de crèches, écoles à proximité d'axes à fort trafic routier), notamment dans le cadre du porter à connaissance de l'État lors de l'élaboration des documents d'urbanisme ;
- Action n°100 : donner aux communes et aux intercommunalités le pouvoir de mettre en œuvre des zones de restriction de circulation sur leur territoire afin de réduire notamment les émissions de particules et d'oxydes d'azote.

3.1.4 Plan Régional Santé Environnement (PRSE)

Le troisième PRSE (période 2017-2021) décline de manière opérationnelle les actions du PNSE 3 tout en veillant à prendre en compte des problématiques locales et à promouvoir des actions propres au territoire Francilien.

Le PRSE 3 comporte 18 actions déclinés en fiches actions transsectorielles. Ainsi sur la thématique Air, pas moins de 12 actions sont mise en place.

3.2 Réglementation française

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes.

La directive européenne n° 96/62/CE du 27 Septembre 1996 a été transcrite en droit français par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996, aujourd'hui codifiée. Cette loi a notamment institué le « droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé », ainsi que « le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets »

Le décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air définit la liste des polluants à suivre ainsi que seuils réglementaires.

Les polluants réglementés pour la qualité de l'air sont :

- Le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- Les particules en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5}) ;
- Le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- L'ozone (O₃) ;
- Le monoxyde de carbone (CO) ;
- Les composés organiques volatils (COV) ;
- Le benzène ;
- Les métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium, nickel) ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (le traceur du risque cancérigène utilisé est le Benzo(a)pyrène).

Les seuils réglementaires pour la qualité de l'air sont définis selon les différentes typologies dont la définition est donnée ci-dessous.

Objectif de qualité, un 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 cible, un 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.

Valeur limite, un 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.

Seuil d'information et de recommandation, un 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, un 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.

La synthèse des seuils réglementaires pour la qualité de l'air sont synthétisé dans les tableaux suivants :

OMS / UE / FR = origines des valeurs

DIOXYDE d'AZOTE (NO ₂)		
Objectif de qualité	40 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³ (UE)	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
	40 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle
Niveau critique pour la protection de la végétation (NO _x)	30 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle d'oxydes d'azote
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³ (FR)	en moyenne horaire
Seuils d'alerte	400 µg/m ³ (UE)	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
		ou si 200 µg/m ³ en moyenne horaire à J-1 et à J et prévision de 200 µg/m ³ à J+1 (FR)

OXYDES D'AZOTE (NO _x)		
Niveau critique pour la protection de la végétation	30 µg eq NO ₂ .m ⁻³	en moyenne annuelle

PARTICULES (PM ₁₀)		
Objectif de qualité	30 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures

PARTICULES (PM _{2,5})		
Objectif de qualité	10 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	20 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite 2015 pour la protection de la santé humaine	25 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle

Tableau 2 : seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur (1/3)

DIOXYDE de SOUFRE (SO ₂)		
Objectif de qualité	50 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350 µg/m ³ (UE)	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an
	125 µg/m ³ (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Niveau critique pour la protection des écosystèmes	20 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle et en moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars
Seuil d'information et de recommandation	300 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³	en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

OZONE (O ₃)		
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an
Objectif de qualité pour la protection de la végétation	6 000 µg/m ³ .h.	en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet entre 8h et 20h
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (en moyenne sur 3 ans)
Valeur cible pour la protection de la végétation	18 000 µg/m ³ .h. (UE)	en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet entre 8h et 20h (en moyenne sur 5 ans)
Seuil d'information et de recommandation	180 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population	240 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuils d'alerte nécessitant la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence	1 ^{er} seuil : 240 µg/m ³	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	2 ^{ème} seuil : 300 µg/m ³	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	3 ^{ème} seuil : 360 µg/m ³	en moyenne horaire

MONOXYDE de CARBONE (CO)		
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	10 mg/m ³ soit 10 000 µg/m ³ (FR)	pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures

BENZÈNE (C ₆ H ₆)		
Objectif de qualité	2 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle

Tableau 3 : seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur (2/3)

MÉTAUX LOURDS			
Objectif de qualité	Plomb (Pb)	0.25 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine		0,5 µg/m ³ (UE)	
Valeur cible à compter de 2013	Arsenic (As)	6 ng/m ³ (UE)	en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM ₁₀
	Cadmium (Cd)	5 ng/m ³ (UE)	
	Nickel (Ni)	20 ng/m ³ (UE)	

BENZO(A)PYRÈNE (B[A]P)		
Valeur cible à compter de 2013	1 ng/m ³ (UE)	en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM ₁₀

Tableau 4 : seuils réglementaires pour la qualité de l'air extérieur (3/3)

3.3 Diagnostic de la qualité de l'air – mesures des stations permanentes AIRPARIF

Créée en 1979, l'association AIRPARIF, association loi 1901 agréée par le ministère chargé de l'Environnement, a mis en place un réseau de surveillance de la qualité de l'air en continu en application de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Chaque station mesure heure par heure la concentration d'un certain nombre de polluants.

La carte ci-après présente la répartition des stations AIRPARIF en Ile-de-France.



Figure 5 : Cartes des stations AIRPARIF

3.3.1 Réseau de surveillance

Le dispositif de surveillance, dont le réseau de mesure régional, est dimensionné pour répondre aux exigences réglementaires mais aussi aux problématiques de qualité de l'air liées au contexte local comme par exemple la présence d'un réseau routier dense dans une zone fortement peuplée.

Ce dispositif est composé d'un réseau de mesures fixes continues, complété de mesures discontinues et d'outils de modélisation. À l'aide de ces derniers, des cartes des niveaux moyens annuels, intégrant les résultats de mesure aux stations, sont réalisées chaque année pour les principaux polluants réglementés.

La station de mesures AIRPARIF la plus proche est celle de Vitry-sur-Seine.

C'est une station de fond ; c'est-à-dire qu'elle n'est pas influencée par une source polluante locale identifiée. Cette station permet donc une mesure d'ambiance générale de la pollution de fond, représentative d'un large secteur géographique autour d'elle.



Station de Vitry-sur-Seine

Polluants mesurés : NO, NO₂, O₃, PM10, PM2,5 et SO₂

Les résultats présentés ci-après sont issus des relevés de la station de Vitry-sur-Seine et des études AIRPARIF, notamment le bilan de la qualité de l'air en 2018 (édité en avril 2019).

3.3.2 Résultats des mesures AIRPARIF

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant indicateur des activités de transport, notamment le trafic routier. A Paris, les émissions d'oxydes d'azote (NOx) sont dues en grande majorité au trafic routier (62%) et au secteur résidentiel et tertiaire (31%).

La concentration moyenne annuelle en 2018 à la station de Vitry-sur-Seine est de : **30 µg/m³**.

Cette concentration est inférieure à la valeur limite et à l'objectif de qualité fixés à 40µg/m³.

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne annuelle du NO₂ en 2018 à Paris et la petite couronne.

D'après la carte, la valeur limite est dépassée au droit et au voisinage des grands axes routiers.

Sur la zone d'étude, les rue Paul Hochart et de Bicêtre apparaissent en orange ce qui correspond à des concentrations de l'ordre de 30 à 40 µg/m³.

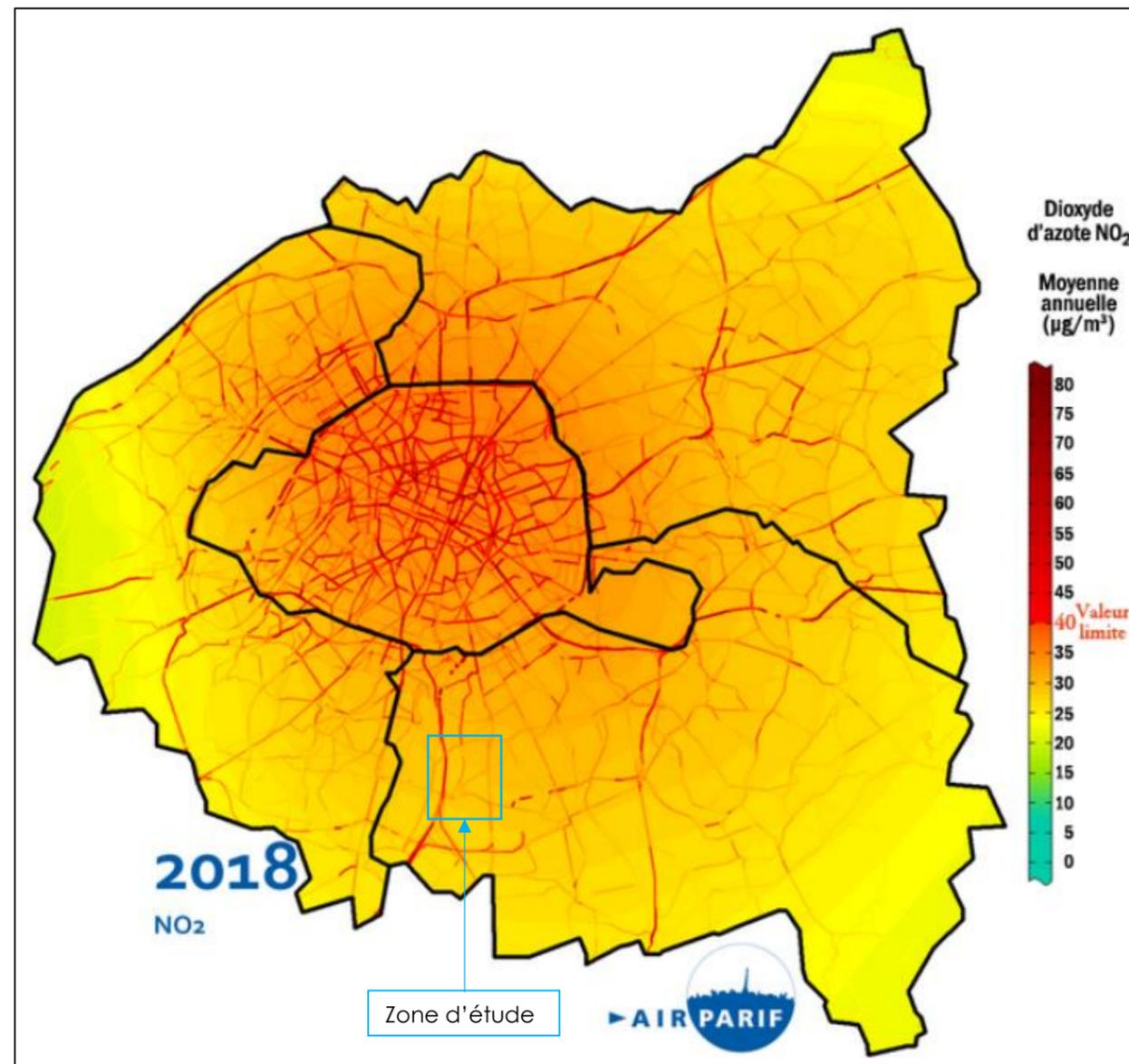


Figure 6 : Concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO₂) (source : AIRPARIF)

Particules fines PM10 et PM2,5

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm) et les PM2,5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm). Les particules PM10 sont majoritairement formées de particules PM2,5 : en moyenne annuelle, les PM2,5 représentent environ 60 à 70% des PM10.

Les sources de particules sont multiples. Il existe, d'une part, des rejets directs dans l'atmosphère, dont les sources majoritaires sont d'origine naturelle (sables, sels marins, feu de forêt), le secteur résidentiel et tertiaire, le trafic routier, les chantiers et l'agriculture. Les rejets indirects sont : la transformation chimique de polluants gazeux qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires, le transport à travers l'Europe, ou encore la remise en suspension des poussières déposées au sol.

Concernant les PM10, la concentration en moyenne annuelle en 2018 sur la station de Vitry-sur-Seine est de : **21 µg/m³**.

Cette valeur est inférieure à l'objectif de qualité (30 µg/m³) et à la valeur limite (40 µg/m³).

Concernant les PM2,5, la concentration en moyenne annuelle en 2018 sur la station de Vitry-sur-Seine est de : **13 µg/m³**.

Cette valeur est supérieure à l'objectif de qualité (10 µg/m³) mais est inférieure à la valeur cible (20 µg/m³) et à la valeur limite (25 µg/m³).

Les cartes pages suivantes présentent les concentrations en moyennes annuelles des PM10 et PM2,5 sur Paris et la petite couronne.

Sur la zone d'étude, en ce qui concerne les PM10, les seuils réglementaires de la qualité de l'air ne sont pas dépassés.

Pour ce qui est des PM2,5, l'objectif de qualité de 10 µg/m³ est dépassé en tout point en revanche pas de dépassement de la valeur cible et de la valeur limite.

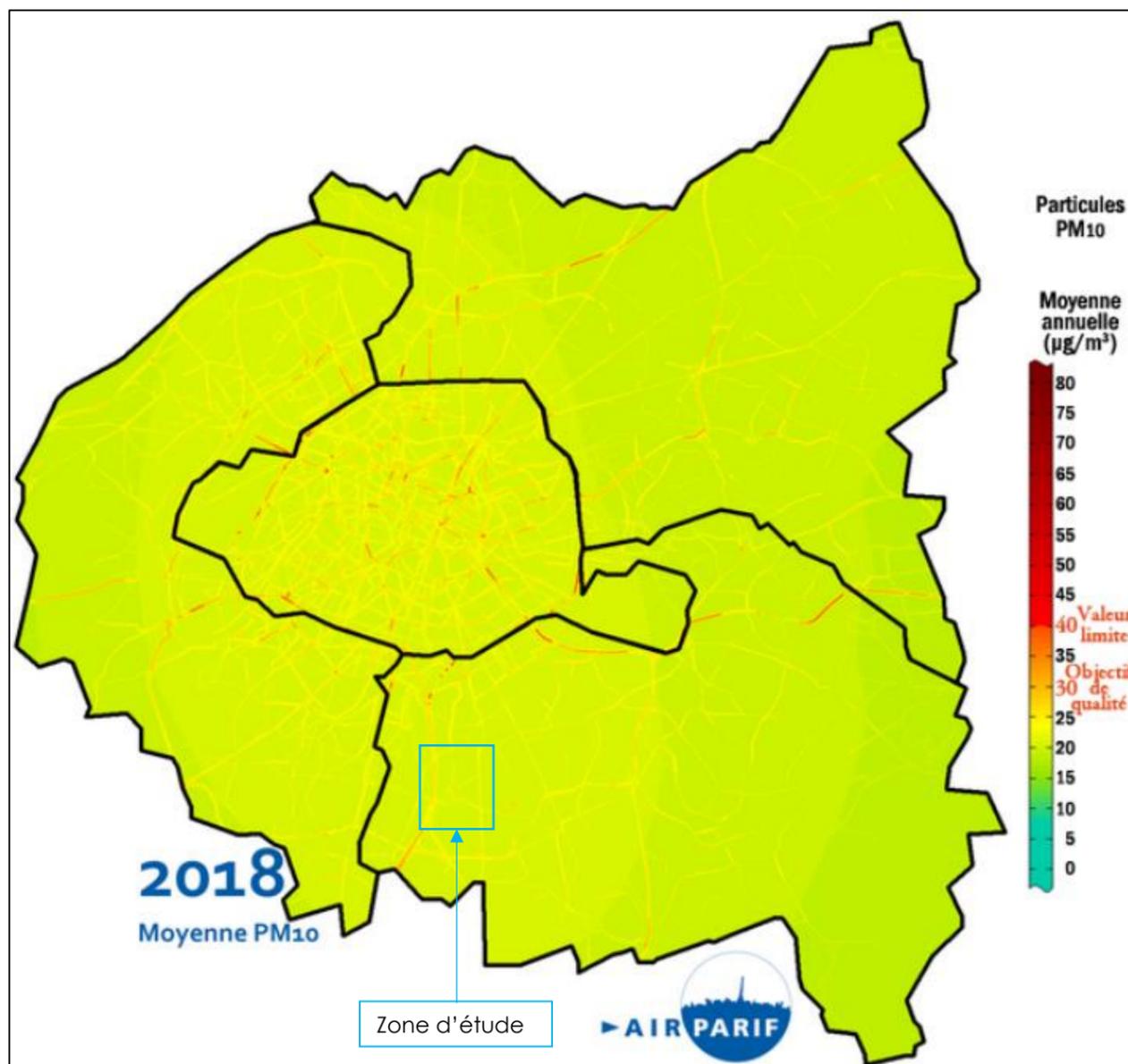


Figure 7 : Concentration moyenne annuelle de PM10 (source : AIRPARIF)

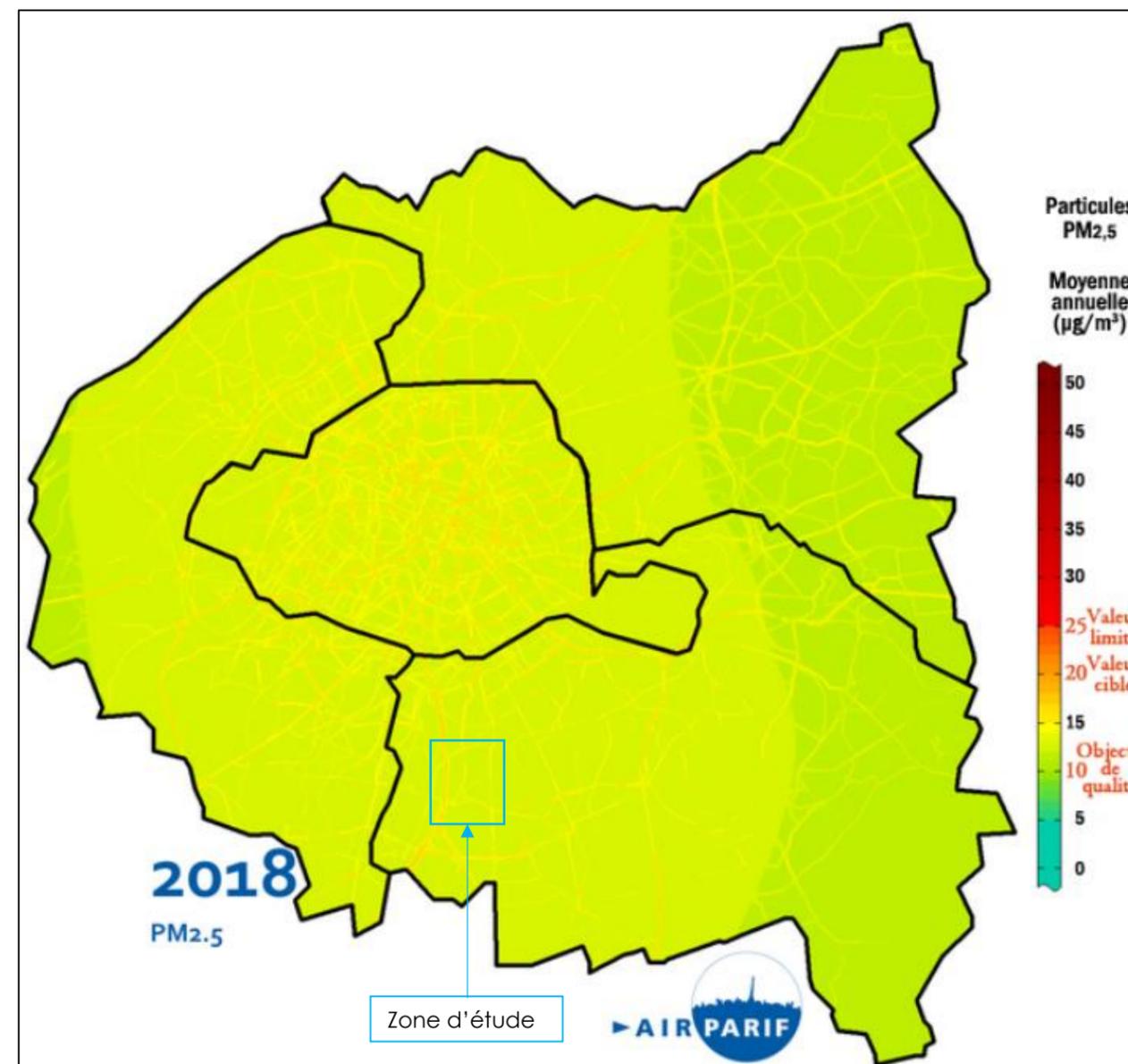


Figure 8 : Concentration moyenne annuelle de PM2,5 (source : AIRPARIF)

Ozone O₃

L'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des UV dans la haute atmosphère. Mais à basse altitude, ce gaz est nuisible si sa concentration augmente trop fortement. C'est le cas suite à des réactions chimiques impliquant le dioxyde d'azote et les hydrocarbures (polluants d'origine automobile).

L'ozone est un polluant secondaire : il est produit à partir des polluants dits primaires qui sont présents dans les gaz d'échappement. De plus, l'ozone est principalement produit lors de la période estivale car sa formation nécessite la présence des rayons solaires.

Les valeurs réglementaires pour la protection de la santé humaine ne se basent pas sur la moyenne annuelle du fait de son caractère saisonnier mais sur une moyenne sur 8 heures.

Pour l'ozone, l'objectif de qualité pour la santé humaine est aucun dépassement sur l'année de la valeur moyenne sur 8 heures fixée à 120 µg/m³.

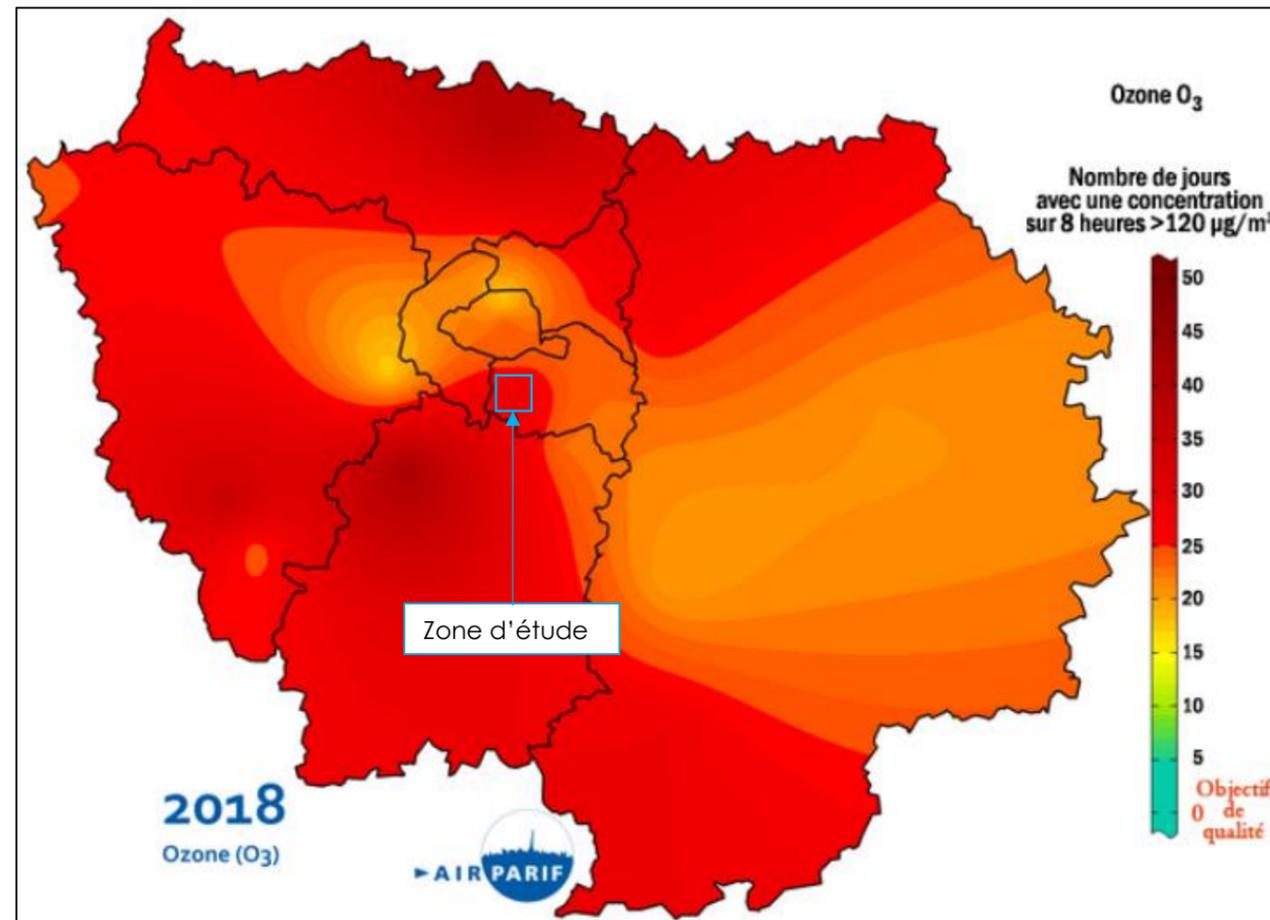


Figure 9 : Nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité de l'ozone en Ile-de-France (source : AIRPARIF)

D'après la carte, l'objectif de qualité (fixé à aucun dépassement de la concentration moyenne sur 8 heures supérieure à 120 µg/m³) est dépassé en tout point de la région Ile-de-France.

Sur la zone d'étude, le nombre de dépassement est supérieur à 25 jours sur l'année 2018.

Benzène

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence dont les deux-roues motorisés. Il est également présent à proximité des zones de stockages et de distribution de carburants comme les stations-services. Le benzène peut être également émis lors de la combustion de biomasse type chauffage au bois domestique.

La valeur de la concentration moyenne annuelle en 2018 à la station de Vitry-sur-Seine est de 0,7 µg/m³.

Cette concentration est inférieure à l'objectif de qualité (2 µg/m³) et à la valeur limite (5 µg/m³).

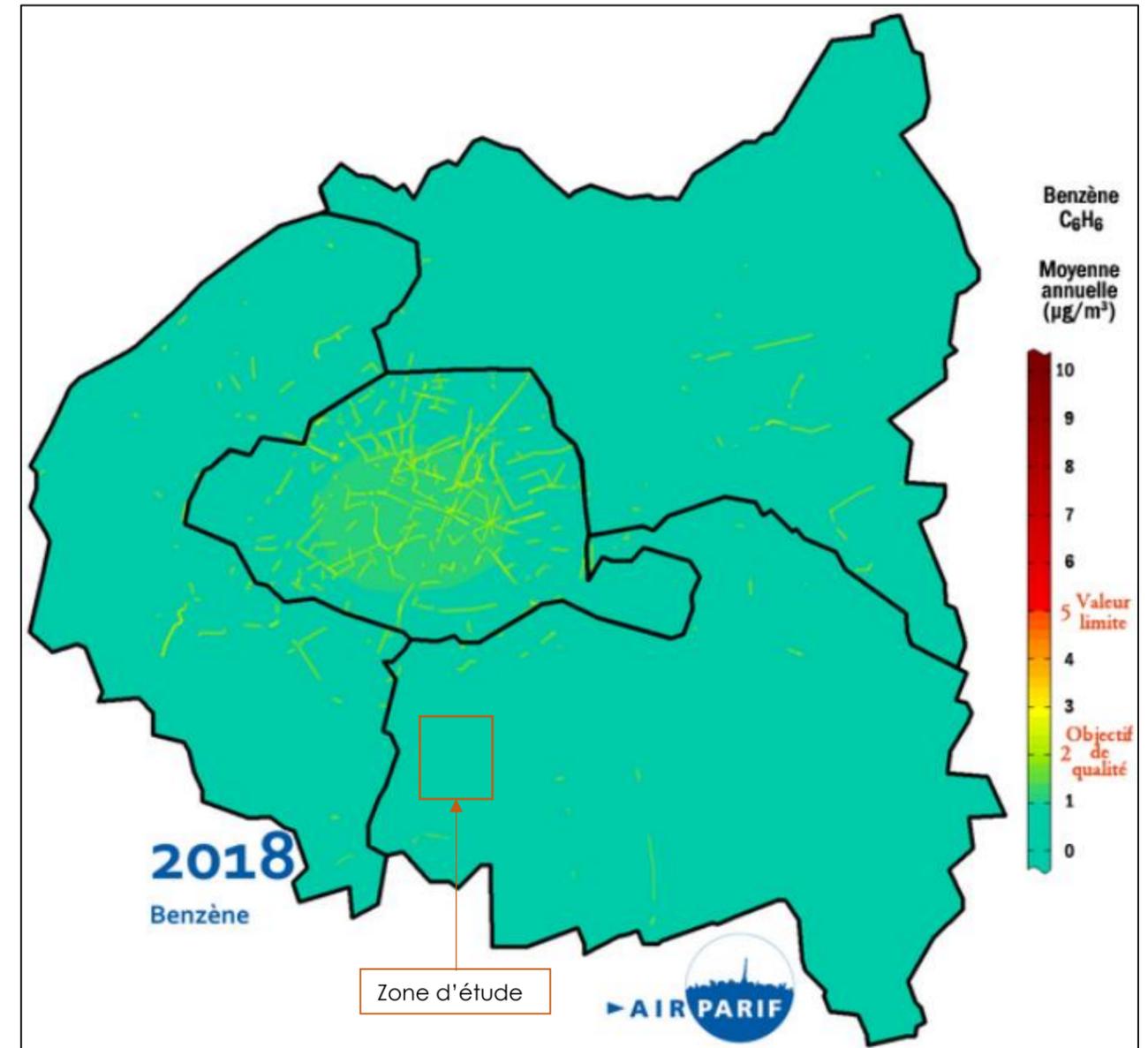


Figure 10 : Concentration moyenne annuelle de benzène (source : AIRPARIF)

D'après la carte, les dépassements de l'objectif de qualité sont seulement observés au droit des grands axes à l'intérieur de Paris.

Sur la zone d'étude, les concentrations sont inférieures aux seuils réglementaires.

Hydrocarbures aromatiques Monocycliques (HAM)

En complément du benzène, quatre HAM sont mesurés en routine par Airparif : le toluène, l'éthylbenzène, les m+p-xylène et o-xylène.

Ces composés sont principalement émis par le trafic routier, comme le benzène, mais également par leur utilisation comme solvant et des rejets de production. Le toluène est en particulier l'un des principaux constituants de l'essence sans plomb.

Ces composés ne font pas l'objet de seuils de qualité de l'air.

La station de Vitry-sur-Seine mesure les HAM. Les concentrations mesurées sur cette station sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Concentrations moyennes annuelles des HAM mesurées à Vitry-sur-Seine en 2018 (µg/m³)				
Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
0,7	1,8	0,3	0,8	0,4

Tableau 5 : Concentrations moyennes annuelles des HAM à Vitry-sur-Seine en 2018 (source : Airparif)

Hydrocarbures aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP se forment lors de combustions incomplètes, en particulier celle de biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecue) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel.

Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment le benzo(a)pyrène (BaP), entre donc dans la composition des particules PM10.

La station de Vitry-sur-Seine ne mesure pas les HAP ni le BaP.

Seules les stations de fond de Paris 13^{ème}, Gennevilliers et Argenteuil, mesurent les HAP et le BaP.

La concentration moyenne de fond de BaP en 2018 est de **0,12 ng/m³** (nanogramme par mètre cube). Cette concentration est inférieure à la valeur cible fixé à 1 ng/m³. La valeur cible est largement respectée sur l'ensemble des sites de mesures d'Airparif.

Outre le BaP ces stations de fond mesure sept autres HAP. Leurs concentrations sont données dans le tableau suivant :

Concentrations moyennes annuelles des HAP mesurées moyenne des trois stations de fond en 2018 (µg/m³)	
Benzo(a)pyrène	0,12
Benzo(a)anthracène	0,10
Benzo(b)fluoranthène	0,20
Benzo(g,h,i)perylène	0,17
Benzo(j)fluoranthène	0,11
Benzo(k)fluoranthène	0,09
Dibenzo(a,h)anthracène	0,02
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,16
Total des huit HAP mesurés	1,00

Tableau 6 : Concentrations moyennes annuelles des HAP mesurés en 2018 (source : Airparif)

A part pour le BaP, il n'existe pas de seuils réglementaires pour les HAP.

Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel

Les métaux proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels.

Le plomb (Pb) était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombé en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, l'industrie, ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

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

Le cadmium (Cd) est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le nickel (Ni) est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.

En Ile-de-France seule la station de Paris 18^{ème} mesure les métaux. Les concentrations moyennes annuelles en 2018 sont :

Plomb : 0,005 µg/m³ (valeur limite annuelle : 0,5 µg/m³, objectif de qualité : 0,25 µg/m³)

Arsenic : 0,32 ng/m³ (valeur cible : 6 ng/m³)

Cadmium : 0,12 ng/m³ (valeur cible : 5 ng/m³)

Nickel : 1,01 ng/m³ (valeur cible : 20 ng/m³)

Les concentrations observées pour ces quatre métaux sont très largement inférieures à l'objectif de qualité et aux valeurs cibles.

Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un polluant primaire qui se forme lors des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul ou bois). Les sources principales de CO en milieu extérieur sont le trafic routier et le chauffage résidentiel, notamment le chauffage au bois.

La concentration en monoxyde de carbone est très faible en Ile-de-France et est inférieure aux seuils réglementaires.

En Ile-de-France, la concentration moyenne annuelle en station de fond est de 300 µg/m³.

Dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre est émis lors de la combustion des matières fossiles telles que le charbon, le pétrole et certains gaz, contenant des impuretés en soufre, ainsi que lors de certains procédés industriels.

La concentration en moyenne annuelle de SO₂ en Ile-de-France est inférieure est de l'ordre de 1 à 2 µg/m³ ce qui est très largement inférieure à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).

Aldéhydes

Les aldéhydes appartiennent à la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

Les COV participent, entre autres, à la formation d'ozone.

Les deux aldéhydes majoritairement présents dans l'atmosphère urbaine sont formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Dans l'air ambiant, les principales sources d'aldéhydes sont le trafic routier, et dans une moindre mesure, le secteur résidentiel et tertiaire (chauffage).

Les aldéhydes sont utilisés dans la fabrication de certains matériaux de construction et d'isolation. Ils peuvent également être émis lors du stockage ou de l'utilisation de nombreux produits d'usage courant : matériaux d'ameublement et de décoration, enduits et colle, produits d'entretien et de désinfection, désodorisants et parfums d'intérieur, cosmétiques, produits d'hygiène corporelle.

Les sources d'exposition les plus fréquentes sont les gaz d'échappement des véhicules à moteur, les panneaux de particules agglomérées et autres matériaux de construction semblables, les moquettes, les peintures, colles et vernis, les aliments et la cuisson, la fumée de tabac, et l'utilisation de formaldéhyde comme désinfectant.

Les aldéhydes sont toxiques pour la santé humaine. Le formaldéhyde est classé cancérogène certain par le CIRC, et l'acétaldéhyde cancérogène probable.

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont mesurés, par AIRPARIF, depuis le 1er janvier 2014 par tubes passifs sur trois sites : un site de fond situé à « Paris Centre (4^{ème}) » et deux sites trafic situés « Boulevard Périphérique Est » et « Place Victor Basch ».

Les concentrations relevées sur la station de fond de Paris Centre (4^{ème}) sont données dans le tableau ci-après.

Il n'y a pas de seuil réglementaire pour les aldéhydes.

Concentrations moyennes annuelles mesurées à Paris Centre 4 ^{ème} en 2018 (µg/m ³)	
Formaldéhyde	Acétaldéhyde
2,3	1,8

Tableau 7 : Concentrations moyennes annuelles des aldéhydes mesurés en station de fond en 2018 (source : Airparif)

1,3-butadiène

Le 1,3-butadiène appartient à la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

Ce polluant est présent dans les gaz d'échappement des véhicules et dans la fumée de cigarettes.

L'Union européenne considère le 1,3-butadiène comme agent cancérogène et demande donc un suivi dans l'air par les Etats membres.

La mesure du 1,3-butadiène est réalisée depuis le siège d'AIRPARIF, rue Crillon dans le 4^{ème} arrondissement de Paris.

La concentration moyenne annuelle en 2018 du 1,3-butadiène est de **0,09 µg/m³**.

3.3.3 Indice général CITEAIR

L'indice CITEAIR a été développé sur l'initiative de réseaux de surveillance de la qualité de l'air, dans le cadre du projet européen du même nom. Il a été lancé en 2006 pour apporter une information au public :

- Simple et prenant en compte la pollution à proximité du trafic.
- Comparable à travers l'Europe.
- Adaptée aux méthodes de mesure de chaque réseau de surveillance.

Répartition annuelle des indices CITEAIR pour le département du Val-de-Marne

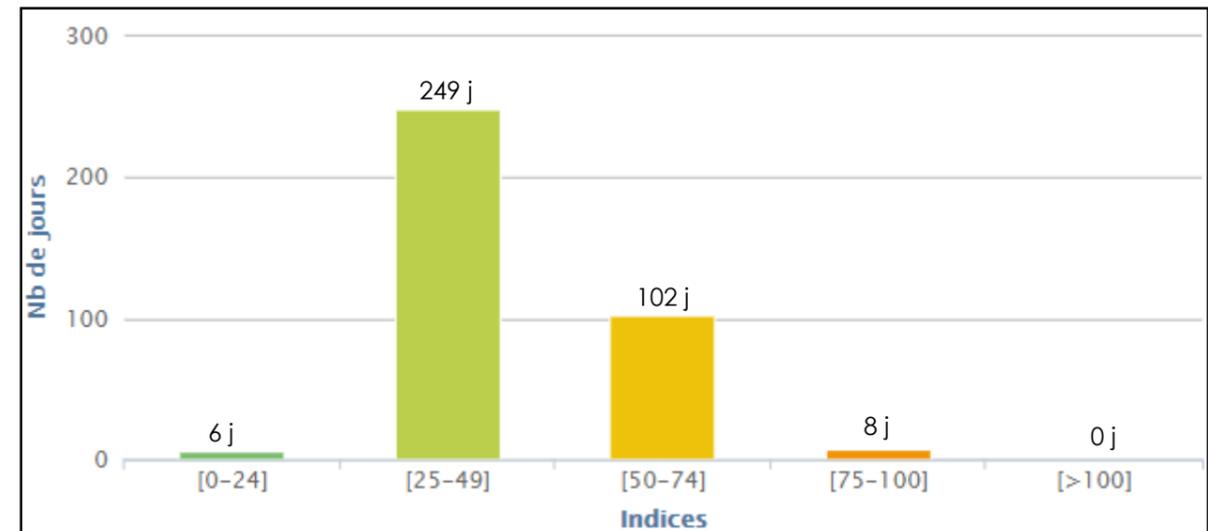


Figure 11 : Indice CITEAIR pour l'année 2018 pour le Val-de-Marne (source : AIRPARIF)

Répartition annuelle des indices CITEAIR pour la commune de L'Haÿ-les-Roses

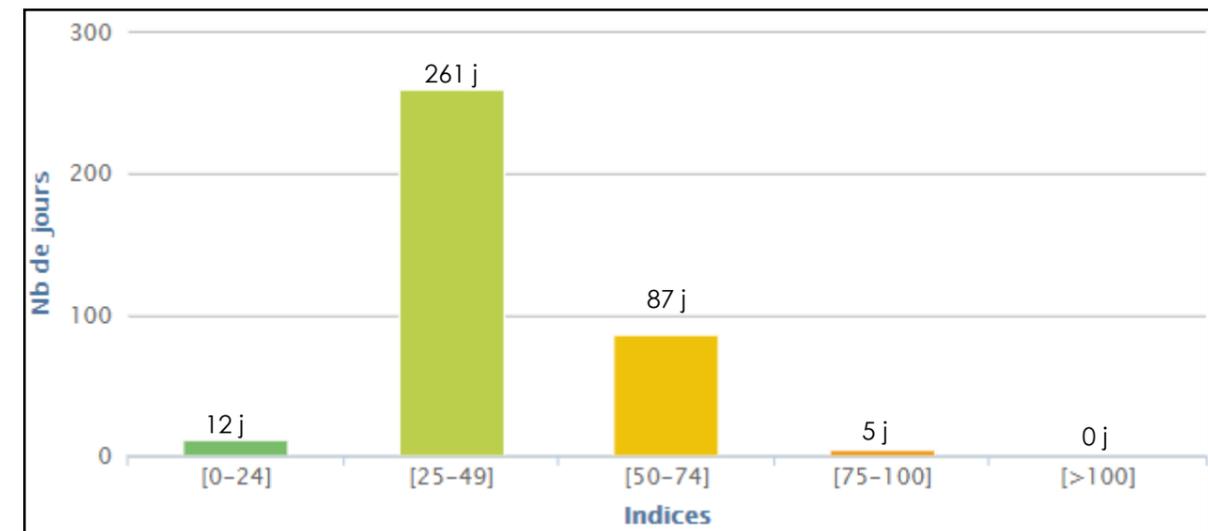


Figure 12 : Indice CITEAIR pour l'année 2018 pour L'Haÿ-les-Roses (source : AIRPARIF)

A travers cet indice CITEAIR, la qualité de l'air peut être qualifiée de très bonne à bonne :

- à 70 % de l'année pour le Val-de-Marne ;

- à 75 % de l'année pour L'Haÿ-les-Roses.

La qualité de l'air sur la zone d'étude est donc plutôt bonne

3.1 Diagnostic de la qualité de l'air – Campagne de mesures

Pour compléter le diagnostic bibliographique de la qualité de l'air, une campagne de mesure par tubes passifs a été réalisée du 4 au 17 octobre 2019.

Sur la zone d'étude, il a été réalisé des mesures de concentration de dioxyde d'azote (NO₂) et des particules PM10 réparties en quatre sites.

L'emplacement des points de mesures est choisi de manière à caractériser la qualité de l'air en différents points de la zone d'étude : en périphérie et à l'intérieur du périmètre aménagé.

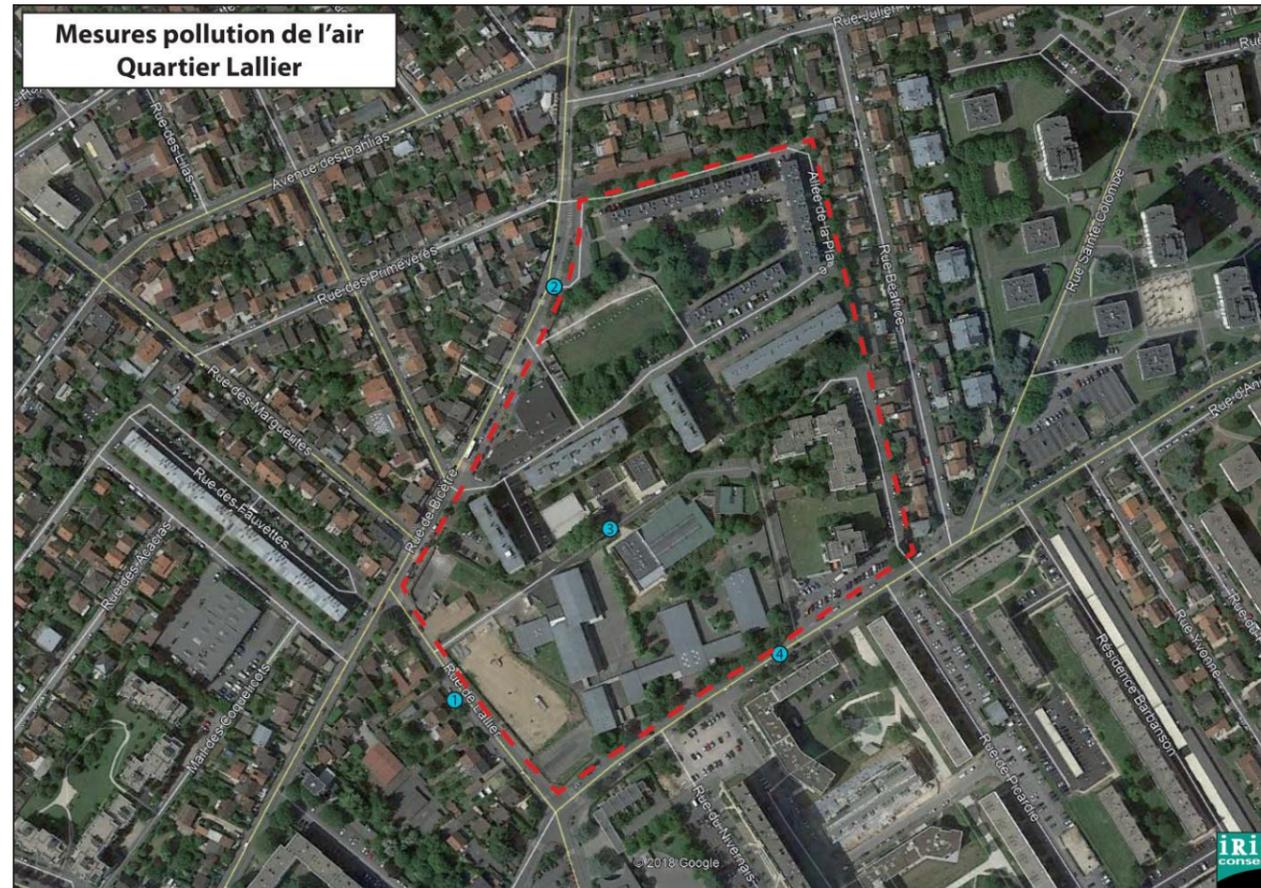


Figure 13 : Dispositif de la campagne de mesures de la qualité de l'air

Les polluants mesurés s'avèrent être un bon indicateur de la pollution automobile. Ils ont été mesurés sur une période de deux semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs (ou tubes à diffusion passive).

La méthode d'échantillonnage par diffusion passive repose sur le prélèvement spécifique des polluants gazeux au moyen de tubes sélectifs. Ils sont placés à l'air libre sur une période d'exposition variable. La vitesse de captation est contrôlée par diffusion à travers une membrane. La masse de polluants prélevés, mesurée à l'analyse, est corrélée au gradient de concentration dans la zone de diffusion.

3.1.1 Matériels et méthodes

Les tubes passifs à dioxyde d'azote (NO₂)

Ce sont des tubes en polypropylène de 7,4 cm de longueur et de 9,5 mm de diamètre, exposés à l'air ambiant. Leur fonctionnement repose sur la diffusion passive des molécules de dioxyde d'azote sur un absorbant, le triéthanolamine (TEA). La quantité de NO₂ absorbée est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant.

Après exposition, le NO₂ est extrait et dosé par colorimétrie selon une variante de la réaction Gries Saltzman (ISO 6768, 1985). Cette méthode fournit des estimations des concentrations assez précises, avec une erreur relative de 25% en moyenne pour des niveaux entre 20 µg/m³ et 40 µg/m³ et une limite de détection de 0,64 µg/m³ pour une exposition de 14 jours.

Les capteurs PM10

Le capteur Sigma-2 se compose d'une part d'une zone de transfert de flux d'air (partie haute) et d'autre part d'une zone de réception des particules par sédimentation (partie basse). Le flux d'air traverse le capteur, au sein de la zone centrale, les particules sédimentent et s'impactent sur une surface de prélèvement adhésif disposée en partie basse.

La surface de prélèvement est ensuite analysée au microscope optique.

Il permet de mesurer des particules de diamètre 2,5 à 80 µm.

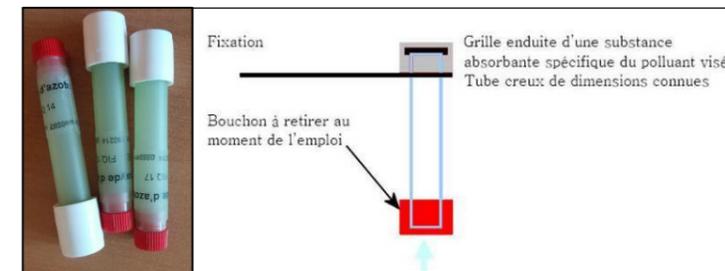


Figure 14 : Tubes passifs pour la mesure du NO₂

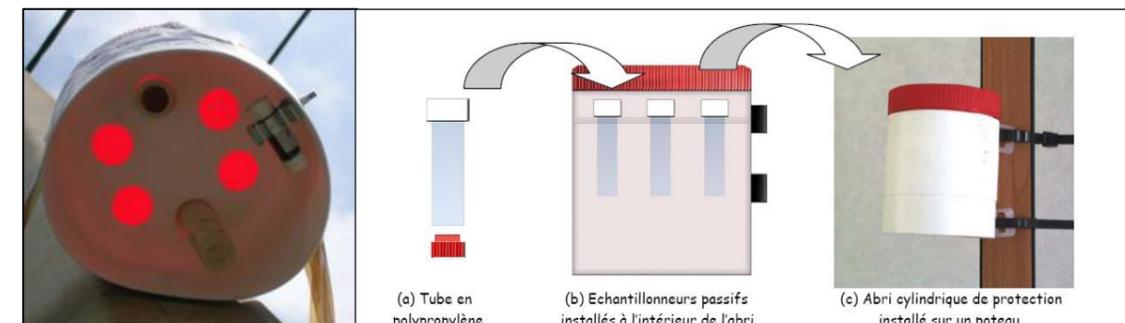


Figure 15 : Disposition des tubes passifs dans le boîtier anti-intempérie

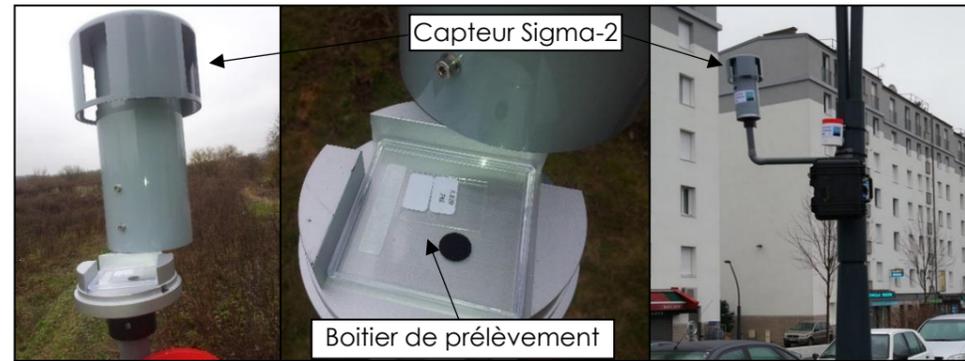


Figure 16 : Capteur Sigma-2 pour la mesure des PM10

3.1.2 Conditions météorologiques

La campagne a été réalisée du 4 au 17 octobre 2019, les conditions météorologiques observées durant cette période sur la station Météo France de Paris-Montsouris sont données dans le tableau suivant :

Date	Hauteur de précipitation (mm)	Température moyenne (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Direction du vent (°N)
04/10/2019	0,2	14,4	4,0	260
05/10/2019	4,2	15,1	1,9	280
06/10/2019	1,6	14,9	3,3	310
07/10/2019	4,2	14,3	3,1	230
08/10/2019	5,6	13,8	2,8	330
09/10/2019	4,2	12,6	3,9	260
10/10/2019	0,2	13,6	3,2	250
11/10/2019	0,0	14,6	3,2	230
12/10/2019	0,0	15,5	2,4	210
13/10/2019	0,2	18,8	3,5	220
14/10/2019	3,0	18,4	3,5	260
15/10/2019	1,4	14,0	2,9	250
16/10/2019	4,0	14,1	4,9	220
17/10/2019	3,6	14,1	2,8	220
Moyenne	2,3	14,9	3,2	-

Tableau 8 : Conditions météorologiques observées à la station MétéoFrance de Paris-Montsouris

Les conditions météorologiques pendant la campagne de mesures sont plus clémentes que celles observés en moyenne sur le mois d'octobre.

En effet, les statistiques entre 1981 et 2010 sur la station de Paris-Montsouris témoigne d'une température plus fraîche, 13°C.

3.1.3 Résultats des concentrations de NO₂ mesurées

Le tableau et le graphique ci-dessous présentent les résultats des concentrations de NO₂ relevées.

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en µg/m ³)		
		Tube 1	Tube 2	Moyenne des 2 tubes
1	312,3	37,6	38,3	38,0
2	313,0	36,5	35,1	35,8
3	312,3	31,7	29,7	30,7
4	312,1	34,1	34,0	34,1

Tableau 9 : Concentrations de dioxyde d'azote observées sur le site (source : IRIS conseil)

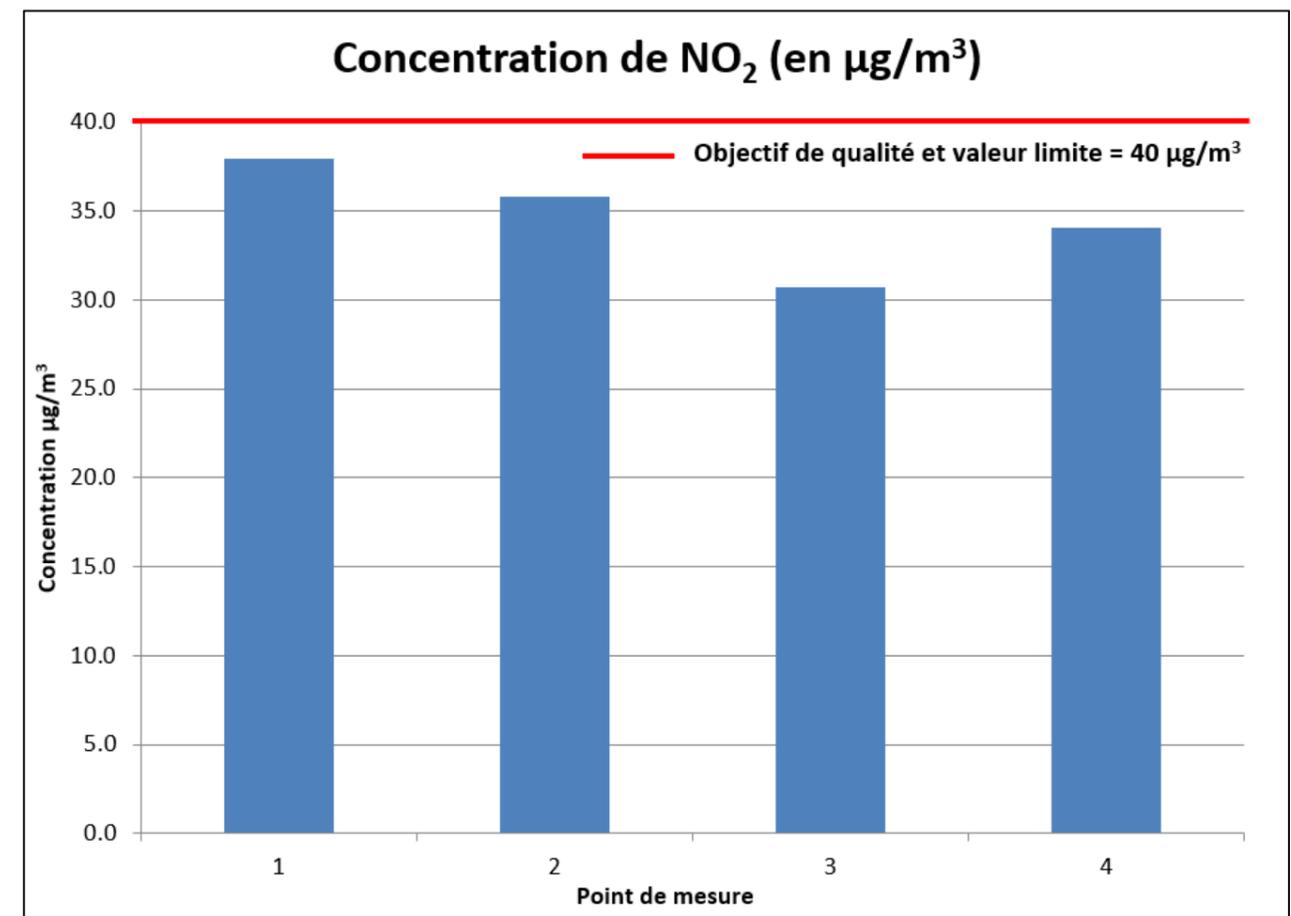


Figure 17 : Concentrations de dioxyde d'azote observées sur le site (source : IRIS conseil)

Toutes les concentrations relevées sont inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité fixés à 40 µg/m³.

Les points de mesures, n°1, 2 et 4, installés en périphérie de la zone à aménager et donc à proximité des axes routiers révèlent des concentrations plus élevées que la valeur mesurée au point n°3 situé au centre du périmètre du quartier.

3.1.4 Résultats des concentrations des PM10 mesurées

Le tableau et le graphique ci-dessous présentent les résultats des concentrations des PM10 relevées.

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en µg/m³)
1	312,3	28,9
2	313,0	27,6
3	312,3	24,2
4	312,1	23,7

Tableau 10 : Concentrations des PM10 observées sur le site (source : IRIS conseil)

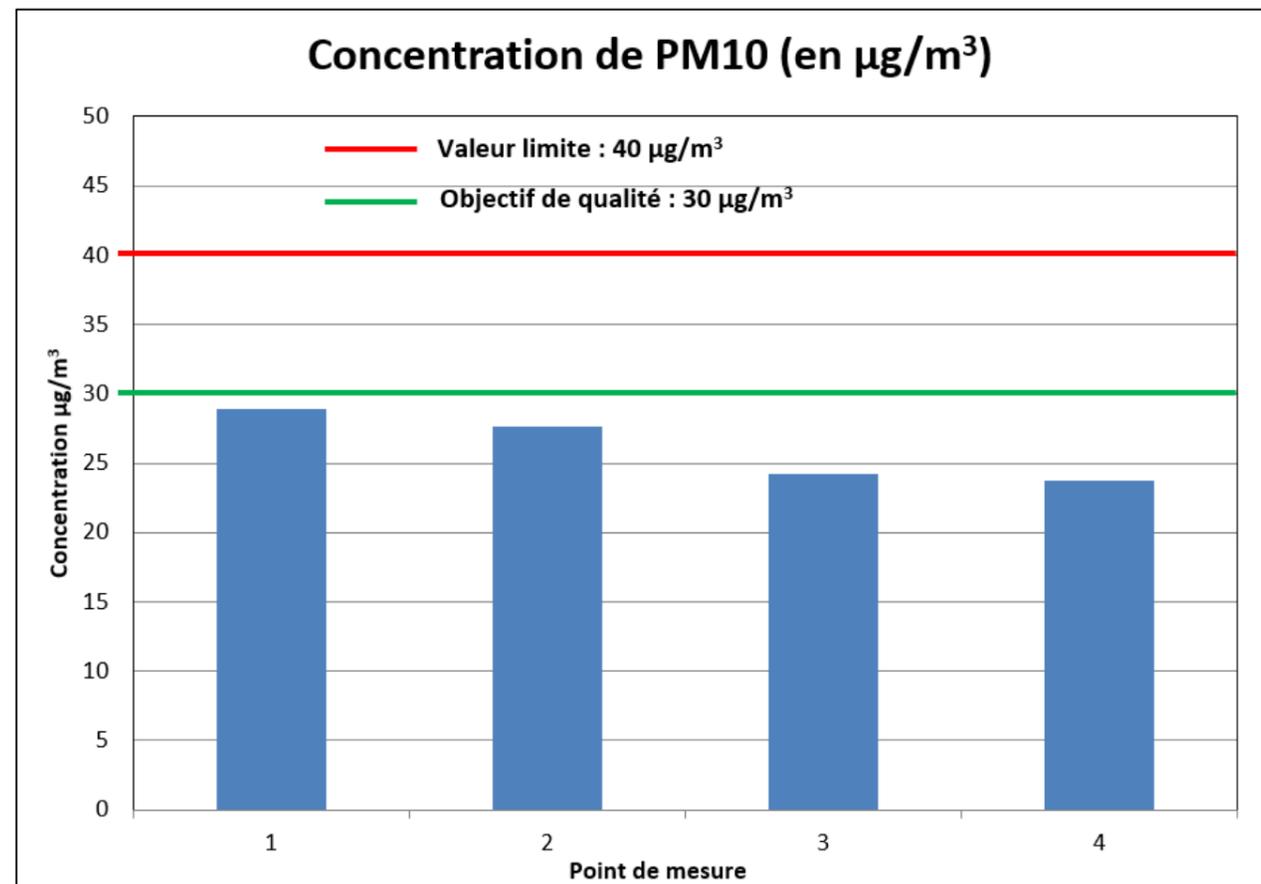


Figure 18 : Concentrations des PM10 observées sur le site (source : IRIS conseil)

Les concentrations des PM10 en tout point sont inférieures à l'objectif de qualité et à la valeur limite. Nous remarquons des teneurs en PM10 plus importants aux points n° 1 et 2 implantés à proximité des rues de Lallier et de Bicêtre.

La carte page suivante présente les résultats des concentrations mesurées.

3.1.5 Conclusions sur le diagnostic de la qualité de l'air

Cette campagne de mesure a pour but de caractériser la qualité de l'air dans le secteur concerné par l'étude. Si celle-ci représente l'essentiel des mesures qui permettent d'apprécier la qualité de l'air, il faut, cependant garder à l'esprit les contraintes et caractéristiques qui la définissent, notamment la faible durée de la campagne. Il convient de noter par ailleurs que l'exploitation des résultats des mesures est une opération délicate. En effet, les polluants de cette étude, ne sont pas exclusivement la conséquence de l'infrastructure routière

Les conditions météorologiques observées durant la campagne de mesures sont comparables aux moyennes statistiques du mois d'octobre.

Les concentrations mesurées en dioxyde d'azote sont toutes inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité. La concentration de NO₂ au centre du quartier est plus faible que les concentrations relevées au pourtour de la zone à aménager du fait de la proximité des axes routiers.

Concernant les PM10, les concentrations sont aussi toutes en-deçà de la valeur limite et de l'objectif de qualité. Les concentrations mesurées le long des rues de Lallier et de Bicêtre sont plus importantes que celles au centre du quartier et le long de la rue Paul Hochart.

La comparaison des résultats des mesures aux observations d'AIRPARIF révèle que les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont comparables.

Atouts	Faiblesses
Concentrations des polluants atmosphériques mesurées inférieures aux seuils de la qualité de l'air	Un site accueillant des populations vulnérables à la pollution de l'air (écoles) Des contraintes d'usages pour les modes doux, avec beaucoup de trajets effectués en voiture depuis et vers le site
Opportunités	Menaces
Un projet d'aménagement qui met en avant les mobilités douces, limitant le trafic et donc les émissions de polluants Développer l'usage des transports en commun avec l'arrivée de la future gare du Grand Paris Express Développer la mobilité active (marche, vélo, trottinette)	Augmentation temporaire des émissions atmosphériques lors de la phase construction du quartier Lallier

Enjeux :

- Favoriser la pratique des modes doux, en intégration avec les maillages existants / projetés à L'Haÿ-les-Roses
- Favoriser l'emprunt des transports en commun en les rendant visibles et accessibles facilement
- Protéger tout particulièrement les populations vulnérables des équipements scolaires

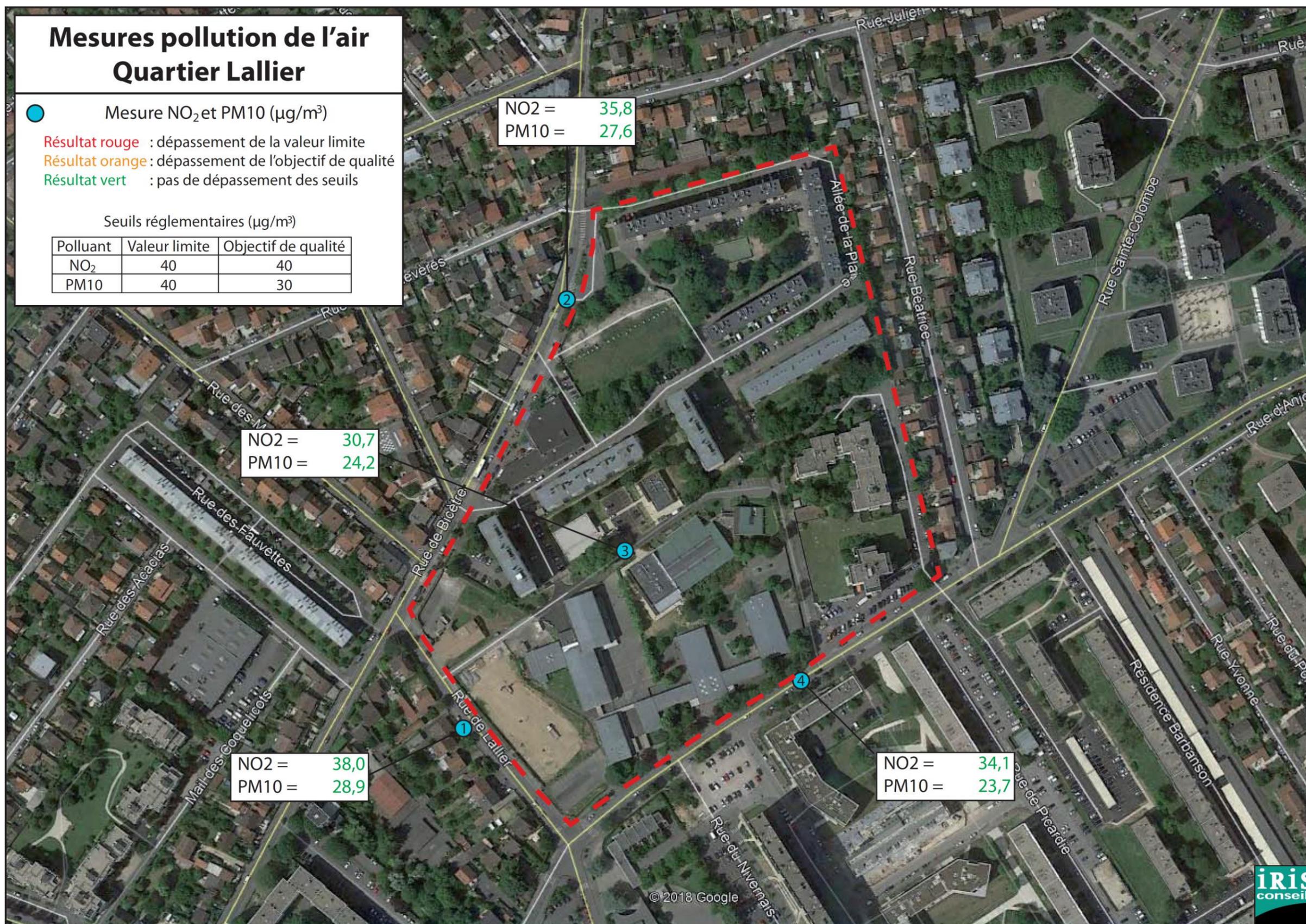


Figure 19 : Résultats de la campagne de mesures des polluants atmosphériques (source : IRIS conseil)

4. PARTIE 2 : ANALYSE DES IMPACTS

4.1 Domaine d'étude

Pour l'étude des impacts sur la pollution de l'air, nous retiendrons le domaine figurant ci-dessous.

4.2 Réseau routier

Le réseau routier modélisé est celui composé des routes pour lesquelles nous disposons des trafics. Les axes routiers modélisés sont présentés ci-dessous en bleu.

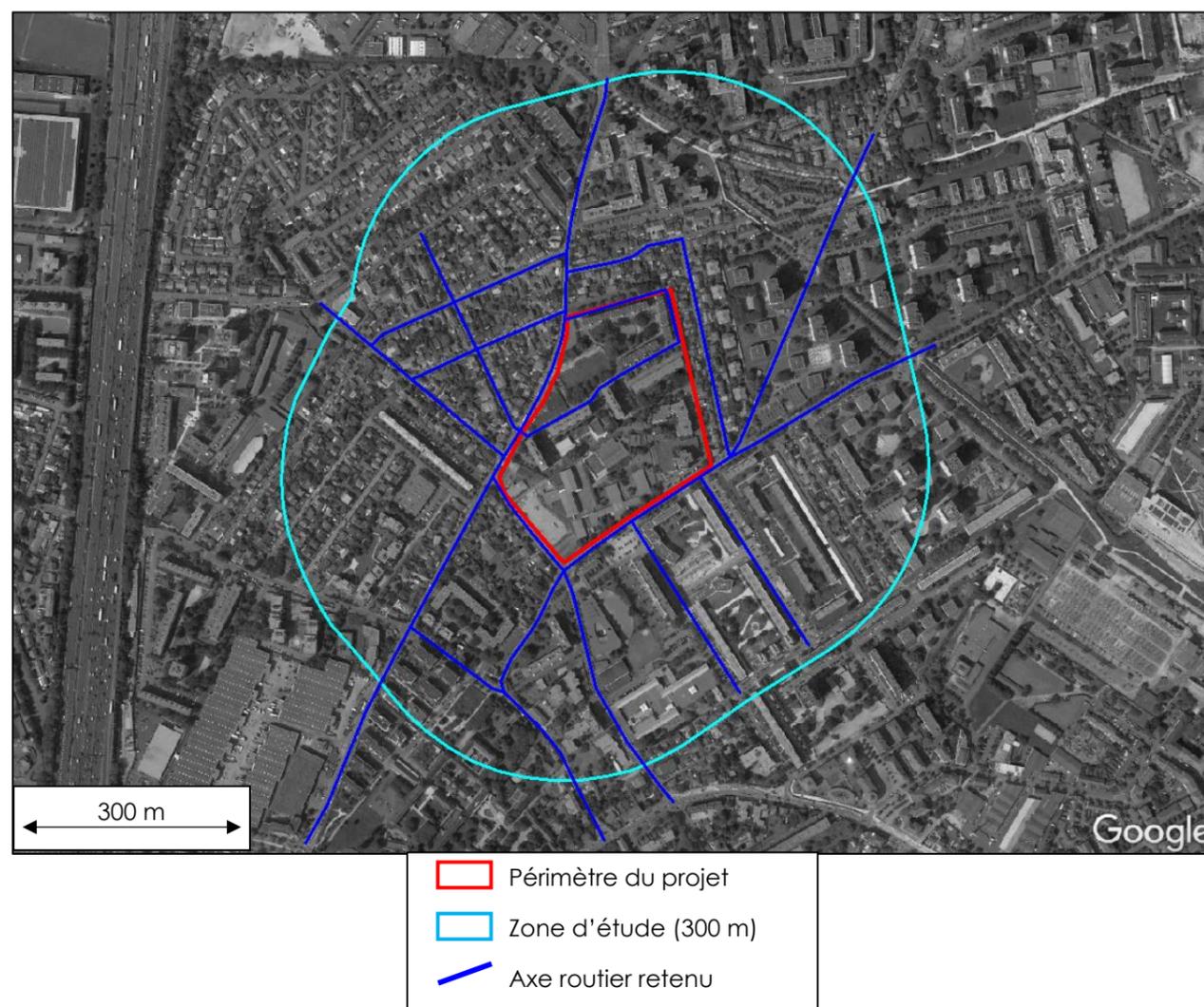


Figure 20 : Domaine d'étude et réseau routier modélisé (source : IRIS conseil)

4.3 Relief

La figure ci-après représente une vue 2D de la topographie du domaine d'étude.

L'altimétrie du site varie entre 84 et 103 m NGF.

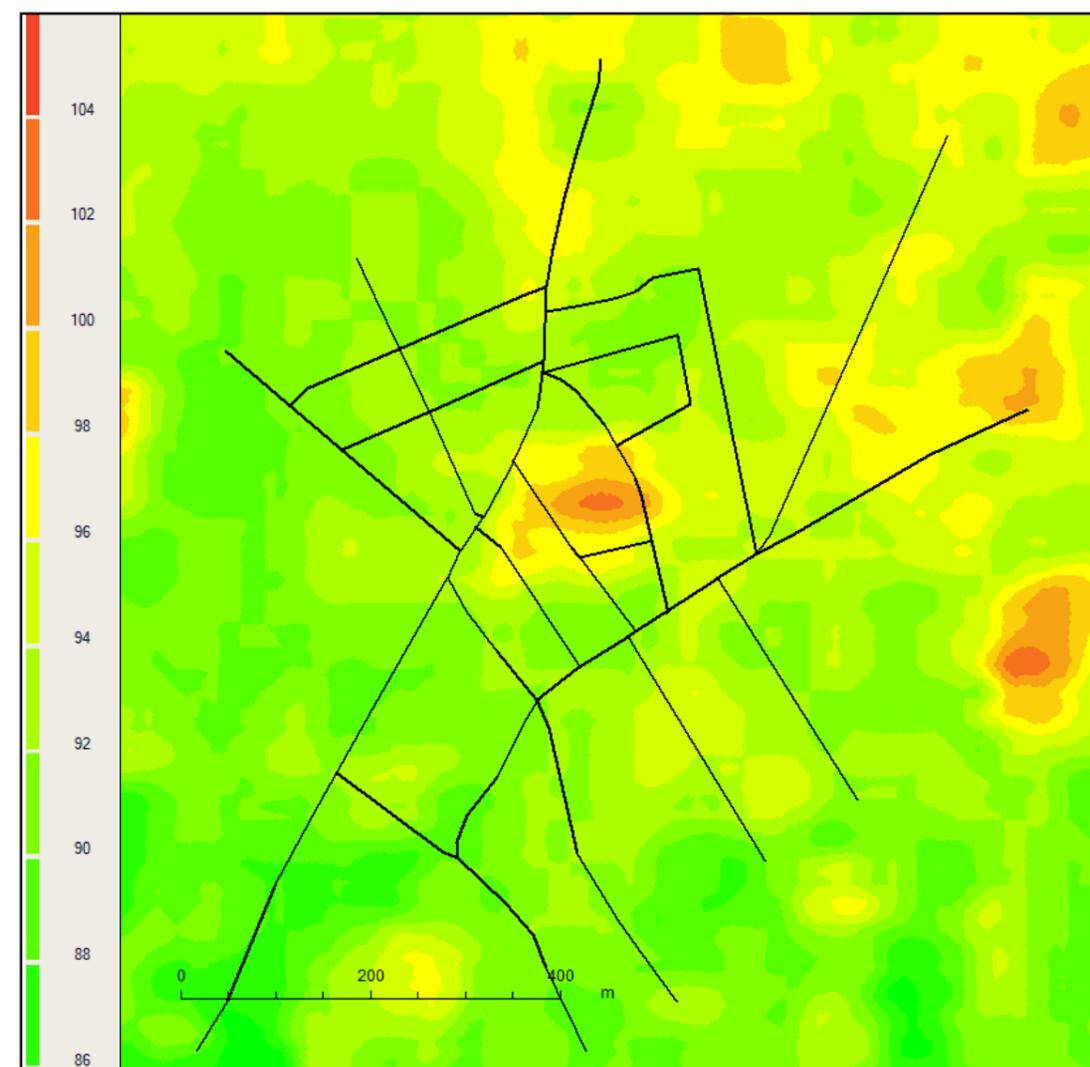


Figure 21 : Relief du domaine d'étude (source : IRIS conseil)

4.4 Description des conditions météorologiques

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,
- Représentatives de la climatologie du site.

Les données météorologiques prises en compte sont la rose des vents et la fiche climatologique de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude.

La station météorologique la plus proche est celle de Paris-Montsouris (75). Ci-dessous, la rose des vents sur la période 1981 à 2010 est donnée.

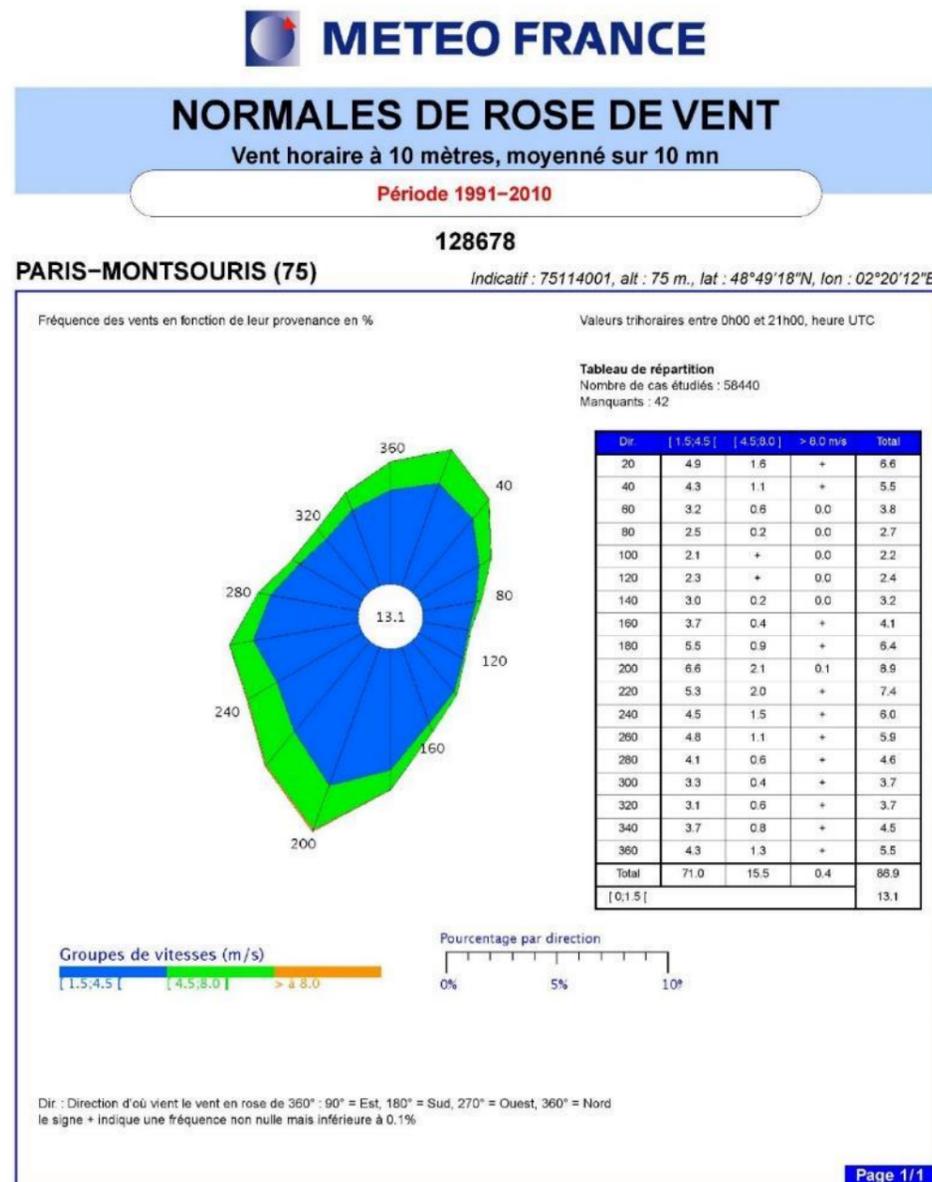


Figure 22 : Rose des vents de la station Paris-Montsouris (source : Météo France)

D'après la rose des vents, les vents dominants sont du secteur Sud-Ouest et Nord-Est.

La vitesse des vents est plutôt faible à moyen.

D'après l'analyse de la fiche climatologique de la station de Paris-Montsouris (75) pour la période 1991 à 2010, les informations climatologiques sont les suivantes :

- La température moyenne est 12,4°C.
- Le nombre de jours pluvieux en moyenne sur une année est 111,1 jours, ce qui représente 33% de jours pluvieux sur une année.

4.5 Détermination du trafic

Les données de trafic utilisées pour modéliser sont issues de l'étude de trafic réalisée par le bureau d'études IRIS Conseil.

Dans le cadre de cette étude air et santé relative au projet d'aménagement du quartier Lallier, les situations suivantes sont étudiées :

- Situation actuelle en 2019 : nous avons retenu les résultats de la simulation de l'état actuel de l'étude de trafic ;
- Situation future SANS le projet d'aménagement en 2030 : nous avons considéré les trafics de la situation « fil de l'eau » de l'étude de trafic ;
- Situation future AVEC le projet d'aménagement en 2030 : nous avons tenu compte des résultats du scénario trafic pour l'horizon 2030 après aménagement de l'ensemble du quartier Lallier.

Le tableau suivant présente pour chaque scénario le nombre total de kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules sur le réseau routier étudié.

Scénario	Nombre véh.km/jour	Variation / ACTUEL 2019 (%)	Variation / SANS PROJET 2030 (%)
ACTUEL 2019	22 587	-	-
SANS PROJET 2030	22 721	1%	-
AVEC PROJET 2030	25 568	13%	13%

Tableau 11 : Nombre de véh.km par jour sur les axes routiers modélisés (source : IRIS conseil)

D'après le tableau, nous observons que :

Par rapport à la situation ACTUEL 2019, les nombres de véh.km augmentent de 1 et 13% respectivement en situations SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 ;

Par rapport à la situation SANS PROJET 2030, le nombre de véh.km en situation AVEC PROJET 2030 augmente de 13%.

Les situations ACTUEL 2019 et SANS PROJET 2030 sont équivalents suivant le terme veh.km. En effet, le linéaire de voirie et le trafic n'évoluent pas entre ces deux situations ce qui explique des valeurs veh.km identiques.

A contrario en situation AVEC PROJET 2030, le linéaire de voirie augmente et également le trafic automobile d'où une valeur en véh.km supérieure aux deux autres situations.

4.6 Répartition du parc automobile

Pour les calculs d'émissions, il est nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile sur chaque section de routes. La répartition du parc automobile a été déterminée en fonction des deux principales catégories de véhicules :

- Véhicules légers (VP / VUL) ;
- Poids lourds (PL).

Au sein de chacune de ces catégories, plusieurs sous-classes de véhicules sont définies. Ces classes dépendent du type de carburant (essence/diesel) et de la date de mise en service du véhicule par rapport aux normes sur les émissions. Par ailleurs, une répartition par type de voie (urbain, route et autoroute) peut être également appliquée.

La répartition du parc aux horizons 2019 et 2030 pris en compte dans les calculs est issue d'une recherche IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).

4.7 Définition des facteurs d'émissions unitaires

Les quantités de polluants, exprimées en g/km, rejetées par un véhicule sont appelées "facteur d'émission". Pour la consommation, les données sont fournies en Tep/km (Tonne Equivalent Pétrole). 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 CERTU pour la réalisation des études d'impact du trafic routier.

Pour les différents horizons 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.

4.8 Calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique

Ce paragraphe présente la méthodologie et les résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques et de la consommation énergétique.

4.8.1 Méthodologie

La note technique du 22 février 2019 prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC 5. Ce logiciel a été développé par ARIA Technologies. Ce logiciel calcule les émissions de polluants et la consommation énergétique en fonction : du trafic, de la vitesse, des projections IFSTTAR pour le parc roulant (motorisation essence ou diesel, cylindre, renouvellement du parc roulant en fonction des avancées technologiques) et des facteurs d'émissions COPERT 5 de chaque catégorie de véhicule.

COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions du transport routier.

La méthodologie utilisée dans cette étude est COPERT 5. C'est la méthodologie en vigueur qui propose des facteurs d'émissions pour les technologies Euro 5 et Euro 6.

Les calculs des émissions de polluants et des consommations énergétiques seront réalisés pour les trois scénarios suivants :

- Situation actuelle, 2019 ;
- Situation future SANS le projet d'aménagement ;
- Situation future AVEC le projet d'aménagement.

4.8.2 Bilan des émissions sur le domaine d'étude

Le bilan des émissions de polluants sur le domaine d'étude sont présentés dans le tableau et les graphiques suivants, pour les trois scénarios étudiés.

Résultats des émissions	ACTUEL 2019	SANS PROJET 2030	AVEC PROJET 2030	SANS PROJET / ACTUEL (%)	AVEC PROJET / ACTUEL (%)	AVEC PROJET / SANS PROJET (%)
NOx (kg/j)	11.1	4.4	5.0	-60%	-55%	13%
PM10 (kg/j)	0.8	0.7	0.8	-20%	-8%	14%
PM2,5 (kg/j)	0.6	0.4	0.5	-29%	-19%	14%
CO (kg/j)	10.8	4.5	5.1	-58%	-53%	12%
COVNM (kg/j)	0.6	0.1	0.1	-81%	-78%	15%
Benzène (g/j)	22.2	4.4	4.9	-80%	-78%	12%
SO ₂ (g/j)	102.5	92.5	105.8	-10%	3%	14%
Arsenic (mg/j)	0.4	0.4	0.4	-9%	5%	14%
Nickel (mg/j)	2.9	2.6	3.0	-11%	2%	14%
Benzo(a)pyrène (mg/j)	25.6	16.5	18.6	-36%	-27%	13%
1,3-butadiène (g/j)	7.2	1.9	2.2	-74%	-70%	18%
Chrome (mg/j)	8.2	8.1	9.3	-1%	13%	14%
Acénaphthène (mg/j)	430.3	192.4	215.5	-55%	-50%	12%
Acénaphthylène (mg/j)	321.9	143.9	161.2	-55%	-50%	12%
Anthracène (mg/j)	52.0	66.2	75.2	27%	45%	14%
Benzo[a]anthracène (mg/j)	44.2	28.1	31.7	-36%	-28%	13%
Benzo[b]fluoranthène (mg/j)	34.0	25.1	28.7	-26%	-15%	15%
Benzo[k]fluoranthène (mg/j)	28.2	19.7	22.8	-30%	-19%	16%
Benzo[ghi]pérylène (mg/j)	50.9	39.5	44.3	-22%	-13%	12%
Chrysène (mg/j)	84.6	54.0	62.5	-36%	-26%	16%
Dibenzo[ah]anthracène (mg/j)	5.6	3.0	3.4	-46%	-39%	13%
Fluorène (mg/j)	45.1	45.4	55.7	1%	23%	23%
Fluoranthène (mg/j)	411.1	293.6	331.4	-29%	-19%	13%
Indéno[123-cd]pyrène (mg/j)	25.7	19.6	22.2	-23%	-14%	13%
Phénanthrène (mg/j)	815.8	667.3	750.2	-18%	-8%	12%
Pyrène (mg/j)	373.2	224.6	255.3	-40%	-32%	14%
Benzo[j]fluoranthène (mg/j)	20.5	29.5	34.6	44%	69%	17%

Tableau 12 : Résultats des émissions (source : IRIS conseil)



Figure 23 : Résultats des émissions (source : IRIS conseil)

Le bilan des émissions montre :

- Une diminution des émissions de quasiment tous les polluants, entre le scénario ACTUEL 2019 et le scénario SANS PROJET 2030. Celle-ci est due au renouvellement du parc roulant, et aux améliorations technologiques des moteurs et des carburants prévues pour les années à venir ;
- Une augmentation des émissions de tous les polluants (+12 à +23%) entre le scénario SANS PROJET 2030 et le scénario AVEC PROJET 2030. Cette augmentation reflète l'augmentation du volume global de trafic observé sur le domaine d'étude : +13% de véh.km en situation AVEC projet par rapport à la situation SANS projet.

4.8.3 Bilan de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ sur le domaine d'étude

Le tableau suivant présente les résultats de la consommation de carburant et des émissions de dioxyde de carbone CO₂ journalière sur le domaine d'étude. La consommation de carburant est exprimée en tonnes équivalent pétrole (TEP), et les émissions de CO₂ en tonnes.

	ACTUEL 2019	SANS PROJET 2030	AVEC PROJET 2030	SANS PROJET / ACTUEL (%)	AVEC PROJET / ACTUEL (%)	AVEC PROJET / SANS PROJET (%)
CO ₂ (t/j)	4.10	3.96	4.53	-3%	10%	14%
Consommation de carburant (tep/j)	1.29	1.25	1.43	-3%	10%	14%

Tableau 13 : Résultats de la consommation de carburant et émissions de CO₂ (source : IRIS conseil)

Ce même bilan est présenté de façon graphique ci-dessous.

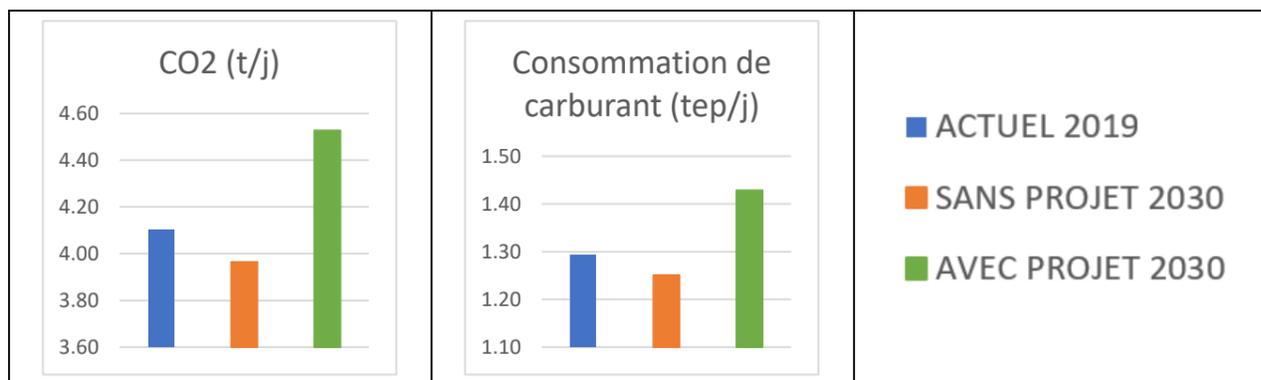


Figure 24 : Résultats de la consommation de carburant et émissions de CO₂ (source : IRIS conseil)

La consommation de carburant et les émissions de CO₂ sont proportionnelles au trafic.

Entre le scénario ACTUEL 2019 et le scénario SANS PROJET, le trafic augmente de 1%, ce qui se traduit par une réduction des émissions de CO₂ et de la consommation de carburant grâce aux évolutions de véhicules entre 2019 et 2030 qui seront plus économes et moins polluants.

Entre le scénario ACTUEL 2019 et le scénario AVEC PROJET, le trafic augmente de 13%, ce qui se traduit par une augmentation de 10% des émissions de CO₂ et de la consommation de carburant.

Entre le scénario SANS PROJET 2030 et le scénario AVEC PROJET 2030, le volume de trafic est en hausse de 13% ce qui se traduit par une élévation de 14% de la consommation de carburant et des émissions de CO₂.

4.9 Modélisation de la dispersion des polluants dans l'atmosphère

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur le domaine d'étude a été réalisée avec le modèle de dispersion ARIA IMPACT 1.8 afin d'évaluer les concentrations moyennes annuelles dans l'air en situation actuelle et en situation future sur le domaine d'étude.

La modélisation s'est appuyée sur les émissions présentées au chapitre 4.8.2.

4.9.1 Présentation générale du code utilisé

Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel ARIA Impact version 1.8.

Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations des polluants secondaires tels que l'ozone.

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Par ailleurs, ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE).

4.9.2 Mise en œuvre des simulations

Cette simulation ayant pour objectif de fournir des ordres de grandeur des concentrations des polluants au niveau du sol et de montrer l'influence de la climatologie du site sur la dispersion des polluants.

Les hypothèses de calcul retenues pour les simulations sont les suivantes :

- Une prise en compte simplifiée du relief ;
- Une rugosité correspondant à une zone urbaine ;
- La formulation des écarts-types de dispersion des panaches adaptée aux sites urbanisés : formulation de BRIGGS URBAN ;
- Le calcul des dépôts au sol et un appauvrissement par la pluie.

La formule des écarts-types (modèle de dispersion)

La dispersion du polluant autour de sa trajectoire nécessite la connaissance des écarts-type.

Les écarts-type sont les paramètres qui pilotent la diffusion du panache. Ces paramètres sont à adapter au site étudié

Pour les sites urbanisés où le mélange vertical est très fort, la formule de BRIGGS URBAIN est retenue.

Les écarts-types de la formule de BRIGGS URBAIN sont les plus élevés parmi toutes les formulations disponibles. Des écarts-types élevés induit un étalement plus important du panache de pollution.

Calcul des dépôts au sol

Concernant les calculs de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts secs sur le sol conduisant à un appauvrissement du panache.

Les particules très fines et les gaz se déposent sur les surfaces par divers processus biologiques, chimiques et physiques. Il est donc nécessaire de connaître les vitesses de dépôt des différents polluants étudiés.

Le paramètre qui influence les dépôts secs est la vitesse de dépôt, exprimée en m/s. Cette vitesse permet de tenir compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose. Ces vitesses ont fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs références bibliographiques existent sur ces données. Il est nécessaire de connaître les vitesses de dépôt de chaque polluant étudié.

Caractéristiques des espèces

Le tableau suivant résume les caractéristiques des espèces utilisées dans le cadre de cette étude.

N°	Polluants	Phase du polluant	Diamètre des particules (µm)	Vitesse de dépôt (cm/s)
1	Particules PM10	particules	10	1,3
2	Particules PM2,5	particules	2,5	0,6
3	Dioxyde d'azote NO2	gaz	-	-
4	Dioxyde de soufre SO2	gaz	-	0,6
5	1,3-butadiène	gaz	-	-
6	Benzo(a)pyrène BaP	particules	1,3	0,05
7	Arsenic As	particules	5	0,22
8	Chrome Cr	particules	5	0,5
9	Nickel Ni	particules	5	0,45
10	Benzène	gaz	-	-
11	Monoxyde de carbone CO	gaz	-	-
12	COVNM	gaz	-	-
13	Acénaphthène	particules	1,3	0,05
14	Acénaphthylène	particules	1,3	0,05
15	Anthracène	particules	1,3	0,05
16	Benzo[a]anthracène	particules	1,3	0,05
17	Benzo[b]fluoranthène	particules	1,3	0,05
18	Benzo[k]fluoranthène	particules	1,3	0,05
19	Benzo[ghi]pérylène	particules	1,3	0,05
20	Chrysène	particules	1,3	0,05
21	Dibenzo[ah]anthracène	particules	1,3	0,05
22	Fluorène	particules	1,3	0,05
23	Fluoranthène	particules	1,3	0,05
24	Indéno[123-cd]pyrène	particules	1,3	0,05
25	Phénanthrène	particules	1,3	0,05
26	Pyrène	particules	1,3	0,05
27	Benzo[j]fluoranthène	particules	1,3	0,05

Tableau 14 : Caractéristiques des espèces étudiées (source : IRIS conseil)

Les résultats des simulations seront exprimés en concentration moyenne annuelle pour tous les polluants. Pour les polluants particuliers, les dépôts moyens annuels au sol seront calculés.

Pollution de fond retenue pour chaque polluant étudié

Les concentrations en pollution de fond retenues pour la modélisation des trois scénarios sont les suivantes :

Polluants	Concentration en pollution de fond (µg/m³)	Source
Particules PM10	21,0	AIRPARIF – Station Vitry-sur-Seine
Particules PM2,5	13,0	AIRPARIF – Station Vitry-sur-Seine
Dioxyde d'azote NO2	30,0	AIRPARIF – Station Vitry-sur-Seine
Dioxyde de soufre SO2	2,0	AIRPARIF – Moyenne Ile-de-France
1,3-butadiène	0,09	AIRPARIF – Station Paris 4ème
Benzo(a)pyrène BaP	0,00012	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Arsenic As	0,00032	AIRPARIF – Station Paris 18ème
Nickel Ni	0,00101	AIRPARIF – Station Paris 18ème
Benzène	0,7	AIRPARIF – Station Vitry-sur-Seine
Monoxyde de carbone CO	300,0	AIRPARIF – Moyenne Ile-de-France
COVNM	4,0	AIRPARIF – Station Vitry-sur-Seine
Benzo[a]anthracène	0,00010	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Benzo[b]fluoranthène	0,00020	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Benzo[k]fluoranthène	0,00009	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Benzo[ghi]pérylène	0,00017	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Dibenzo[ah]anthracène	0,00002	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Indéno[123-cd]pyrène	0,00016	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond
Benzo[j]fluoranthène	0,00011	AIRPARIF – Moyenne des stations de fond

Tableau 15 : Concentration de la pollution de fond

4.9.3 Résultats des simulations

Les résultats sont présentés sous la forme suivante :

- Cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO₂, les particules PM10 et les particules PM2,5 superposées sur une photo aérienne.
- Cartes de variation des concentrations entre les situations AVEC et SANS projet pour NO₂, les particules PM10 et les particules PM2,5 superposées sur une photo aérienne.
- Tableaux des concentrations au niveau de l'école élémentaire Lallier localisée à l'intérieur du quartier Lallier et les concentrations moyennes et maximales sur le périmètre du projet.

Les concentrations en pollution de fond ont été intégrées au modèle ; ces concentrations sont définies au chapitre ci-dessus (tableau 15).

Les cartographies des polluants sont similaires en termes de zones impactées. Les cartes mettent en évidence des concentrations en polluants plus élevées aux abords des rues de Bicêtre, de Lallier et Paul Hochart.

Les concentrations des polluants sur le Quartier Lallier sont la somme des concentrations de la pollution de fond et celles émanant des axes routiers que sont les rues de Bicêtre, de Lallier et Paul Hochart.

Les cartes de NO₂, des PM10 et PM2,5 montrent que les principales sources de pollution sont les rues de Bicêtre, de Lallier et Paul Hochart : au droit de ces rues les concentrations sont les plus élevées et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ces rues les concentrations sont plus faibles.

Nous remarquons que les concentrations des scénarii SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 sont plus faibles que le scénario ACTUEL 2019 malgré des trafics plus importants en situations futures par rapport à la situation actuelle. Cette baisse des concentrations est liée aux améliorations technologiques apportées aux véhicules : les véhicules de demain seront plus propres qu'aujourd'hui.

Les cartes de comparaison entre les scénarii à l'horizon 2030 sont toutes identiques et révèlent des variations faibles. En effet les variations entre le scénario AVEC PROJET 2030 et SANS PROJET 2030 sont sur l'ensemble du domaine d'étude comprises entre 0 et 2% d'augmentation avec le scénario AVEC PROJET 2030 par rapport au scénario SANS PROJET 2030.

De manière globale, les scénarii futurs sont moins impactant que le scénario ACTUEL.

De plus, il est à noter que les scénarii SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 sont quasi-identiques (un peu plus important dans le scénario AVEC PROJET) du point de vue des concentrations dans l'atmosphère pour ces trois polluants, NO₂, PM10 et PM2,5 qui sont les plus problématiques dans les grandes villes françaises.

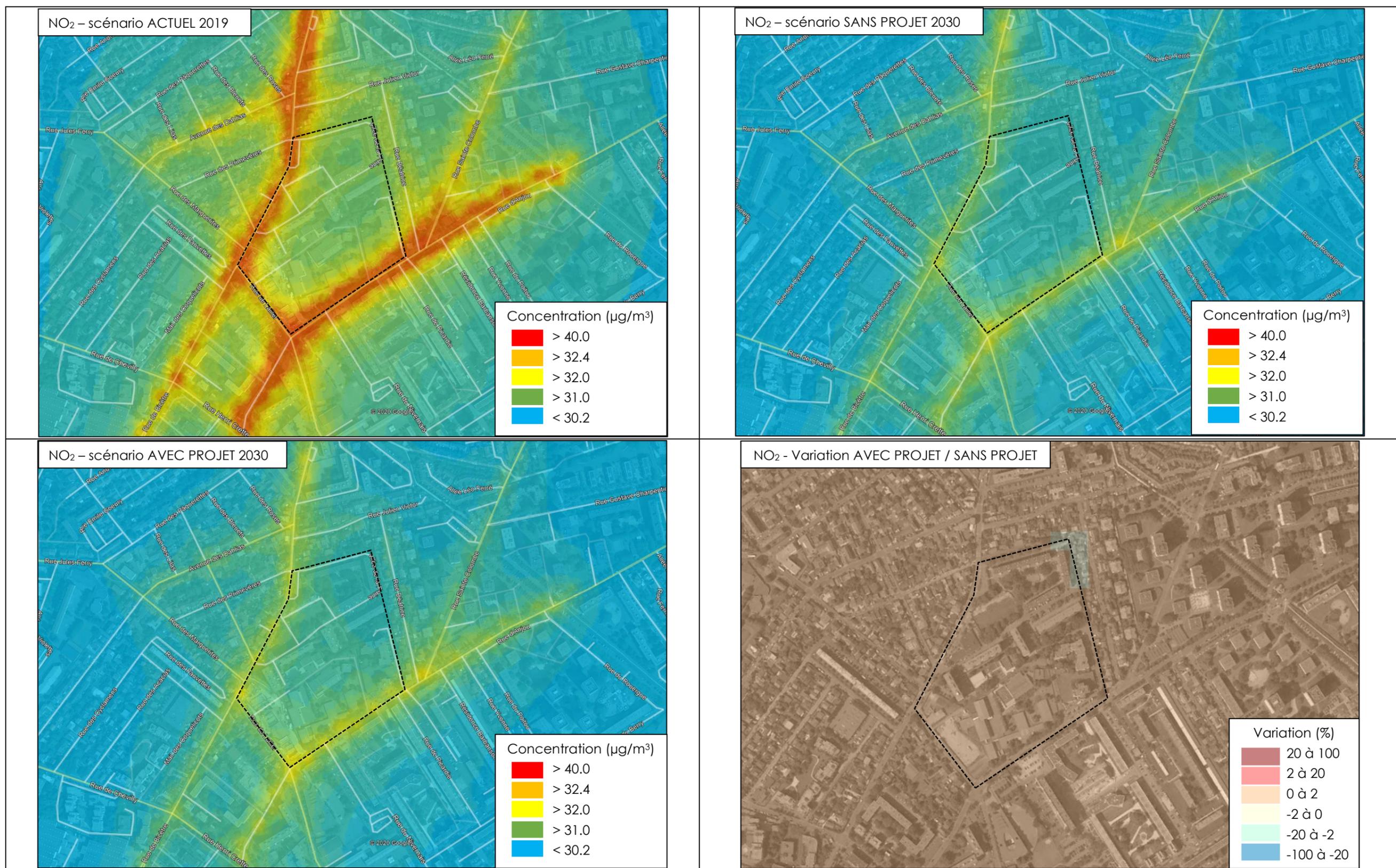


Figure 25 : Concentrations de dioxyde d'azote et variation entre SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 (source : IRIS conseil)

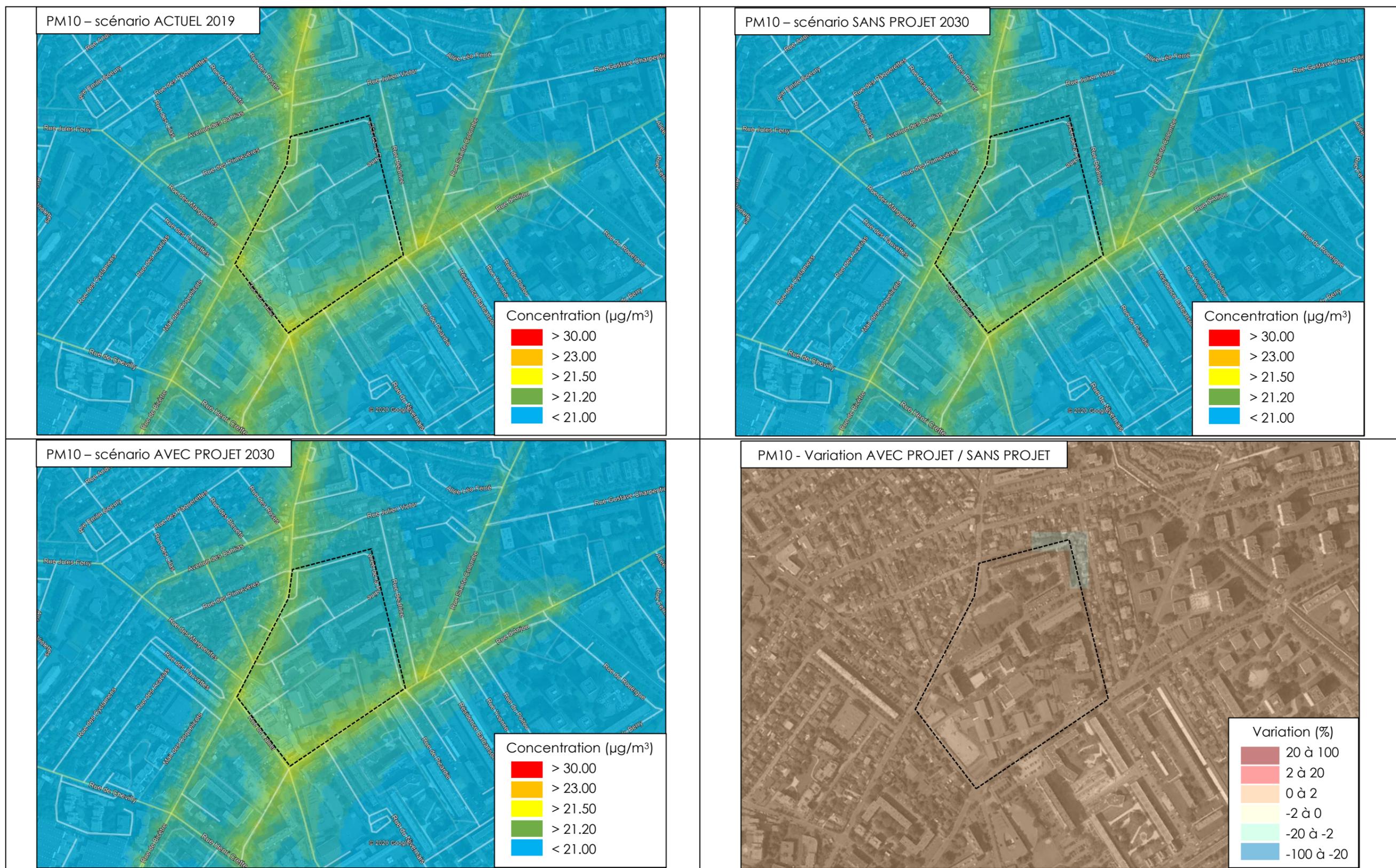


Figure 26 : Concentrations des PM10 et variation entre SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 (source : IRIS conseil)

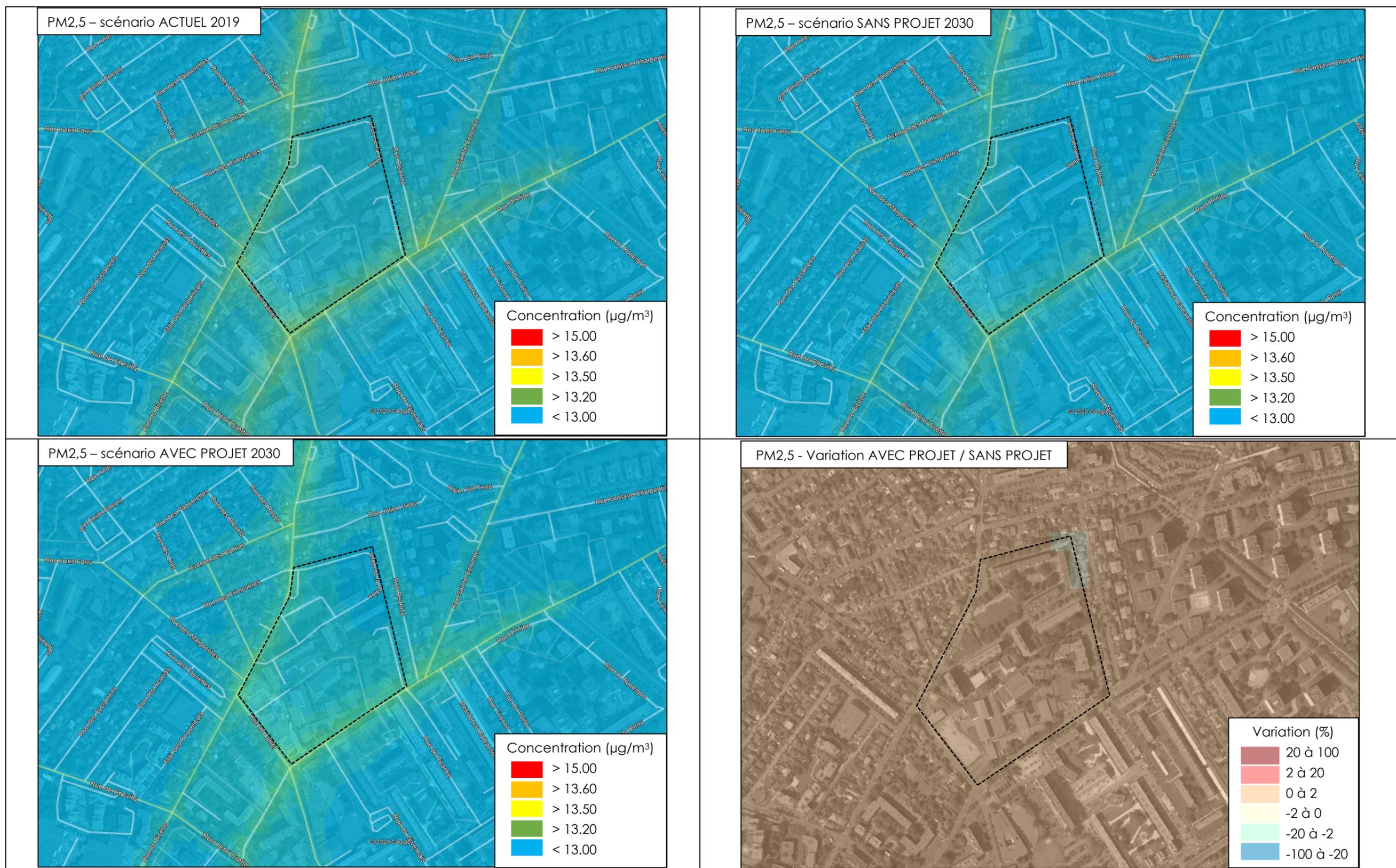


Figure 27 : Concentrations des PM2,5 et variation entre SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 (source : IRIS conseil)

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des concentrations au niveau de l'école élémentaire Lallier, les concentrations moyennes et maximales sur le périmètre du projet.

Polluants	Unités	Concentrations sur l'ECOLE PRIMAIRE				Concentrations MOYENNE SUR PERIMETRE PROJET				Concentrations MAXIMALES SUR PERIMETRE PROJET				Valeur limite	Objectif de qualité
		ACTUEL 2019	SANS PROJET 2030	AVEC PROJET 2030	VARIATION AVEC PROJET / SANS PROJET	ACTUEL 2019	SANS PROJET 2030	AVEC PROJET 2030	VARIATION AVEC PROJET / SANS PROJET	ACTUEL 2019	SANS PROJET 2030	AVEC PROJET 2030	VARIATION AVEC PROJET / SANS PROJET		
Particules PM10	µg/m ³	21.43	21.34	21.41	0.00	21.16	21.13	21.17	0.00	21.44	21.34	21.41	0.00	40	30
Particules PM2,5	µg/m ³	13.31	13.21	13.25	0.00	13.12	13.08	13.11	0.00	13.31	13.21	13.25	0.00	25	10
Dioxyde d'azote NO ₂	µg/m ³	34.63	31.85	32.17	0.01	32.07	30.80	31.00	0.01	34.65	31.85	32.17	0.01	40	40
Dioxyde de soufre SO ₂	µg/m ³	2.06	2.05	2.06	0.00	2.02	2.02	2.03	0.00	2.06	2.05	2.06	0.00	-	50
1_3_butadiène	µg/m ³	0.09	0.09	0.09	0.00	0.09	0.09	0.09	0.00	0.09	0.09	0.09	0.00	-	-
Benzo(a)pyrène BaP	ng/m ³	0.13	0.13	0.13	0.01	0.13	0.12	0.13	0.01	0.14	0.13	0.13	0.01	1	-
Arsenic As	ng/m ³	0.32	0.32	0.32	0.00	0.32	0.32	0.32	0.00	0.32	0.32	0.32	0.00	6	-
Chrome Cr	ng/m ³	0.005	0.005	0.006	0.18	0.002	0.002	0.003	0.28	0.005	0.005	0.006	0.18	-	-
Nickel Ni	ng/m ³	1.01	1.01	1.01	0.00	1.01	1.01	1.01	0.00	1.01	1.01	1.01	0.00	20	-
Benzène	µg/m ³	0.71	0.70	0.70	0.00	0.70	0.70	0.70	0.00	0.71	0.70	0.70	0.00	5	2
Monoxyde de carbone CO	µg/m ³	305.85	302.16	302.58	0.00	302.33	300.66	300.93	0.00	305.89	302.16	302.58	0.00	-	-
COVNM	µg/m ³	4.37	4.06	4.08	0.00	4.16	4.02	4.03	0.00	4.37	4.06	4.08	0.00	-	-
Acénaphthène	ng/m ³	0.25	0.11	0.13	0.15	0.11	0.05	0.06	0.21	0.26	0.11	0.13	0.15	-	-
Acénaphthylène	ng/m ³	0.19	0.09	0.10	0.15	0.09	0.04	0.05	0.21	0.19	0.09	0.10	0.15	-	-
Anthracène	ng/m ³	0.03	0.04	0.05	0.17	0.01	0.02	0.02	0.26	0.03	0.04	0.05	0.17	-	-
Benzo[a]anthracène	ng/m ³	0.13	0.12	0.12	0.02	0.11	0.11	0.11	0.02	0.13	0.12	0.12	0.02	-	-
Benzo[b]fluoranthène	ng/m ³	0.22	0.21	0.22	0.01	0.21	0.21	0.21	0.01	0.22	0.21	0.22	0.01	-	-
Benzo[k]fluoranthène	ng/m ³	0.11	0.10	0.10	0.02	0.10	0.10	0.10	0.02	0.11	0.10	0.10	0.02	-	-
Benzo[ghi]pérylène	ng/m ³	0.20	0.19	0.20	0.02	0.18	0.18	0.18	0.01	0.20	0.19	0.20	0.02	-	-
Chrysène	ng/m ³	0.05	0.03	0.04	0.21	0.02	0.01	0.02	0.33	0.05	0.03	0.04	0.21	-	-
Dibenzo[ah]anthracène	ng/m ³	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-
Fluorène	ng/m ³	0.03	0.03	0.04	0.31	0.01	0.01	0.02	0.57	0.03	0.03	0.04	0.54	-	-
Fluoranthène	ng/m ³	0.24	0.18	0.20	0.16	0.11	0.08	0.10	0.24	0.24	0.18	0.20	0.16	-	-
Indéno[123-cd]pyrène	ng/m ³	0.17	0.17	0.17	0.01	0.17	0.16	0.17	0.01	0.17	0.17	0.17	0.01	-	-
Phénanthrène	ng/m ³	0.48	0.40	0.46	0.16	0.22	0.18	0.22	0.22	0.49	0.40	0.46	0.16	-	-
Pyrène	ng/m ³	0.22	0.13	0.16	0.18	0.10	0.06	0.08	0.26	0.22	0.13	0.16	0.18	-	-
Benzo[j]fluoranthène	ng/m ³	0.12	0.13	0.13	0.03	0.12	0.12	0.12	0.03	0.12	0.13	0.13	0.03	-	-

Tableau 16 : Résultats des concentrations (source : IRIS conseil)

Les concentrations des polluants en situations futures, SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030, sont plus faibles que les concentrations en situation ACTUELLE 2019.

Cette réduction des teneurs en polluants est liée aux améliorations technologiques des véhicules : les véhicules sont « plus propres ».

4.10 Evaluation de l'exposition avec l'indice pollution-population (IPP)

L'indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui représente de manière synthétique l'exposition potentielle des personnes à la pollution atmosphérique due au projet routier et aux voies impactées par celui-ci. Il ne doit en revanche pas être considéré comme un indicateur sanitaire à proprement parler.

L'IPP est le résultat du croisement des concentrations des polluants retenus et des populations exposées sur la zone d'étude.

L'IPP peut apporter deux types d'information :

- Il permet avant tout de comparer des variantes d'un projet ou des scénarios (état actuel, scénario sans projet, scénario avec projet aux horizons d'étude) ;
- Il peut également permettre d'apprécier ces variantes ou scénarios par rapport aux valeurs limites définies pour la surveillance de la qualité de l'air. Dans ce deuxième cas, on évalue le nombre de personnes exposées en deçà ou au-delà de valeurs limites pour les différentes configurations du projet

4.10.1 Définition de la zone prise en compte

L'IPP est calculé sur la bande d'étude telle que définie dans le chapitre 2.1.

4.10.2 Choix du polluant indicateur

Dans la mesure où l'on cherche à utiliser l'IPP pour comparer des scénarios ou des variantes d'un projet et, le cas échéant, pour apprécier le niveau de l'impact dû à l'infrastructure, il faudrait en théorie considérer tous les polluants réglementés liés au trafic routier (NO₂, benzène, particules, CO, etc.).

Toutefois, la progressivité des études ne permet pas de travailler de façon détaillée sur l'ensemble des polluants. Pour choisir le ou les polluants indicateurs, certains paramètres doivent être pris en compte :

- La « signature routière » du polluant, qui doit être suffisamment claire (aspect « traceur » de la pollution automobile) : c'est le cas pour le NO₂ mais moins pour les particules ;
- Les incertitudes de mesure (dans la gamme des valeurs rencontrées) ;
- Les incertitudes de modélisation. Le NO₂ se prête mieux à la modélisation que les autres polluants. Si un biais systématique est observé dans la modélisation d'un polluant, il peut être, malgré tout, utilisé pour comparer des variantes. Cependant, l'appréciation par rapport aux valeurs limites relatives à la surveillance de la qualité de l'air doit être exclue.

Aussi, le polluant traceur retenu pour le calcul de l'IPP est le NO₂. C'est un polluant discriminant et bien maîtrisé (mesure/modélisation) et sa zone de dispersion (100 à 300 m par rapport à l'axe de la voie) englobe le plus souvent celle des autres polluants.

4.10.3 Méthode de calcul

L'IPP se calcule en effectuant le produit de la concentration avec les populations présentes en un lieu donné.

$$IPP = \sum_i IPP_i = \sum_i C_i \times P_i$$

où

IPP_i : est l'IPP à l'échelle d'une maille i ou d'un bâtiment i,

C_i : est la concentration du polluant considéré pour la maille élémentaire i ou pour le bâtiment i, généralement calculée par la mise en œuvre de la chaîne de modélisation (utilisation successive des modèles d'émissions et de dispersion),

P_i : est la population présente sur la maille élémentaire i ou dans le bâtiment i.

4.10.4 Calcul de l'IPP du projet

Le nombre d'habitants dans chaque maille de calcul est estimé à partir des données INSEE définies à l'Illet IRIS.

Ensuite, l'IPP est calculé en multipliant pour chaque maille le nombre d'habitants par la concentration de NO₂.

Les résultats de l'IPP sont présentés ci-dessous sous forme agrégée (IPP cumulé) et sous forme d'un histogramme qui rend compte de l'exposition de la population aux différentes classes de concentrations.

IPP cumulé

Dans le tableau ci-dessous, l'IPP cumulé pour chaque scénario est présenté. Le résultat fournit une indication de l'état sanitaire global sur la bande d'étude et permet de voir l'évolution de la situation attendue entre les scénarios étudiés.

Scénario	IPP cumulé	Variation / ACTUEL 2019	Variation / SANS PROJET 2030
ACTUEL 2019	291 023	-	-
SANS PROJET 2030	283 395	-2.6%	-
AVEC PROJET 2030	284 142	-2.4%	0.3%

Tableau 17 : IPP cumulés des différents scénarios et variations (source : IRIS conseil)

La comparaison entre la scénario ACTUEL 2019 et les scénarii futurs montre une diminution de l'IPP. Cette diminution est liée à la réduction des teneurs en dioxyde d'azote dans l'atmosphère grâce à l'amélioration des moteurs des véhicules qui seront plus propres en 2030 par rapport à l'année 2019. Nous observons une très légère augmentation de l'IPP cumulé du scénario AVEC PROJET 2030 par rapport au scénario SANS PROJET 2030 : augmentation liée à l'augmentation du trafic entre ces deux scénarii.

Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentration

La représentation sous la forme d'histogramme ci-dessous à l'avantage d'indiquer la répartition de la population exposée selon différentes classes de concentrations en polluants.

Scénario	Classe de concentration de NO ₂ (µg/m ³)						TOTAL	
	Inférieure à 31		Entre 31 et 32		Supérieure à 32		Hbts	%
	Hbts	%	Hbts	%	Hbts	%		
ACTUEL 2019	4 058	44%	3566	38%	1670	18%	9 294	100%
SANS PROJET 2030	8 413	91%	866	9%	15	0%	9 294	100%
AVEC PROJET 2030	8148	88%	1064	11%	82	1%	9 294	100%

Tableau 18 : Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentrations de NO₂ (source : IRIS conseil)

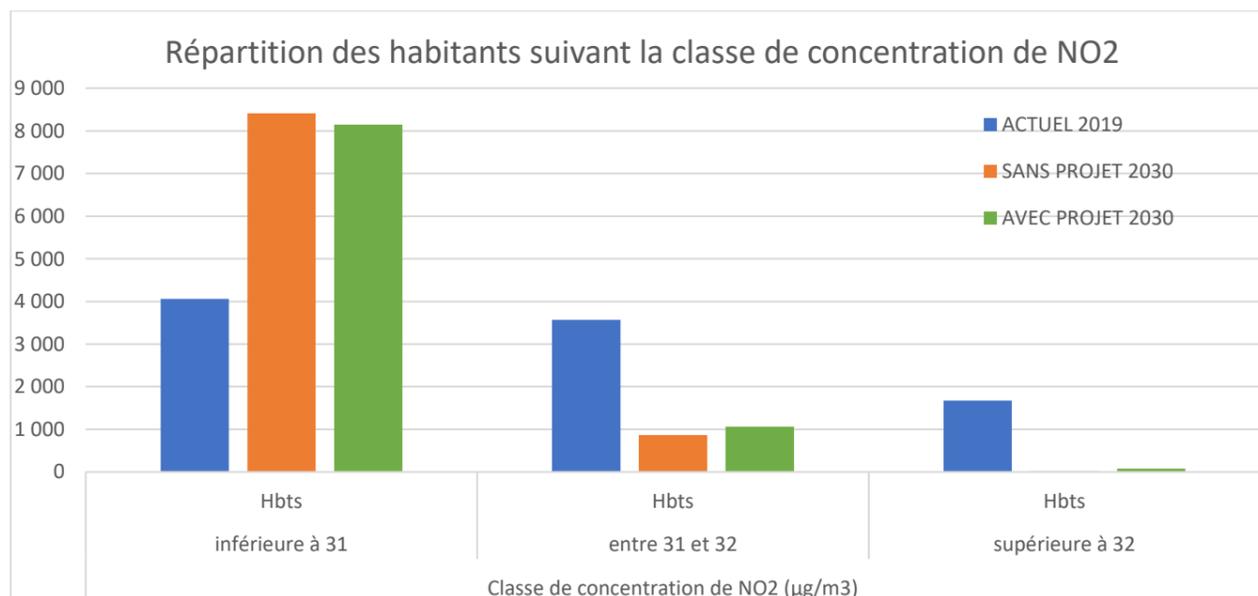


Figure 28 : Distribution du nombre d'habitants pour différentes classes de concentrations de NO₂ (source : IRIS conseil)

Nous remarquons une distribution plutôt homogène sur les différentes classes de concentrations pour la situation ACTUEL 2019, alors que pour les situations futures SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030, nous observons que la classe des plus faibles concentrations est la plus représentative en nombre d'habitants. C'est-à-dire qu'en situations futures, la majorité des habitants seront exposés à des concentrations plus faibles qu'en situation actuelle : l'exposition aux polluants est donc meilleure à l'horizon futur par rapport à l'horizon actuel.

4.11 Evaluation des risques sanitaires (ERS)

4.11.1 Méthodologie

Conformément à la **note technique du 22 février 2019**, une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été réalisée sur le périmètre du projet d'aménagement du carrefour de la Malmédonne.

L'évaluation des risques sanitaires est basée sur la méthodologie définie en 1983 par l'académie des sciences américaine, retranscrite depuis par l'InVS dans son guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.

La démarche d'évaluation des risques sanitaires se décompose en 4 étapes :

- **Etape 1 : Identification des dangers** qui consiste en l'identification la plus exhaustive possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable.
- **Etape 2 : Définition des relations dose-réponse** ou dose-effet qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'apparition d'un effet toxique jugé critique. Cette étape se caractérise par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour chaque toxique étudié.
- **Etape 3 : Évaluation des expositions** qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci.
- **Etape 4 : Caractérisation du risque** qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette 4ème étape sera suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

4.11.2 Description des enjeux sanitaires sur la zone d'étude et voies d'exposition à étudier

Au préalable, il est nécessaire de définir les enjeux sanitaires propres à la zone d'étude. Pour cela, un descriptif de la zone d'étude a été réalisé et une recherche des sites sensibles est effectuée. Ces sites constituent les points de contact entre la pollution et la population la plus sensible à la pollution. Le schéma global d'exposition permet de mieux appréhender la problématique d'exposition de la population, et notamment d'appréhender les voies d'exposition potentielles de la population à la pollution atmosphérique.

Outre l'exposition directe de la population par l'inhalation, on note que les transferts des polluants dans les autres compartiments environnementaux que sont l'eau, les sols et la végétation constituent autant de voies d'exposition potentielles indirectes supplémentaires pour la population, notamment à travers son alimentation. Toutefois, le scénario d'aménagement retenu ne prévoit pas ce type d'usage et l'exposition par ingestion est considérée comme nulle sur la zone d'étude.

L'absorption cutanée des polluants rejetés par les véhicules automobiles n'est pas retenue comme voie d'exposition à étudier dans la note technique du 22 février 2019. En effet le transfert par ce biais est d'une part négligeable compte tenu de la surface de contact de la peau par rapport à celle des poumons et d'autre part, l'absence de VTR ne permet pas la construction d'un scénario dose/réponse.

Le périmètre retenu pour l'ERS est celui de la bande d'étude telle que définie dans le chapitre 2.1.

Les risques sanitaires seront évalués dans la bande d'étude et au droit des bâtiments accueillant des populations vulnérables. La carte suivante présente la localisation de ces sites sensibles et la bande d'étude.

Les bâtiments suivants, dont l'activité implique principalement l'accueil des populations dites vulnérables ont été recherchés :

- Les établissements accueillant des enfants : les maternités, les crèches, les écoles maternelles et élémentaires, les établissements accueillant des enfants handicapés, etc.
- Les établissements accueillant des personnes âgées : maisons de retraite, etc.
- Les hôpitaux.

Ces bâtiments vulnérables sont indiqués dans le tableau et la carte suivants.

Repère	Type	Nom	Adresse
1	Enseignement	Ecole maternelle de Lallier	29 rue Paul Hochart, l'Haÿ-les-Roses
2	Enseignement	Ecole élémentaire de Lallier	27 rue Paul Hochart, l'Haÿ-les-Roses
3	Santé	Centre municipal de santé	2 rue des Acacias, l'Haÿ-les-Roses
4	Enseignement	Ecoles future implantation	rue de Bicêtre, l'Haÿ-les-Roses

Tableau 19 : Liste des sites vulnérables (source : Géoportail et site internet de la commune)



Figure 29 : Localisation des bâtiments vulnérables (source : Géoportail et site internet de la commune)

4.11.3 Etape 1 : Identification des dangers

La première étape d'une évaluation des risques sanitaires consiste à identifier les agents émis dans l'environnement dans le cadre d'un projet d'infrastructure routière, ainsi que les informations sur les dangers (effets sanitaires indésirables) inhérents à chacun d'entre eux et les voies d'exposition concernées.

Les polluants à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires sont détaillés dans le tableau suivant.

La liste proposée se base :

- D'une part, sur l'avis de l'Anses du 12 juillet 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières. Cette liste a été déterminée à partir de données d'émission de polluants, et de critères d'ordre sanitaires à savoir la dangerosité des polluants considérés, et la disponibilité des valeurs toxicologiques de référence ;
- D'autre part, sur des travaux complémentaires menés par différents experts d'horizons divers portant notamment sur la robustesse des données d'entrées, le croisement avec les modalités techniques et opérationnelles de mise en œuvre tels que la faisabilité des mesures, l'interprétation des résultats de l'évaluation de risques ou robustesse des facteurs d'émission et sur lesquels une demande d'appui scientifique et technique a été faite à l'ANSES par la DGPR et la DGS et rendue le 11 juillet 2018.

A noter que dans le cadre du présent projet et de sa situation géographique, seule la voie d'exposition respiratoire est considérée.

En zone urbaine, les habitants ne disposent pas tous de jardin. Cependant si les habitants pratiquent la culture de légumes et fruit, celle-ci ne constitue pas la source principale d'alimentation de la population résidente. Et c'est pour cette raison que nous n'étudierons pas l'exposition par ingestion des aliments produits sur le secteur d'étude.

Le tableau suivant synthétise les substances étudiées :

Durée d'exposition	Polluants
Aiguë	Particules PM10
	Particules PM2,5
	Dioxyde d'azote NO ₂
Chronique	Particules PM10
	Particules PM2,5
	Dioxyde d'azote NO ₂
	1_3_butadiène
	Benzo(a)pyrène BaP
	Arsenic As
	Chrome Cr
	Nickel Ni
	Benzène
	Acénaphthène
	Acénaphthylène
	Anthracène
	Benzo[a]anthracène
	Benzo[b]fluoranthène
	Benzo[k]fluoranthène
	Benzo[ghi]pérylène
	Chrysène
	Dibenzo[ah]anthracène
	Fluorène
	Fluoranthène
Indéno[123-cd]pyrène	
Phénanthrène	
Pyrène	
Benzo[j]fluoranthène	

Tableau 20 : Substances étudiées dans l'ERS (source : note technique du 22 février 2019)

4.11.4 Etape 2 : Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une substance donnée sont des valeurs établissant une relation entre les niveaux d'exposition auxquels les personnes peuvent être exposées et l'incidence ou la gravité des effets associés à l'exposition.

Méthode

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- Les toxiques à seuil de dose : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- Les toxiques sans seuil de dose : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer l'effet indésirable (ex : cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de 10⁻⁵ signifie qu'une personne exposée, en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 1/100 000, par rapport au risque de base, de contracter un cancer lié à cette exposition.

Sources de données

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivants : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'Anses même si des VTR plus récentes sont proposées dans les autres bases de données. À défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors cette VTR doit être retenue, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

En l'absence d'expertise nationale, la VTR à retenir correspond à la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.

Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA est utilisée.

En l'absence de VTR dans une de ces 8 bases de données, la note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 indique qu'il est préférable d'éviter d'utiliser d'autres valeurs telles qu'une valeur toxicologique publiée par un autre organisme que ceux précédemment listés, ou une valeur limite d'exposition professionnelle ou encore une valeur guide de qualité des milieux.

Les VTR utilisées en évaluation de risques sanitaires doivent avoir des fondements uniquement sanitaires. Cependant, certaines valeurs émises par l'OMS (appelées « valeurs guides ») sont établies en tenant compte de considérations supplémentaires (environnementales, techniques, économiques...). Lorsque de telles valeurs guides (VG) sont utilisées à défaut de VTR, elles sont traitées à part dans l'étude et il ne sera pas réalisé de caractérisation des risques comme avec une VTR, mais seulement une comparaison des VG avec les doses d'exposition. En revanche, si une VG peut être assimilée à une VTR de par sa construction, alors un calcul de risque sera réalisé.

La figure ci-après présente le logigramme permettant de choisir les VTR selon les recommandations de la note ministérielle N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

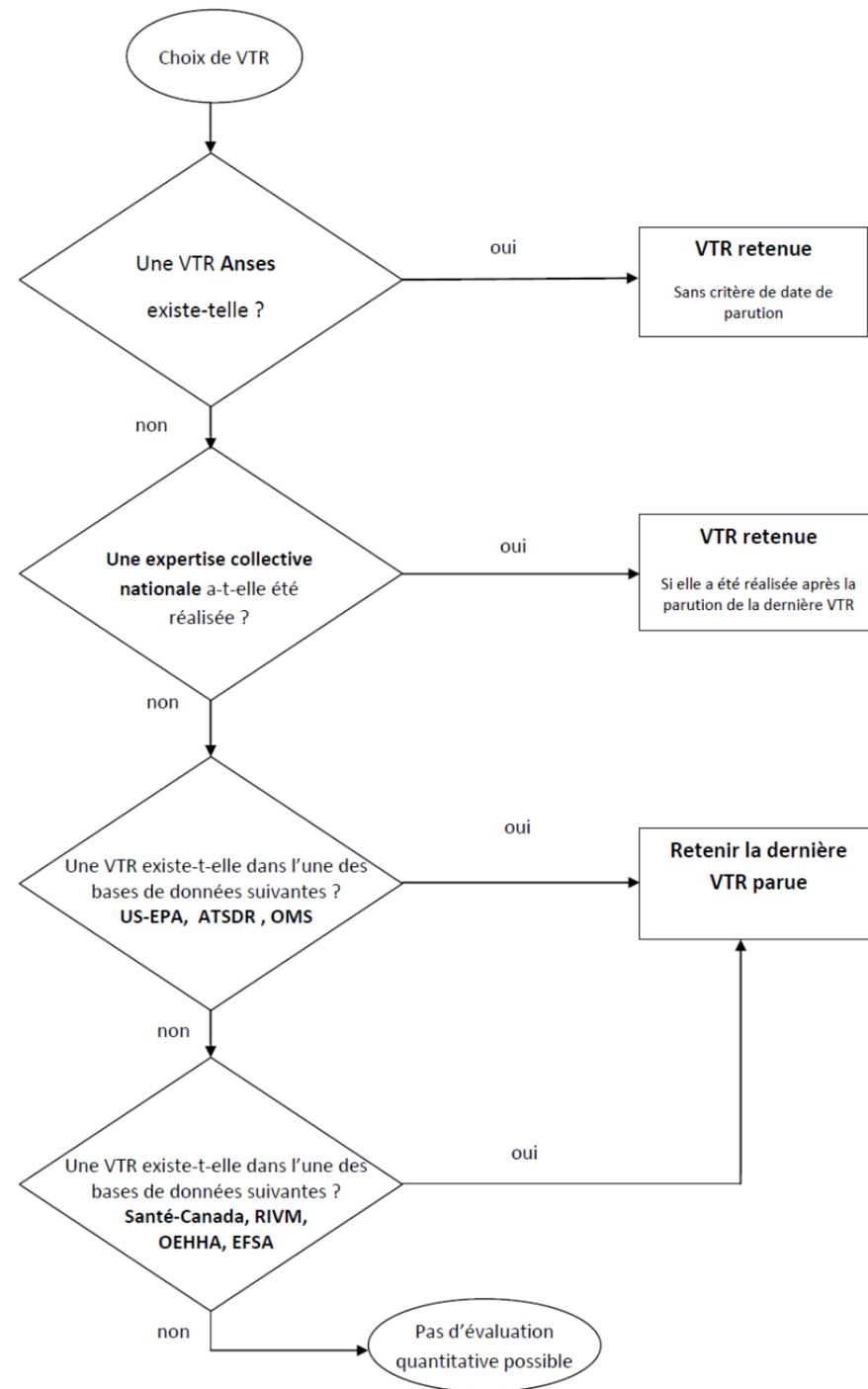


Figure 30 : Logigramme pour le choix des VTR (source : note n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014)

Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les trois tableaux suivants synthétisent les VTR (ou les valeurs-guides) retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 pour chaque durée d'exposition (aiguë et chronique) et chaque type d'effet (à seuil ou sans seuil de dose).

Dans le cas de l'exposition aiguë, le guide de l'Anses de 2012 recommande de considérer uniquement les poussières et le dioxyde d'azote. Pour ces substances/famille de substance, seules des valeur-guides sont disponibles :

Substance	VTR aiguë /VG en µg/m³	Durée	Système cible	Référence
NO ₂	200	1h	Respiratoire	Expertise Anses, 2013 (OMS, 2010)
PM10	50	24h	Respiratoire	OMS, 2005
PM2,5	25	24h	Respiratoire	OMS, 2005

Tableau 21 : Valeurs guides pour l'exposition aiguë

Substance	VTR en µg/m³	Système cible	Référence
PM10 *	20	Respiratoire	OMS, 2005
PM2,5 *	10	Respiratoire	OMS, 2005
NO ₂ *	40	Respiratoire	OMS, 2000
1,3-butadiène	2	Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2011 (US-EPA, 2002)
Benzo(a)pyrène BaP	0.002	Reproductif et développemental	US-EPA, 2017
Arsenic	0.015	Nerveux, Reproductif et développemental	Expertise Ineris 2010 (OEHHA, 2008)
Chrome VI	0.03	Respiratoire	OMS, 2013
Nickel (sous forme oxydé)	0.23	Respiratoire	TCEQ, 2011
Benzène	10	Hématologique et immunitaire	Anses, 2008

Tableau 22 : VTR chronique non cancérigène

*valeur-guide

Substance	VTR en (µg/m³) ⁻¹	Système cible	Référence
1,3-butadiène	1.70E-04	Respiratoire	Expertise Ineris, 2011 (OEHHA, 2011)
Benzo(a)pyrène B(a)P	1.10E-03	Respiratoire	OEHHA, 2009
Arsenic	1.50E-04	Respiratoire	Anses (TCEQ, 2012)
Chrome VI	4.00E-02	Respiratoire	OMS, 2013
Nickel (sous forme oxydé)	1.70E-04	Respiratoire	TCEQ, 2011
Benzène	2.60E-05	Hématologique et immunitaire	Anses, 2014

Tableau 23 : VTR chronique cancérigène

Cas particulier du nickel

Dans le cadre de cette étude, le nickel pris en compte est uniquement émis par combustion de carburant (émission à chaud et à froid). L'expertise de l'Ineris de 2007 propose 2 VTR respiratoires pour cette substance : une VTR pour l'oxyde de nickel et une autre pour les autres formes de nickel. Les produits de combustion s'oxydent avec l'oxygène de l'air, par conséquent, il a été jugé plus pertinent de prendre en compte la VTR associée à l'oxyde de nickel qui apparaît comme la forme de nickel la plus cohérente avec le contexte (par rapport à d'autres formes de nickel).

Cas particulier du Chrome

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III (Cr III) et le chrome VI (Cr VI), c'est la raison pour laquelle des VTR pour la voie respiratoire sont disponibles pour le chrome VI et le chrome III. De ces deux degrés d'oxydation, le chrome VI est le plus toxique, c'est pourquoi il est retenu comme représentant du chrome et de ses composés dans la présente ERS. Pour le chrome VI, des VTR sont à la fois disponibles pour la forme particulaire et pour la forme aérosol. La forme aérosol correspond à une forme dissoute, il est donc préféré la forme particulaire qui correspond mieux au contexte de notre étude.

Dans le cadre de cette étude, le chrome est émis par l'usure des pneus, des freins, de l'embrayage et de la route. Parmi les différentes sources d'émission en chrome, aucune information n'est exploitable pour estimer la part de chrome VI dans le chrome total, il a donc été décidé, dans une hypothèse majorante, de considérer la totalité du chrome émis comme du chrome VI.

Cas particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP

Pour les effets sans seuil de dose, les recommandations de l'Ineris sont suivies. Elles consistent à tenir compte des facteurs d'équivalence toxique pour calculer les VTR sans seuil de chacun des HAP qui ne disposent pas de VTR spécifiques, à partir de la VTR sans seuil du benzo(a)pyrène (ANSES, 2012). Les facteurs d'équivalence toxique (FET) utilisés sont ceux qui ont été retenus en France par l'Ineris à l'issue d'un travail d'analyse des différents FET disponibles dans la littérature. Les valeurs de ces FET sont présentées dans le tableau 28.

Substance	FET
Benzo(a)pyrène BaP	1.000
Acénaphthène	0.001
Acénaphthylène	0.001
Anthracène	0.010
Benzo[a]anthracène	0.100
Benzo[b]fluoranthène	0.100
Benzo[k]fluoranthène	0.100
Benzo[ghi]pérylène	0.010
Chrysène	0.010
Dibenzo[ah]anthracène	1.000
Fluorène	0.001
Fluoranthène	0.001
Indéno[123-cd]pyrène	0.100
Phénanthrène	0.001
Pyrène	0.001
Benzo[j]fluoranthène	0.100

Tableau 24 : FET des HAP (source : ANSES, 2012)

4.11.5 Etape 3 : Evaluation des expositions

L'objet de ce chapitre est d'évaluer les doses auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées.

Voies et vecteurs d'exposition

La population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voies respiratoire, orale et cutanée. L'objectif de cette ERS est de quantifier les risques sanitaires uniquement pour la voie respiratoire, par conséquent, seule la voie respiratoire a été appréhendée dans le cadre de cette étude. La voie respiratoire est en effet la principale voie d'exposition aux polluants atmosphériques.

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

$$CMI = (\sum C_i \times T_i) \times F \times \left(\frac{DE}{T_m}\right) \quad \text{équation 1}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci : Concentration de polluant représentative de la période d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ti : Taux d'exposition à la concentration Ci pendant une journée (sans unité)

F : Fréquence ou taux d'exposition annuel qui correspond au nombre de jours d'exposition sur une année (sans unité)

DE : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques cancérigènes (années)

Tm : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets cancérigènes où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière standard (Tm est généralement pris égal à 70 ans)

Les paramètres d'exposition Ti, F et DE doivent être renseignés pour tenir compte des conditions d'exposition auxquelles sont confrontées les populations considérées.

Le paramètre Ci (concentration en polluant dans l'air) de l'équation 1 est issu de la somme des concentrations modélisées et de celle de fond de la zone.

Scénario d'exposition retenu

Il a été retenu comme scénario d'exposition de considérer les personnes résidentes et travaillant dans la bande d'étude et également les personnes sensibles regroupées dans les bâtiments d'enseignement, de santé et de résidences de personnes âgées.

Les valeurs paramétriques choisies pour l'application de l'équation 1 sont présentées ci-dessous.

- **Taux d'exposition (Ti)**

Le scénario d'exposition, considérant que la population exposée réside et travaille dans l'aire d'étude, revient à prendre un taux d'exposition journalier (Ti) égal à 1 (100 % du temps pour une journée).

$$Ti = 1 \text{ (ou 100\%)}$$

- **Fréquence d'exposition annuelle (F)**

Le scénario sélectionné dans les évaluations des risques sanitaires est de considérer une période de 30 jours d'absence (vacances et weekends) soit une présence dans l'aire d'étude de 335 jours (scénario classiquement choisi lors des ERS). Sur une année, cela revient à prendre une fréquence d'exposition (F) de 0,92 ($335/365 \times 24/24 = 0,92$).

$$F = 0,92$$

- **Durée d'exposition (DE)**

Les VTR pour les substances à effets cancérigènes sont définies pour une exposition sur une vie entière (égale, par convention, à 70 ans). Aussi pour ces effets, un facteur de pondération est introduit dans le calcul de la concentration moyenne inhalée (équation 1), pour les expositions de durée inférieure à 70 ans. Ce facteur de pondération est égal au rapport entre la durée d'exposition (DE), correspondant à la durée de séjour des individus sur le site d'exposition, et le temps de pondération (Tm) égal à 70 ans.

$$DE = 30 \text{ ans} \quad \text{et} \quad Tm = 70 \text{ ans}$$

Synthèse des scénarios sélectionnés par typologies de risque d'exposition

Pour une exposition aiguë, aucun scénario d'exposition n'est défini. La concentration retenue pour la comparaison avec la valeur toxicologique de référence correspond à la valeur maximale modélisée pour une dispersion atmosphérique défavorable (centile 100) :

$$CMI_{aiguë} = Ci_{P100} \quad \text{équation 2}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci_{P100} : Concentration en percentile 100 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Pour une exposition chronique à un polluant non cancérigène, les concentrations sont pondérées d'un facteur 0,92 (correspondant à une exposition de 335 jours par an 24 heures sur 24) :

$$CMI_{chronique} = Ci_{MA} \times 0,92 \quad \text{équation 3}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci_{MA} : Concentration inhalée en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Pour une exposition chronique à un polluant cancérigène, les concentrations sont pondérées d'un facteur 0,39 correspondant à une exposition similaire à l'exposition systémique mais sur une durée de 30 ans (les VTR sont déterminées pour une exposition de 70 ans).

$$CMI_{chronique} = \frac{Ci_{MA} \times 0,92 \times 30}{70} = Ci_{MA} \times 0,39 \quad \text{équation 4}$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci_{MA} : Concentration inhalée en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estimation des concentrations en substances dans l'air

Les niveaux en substances auxquels sont susceptibles d'être exposées les populations sont estimés par l'intermédiaire de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Suivant le type d'exposition considéré (aiguë ou chronique), les valeurs de concentrations dans l'air (Ci) considérées sont les suivantes :

- Pour les expositions de type chronique : les concentrations moyennes annuelles ;
- Pour les expositions de type aigu : les concentrations maximales horaire ou journalière (suivant la durée d'exposition associée à la VTR aiguë ou à la valeur guide retenue).

Pour l'ensemble des substances appréhendées, les niveaux en substances sont représentatifs de la seule contribution du trafic automobile sauf pour :

- Les particules PM10
- Les particules PM2,5
- Le dioxyde d'azote
- Le 1,3-butadiène
- Le benzo(a)pyrène
- L'arsenic
- Le nickel
- Le benzène
- Benzo[a]anthracène
- Benzo[b]fluoranthène
- Benzo[k]fluoranthène
- Benzo[ghi]pérylène
- Dibenzo[ah]anthracène
- Indéno[123-cd]pyrène
- Benzo[j]fluoranthène

En effet, pour ces dernières substances, le niveau de fond ambiant a été pris en compte en plus des niveaux induits par le trafic routier.

Prise en compte du bruit de fond local

Au sens de l'étude sanitaire, le bruit de fond local correspond aux niveaux en substances induits par des sources d'émissions autres que le trafic routier local au niveau des sites sensibles. Il peut s'agir des émissions résidentielles tertiaires (chauffage), des émissions industrielles, des émissions routières situées en dehors du domaine d'étude ou des émissions plus diffuses qui voyagent sur de grandes distances (comme les poussières).

Comme indiqué dans le paragraphe ci-dessus, des niveaux ambiants en substance ont pu être estimés dans le domaine d'étude pour 15 substances. Le niveau de fond pour les autres substances n'a pas pu être estimé en raison du manque d'information disponible. Les données de fond considérées sont les suivantes :

Niveaux de fond atmosphérique pour une exposition aiguë

Substance	Concentration en pollution de fond $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Particules PM10	118
Particules PM2,5	84
Dioxyde d'azote NO ₂	137

Tableau 25 : Niveaux de fond atmosphériques pour une exposition aiguë (source : AIRPARIF)

Niveaux de fond atmosphérique pour une exposition chronique

Substance	Concentration en pollution de fond ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Particules PM10	21,0
Particules PM2,5	13,0
Dioxyde d'azote NO ₂	30,0
1,3-butadiène	0,09
Benzo(a)pyrène BaP	0,00012
Arsenic As	0,00032
Nickel Ni	0,00101
Benzène	0,7
Benzo[a]anthracène	0,00010
Benzo[b]fluoranthène	0,00020
Benzo[k]fluoranthène	0,00009
Benzo[ghi]pérylène	0,00017
Dibenzo[ah]anthracène	0,00002
Indéno[123-cd]pyrène	0,00016
Benzo[j]fluoranthène	0,00011

Tableau 26 : Niveaux de fond atmosphériques pour une exposition aiguë (source : AIRPARIF)

Ces niveaux de pollution de fond sont ajoutés aux concentrations calculées sur le périmètre du projet.

Dans le cadre de l'ERS, ce sont les niveaux totaux en substances qui ont été appréhendés dans l'étape suivante de caractérisation des risques sanitaires, dans la mesure où il semble difficile de distinguer l'exposition induite par le trafic automobile d'une part et les autres sources de pollution d'autre part.

A noter que cette remarque ne concerne que les 15 substances pour lesquelles un niveau de fond a pu être estimé. Pour les autres substances, la caractérisation des risques n'a appréhendé que les concentrations induites par le seul trafic routier modélisé.

Concentrations retenues pour l'ERS

Les tableaux suivants présentent les concentrations obtenues sur le périmètre du site pour les différents scénarii.

Il a été choisi de réaliser l'ERS :

- Au droit des bâtiments accueillants des populations vulnérables (cf. figure 29).
- Pour l'exposition moyenne et maximale dans le périmètre du projet (cf. figure 29) : exposition des résidents du quartier Lallier.

Exposition aiguë

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Particules PM10	ACTUEL 2019	118.2	118.4	118.2	118.4	118.0	118.2
	SANS PROJET 2030	118.1	118.3	118.1	118.3	118.0	118.2
	AVEC PROJET 2030	118.2	118.4	118.2	118.4	118.0	118.2
Particules PM2,5	ACTUEL 2019	84.1	84.3	84.1	84.3	84.0	84.2
	SANS PROJET 2030	84.1	84.2	84.1	84.2	84.0	84.1
	AVEC PROJET 2030	84.1	84.3	84.1	84.3	84.0	84.2
Dioxyde d'azote NO ₂	ACTUEL 2019	139.1	141.7	139.3	141.6	137.4	139.8
	SANS PROJET 2030	137.8	138.9	137.9	138.9	137.1	138.1
	AVEC PROJET 2030	138.0	139.2	138.2	139.2	137.1	138.4

Tableau 27 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition aiguë (en µg/m³) (source : IRIS conseil)

Exposition chronique

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Particules PM10	ACTUEL 2019	2.12E+01	2.14E+01	2.12E+01	2.14E+01	2.10E+01	2.12E+01
	SANS PROJET 2030	2.11E+01	2.13E+01	2.11E+01	2.13E+01	2.10E+01	2.12E+01
	AVEC PROJET 2030	2.12E+01	2.14E+01	2.12E+01	2.14E+01	2.10E+01	2.12E+01
Particules PM2,5	ACTUEL 2019	1.31E+01	1.33E+01	1.31E+01	1.33E+01	1.30E+01	1.32E+01
	SANS PROJET 2030	1.31E+01	1.32E+01	1.31E+01	1.32E+01	1.30E+01	1.31E+01
	AVEC PROJET 2030	1.31E+01	1.33E+01	1.31E+01	1.33E+01	1.30E+01	1.32E+01
Dioxyde d'azote NO ₂	ACTUEL 2019	3.21E+01	3.47E+01	3.23E+01	3.46E+01	3.04E+01	3.28E+01
	SANS PROJET 2030	3.08E+01	3.19E+01	3.09E+01	3.19E+01	3.01E+01	3.11E+01
	AVEC PROJET 2030	3.10E+01	3.22E+01	3.12E+01	3.22E+01	3.01E+01	3.14E+01
1_3_butadiène	ACTUEL 2019	9.18E-02	9.42E-02	9.20E-02	9.41E-02	9.02E-02	9.24E-02
	SANS PROJET 2030	9.03E-02	9.09E-02	9.04E-02	9.09E-02	8.99E-02	9.05E-02
	AVEC PROJET 2030	9.05E-02	9.12E-02	9.07E-02	9.12E-02	8.99E-02	9.07E-02
Benzo(a)pyrène BaP	ACTUEL 2019	1.27E-04	1.35E-04	1.27E-04	1.35E-04	1.21E-04	1.29E-04
	SANS PROJET 2030	1.24E-04	1.30E-04	1.25E-04	1.30E-04	1.21E-04	1.26E-04
	AVEC PROJET 2030	1.25E-04	1.31E-04	1.26E-04	1.31E-04	1.21E-04	1.27E-04
Arsenic As	ACTUEL 2019	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.19E-04	3.20E-04
	SANS PROJET 2030	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.19E-04	3.20E-04
	AVEC PROJET 2030	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	3.19E-04	3.20E-04
Chrome Cr	ACTUEL 2019	2.10E-06	4.78E-06	2.36E-06	4.75E-06	3.94E-07	2.85E-06
	SANS PROJET 2030	2.09E-06	4.76E-06	2.35E-06	4.76E-06	3.91E-07	2.82E-06
	AVEC PROJET 2030	2.68E-06	5.63E-06	3.09E-06	5.63E-06	4.34E-07	3.55E-06
Nickel Ni	ACTUEL 2019	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03
	SANS PROJET 2030	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03
	AVEC PROJET 2030	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03	1.01E-03
Benzène	ACTUEL 2019	7.05E-01	7.12E-01	7.05E-01	7.12E-01	7.00E-01	7.07E-01
	SANS PROJET 2030	7.00E-01	7.01E-01	7.00E-01	7.01E-01	6.99E-01	7.00E-01
	AVEC PROJET 2030	7.00E-01	7.02E-01	7.00E-01	7.02E-01	6.99E-01	7.01E-01

Tableau 28 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 1/3 (en µg/m³) (source : IRIS conseil)

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Acénaphthène	ACTUEL 2019	1.14E-04	2.56E-04	1.28E-04	2.55E-04	2.23E-05	1.54E-04
	SANS PROJET 2030	5.11E-05	1.15E-04	5.75E-05	1.15E-04	9.94E-06	6.85E-05
	AVEC PROJET 2030	6.17E-05	1.32E-04	6.97E-05	1.32E-04	1.08E-05	8.46E-05
Acénaphthylène	ACTUEL 2019	8.53E-05	1.92E-04	9.59E-05	1.90E-04	1.67E-05	1.15E-04
	SANS PROJET 2030	3.83E-05	8.59E-05	4.31E-05	8.58E-05	7.44E-06	5.13E-05
	AVEC PROJET 2030	4.61E-05	9.88E-05	5.21E-05	9.88E-05	8.12E-06	6.33E-05
Anthracène	ACTUEL 2019	1.38E-05	3.09E-05	1.55E-05	3.07E-05	2.69E-06	1.86E-05
	SANS PROJET 2030	1.76E-05	3.95E-05	1.98E-05	3.95E-05	3.42E-06	2.36E-05
	AVEC PROJET 2030	2.22E-05	4.64E-05	2.54E-05	4.64E-05	3.78E-06	2.95E-05
Benzo[a]anthracène	ACTUEL 2019	1.12E-04	1.26E-04	1.13E-04	1.26E-04	1.02E-04	1.16E-04
	SANS PROJET 2030	1.07E-04	1.17E-04	1.08E-04	1.17E-04	1.01E-04	1.10E-04
	AVEC PROJET 2030	1.09E-04	1.19E-04	1.10E-04	1.19E-04	1.01E-04	1.12E-04
Benzo[b]fluoranthène	ACTUEL 2019	2.09E-04	2.20E-04	2.10E-04	2.20E-04	2.01E-04	2.12E-04
	SANS PROJET 2030	2.06E-04	2.15E-04	2.07E-04	2.15E-04	2.01E-04	1.12E-04
	AVEC PROJET 2030	2.08E-04	2.17E-04	2.10E-04	2.17E-04	2.01E-04	2.11E-04
Benzo[k]fluoranthène	ACTUEL 2019	9.73E-05	1.07E-04	9.82E-05	1.07E-04	9.13E-05	9.99E-05
	SANS PROJET 2030	9.51E-05	1.02E-04	9.57E-05	1.02E-04	9.09E-05	9.69E-05
	AVEC PROJET 2030	9.68E-05	1.04E-04	9.80E-05	1.04E-04	9.10E-05	9.88E-05
Benzo[ghi]pérylène	ACTUEL 2019	1.83E-04	2.00E-04	1.85E-04	2.00E-04	1.72E-04	1.88E-04
	SANS PROJET 2030	1.80E-04	1.93E-04	1.81E-04	1.93E-04	1.72E-04	1.84E-04
	AVEC PROJET 2030	1.82E-04	1.97E-04	1.84E-04	1.97E-04	1.72E-04	1.87E-04
Chrysène	ACTUEL 2019	2.24E-05	5.03E-05	2.52E-05	5.00E-05	4.38E-06	3.03E-05
	SANS PROJET 2030	1.44E-05	3.22E-05	1.62E-05	3.22E-05	2.79E-06	1.93E-05
	AVEC PROJET 2030	1.91E-05	3.89E-05	2.23E-05	3.89E-05	3.14E-06	2.44E-05
Dibenzo[ah]anthracène	ACTUEL 2019	2.14E-05	2.33E-05	2.16E-05	2.33E-05	2.03E-05	2.20E-05
	SANS PROJET 2030	2.08E-05	2.17E-05	2.09E-05	2.17E-05	2.01E-05	2.10E-05
	AVEC PROJET 2030	2.10E-05	2.21E-05	2.11E-05	2.21E-05	2.01E-05	2.13E-05
Fluorène	ACTUEL 2019	1.20E-05	2.69E-05	1.34E-05	2.67E-05	2.34E-06	1.61E-05
	SANS PROJET 2030	1.21E-05	2.71E-05	1.36E-05	2.71E-05	2.35E-06	1.62E-05
	AVEC PROJET 2030	1.89E-05	4.16E-05	2.31E-05	3.56E-05	2.79E-06	2.16E-05

Tableau 29 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 2/3 (en µg/m³) (source : IRIS conseil)

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Fluoranthène	ACTUEL 2019	1.09E-04	2.45E-04	1.22E-04	2.43E-04	2.13E-05	1.47E-04
	SANS PROJET 2030	7.81E-05	1.75E-04	8.80E-05	1.75E-04	1.52E-05	1.05E-04
	AVEC PROJET 2030	9.65E-05	2.04E-04	1.10E-04	2.04E-04	1.67E-05	1.30E-04
Indéno[123-cd]pyrène	ACTUEL 2019	1.67E-04	1.75E-04	1.67E-04	1.75E-04	1.61E-04	1.69E-04
	SANS PROJET 2030	1.65E-04	1.71E-04	1.66E-04	1.71E-04	1.61E-04	1.67E-04
	AVEC PROJET 2030	1.66E-04	1.73E-04	1.67E-04	1.73E-04	1.61E-04	1.68E-04
Phénanthrène	ACTUEL 2019	2.16E-04	4.85E-04	2.43E-04	4.83E-04	4.23E-05	2.92E-04
	SANS PROJET 2030	1.77E-04	3.98E-04	2.00E-04	3.98E-04	3.45E-05	2.37E-04
	AVEC PROJET 2030	2.16E-04	4.61E-04	2.46E-04	4.61E-04	3.78E-05	2.94E-04
Pyrène	ACTUEL 2019	9.89E-05	2.22E-04	1.11E-04	2.21E-04	1.93E-05	1.34E-04
	SANS PROJET 2030	5.97E-05	1.34E-04	6.73E-05	1.34E-04	1.16E-05	8.02E-05
	AVEC PROJET 2030	7.54E-05	1.58E-04	8.66E-05	1.58E-04	1.28E-05	1.00E-04
Benzo[j]fluoranthène	ACTUEL 2019	1.15E-04	1.22E-04	1.16E-04	1.22E-04	1.11E-04	1.17E-04
	SANS PROJET 2030	1.18E-04	1.27E-04	1.19E-04	1.27E-04	1.11E-04	1.20E-04
	AVEC PROJET 2030	1.21E-04	1.31E-04	1.23E-04	1.31E-04	1.12E-04	1.23E-04

Tableau 30 : Concentrations dans l'air (Ci) obtenues pour une exposition chronique 3/3 (en µg/m³) (source : IRIS conseil)

4.11.6 Etape 4 : Caractérisation des risques sanitaires

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sanitaires associés à une substance sont estimés de façon différente selon la voie d'exposition (inhalation ou ingestion), la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et selon le type d'effet qu'engendre le composé considéré (effets à seuil de dose ou sans seuil de dose).

Méthode

Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérogènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI) et la VTR associée.

Ce rapport est appelé **quotient de danger (QD)** et s'exprime selon la relation suivante :

$$QD = \frac{CMI_{aiguë}}{VTR_{aiguë}} \quad \text{équation 5}$$

$$QD = \frac{CMI_{chronique}}{VTR_{chronique}} \quad \text{équation 6}$$

Avec :

QD : Ratio de Danger (sans unité)

CMI : Concentration moyenne inhalée aiguë ou chronique (déterminée en fonction du scénario d'exposition et du type de concentration (percentile ou moyenne annuelle) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$))

VTR : Valeur Toxicologique de Référence aiguë ou chronique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR.

Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR.

Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose

Pour les polluants à effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie d'exposition respiratoire, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps).

$$ERI = CMI * ERU \quad \text{équation 7}$$

Avec :

ERI : Excès de Risque Individuel (sans unité)

CMI : Concentration moyenne inhalée en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ERU : Excès de Risque Unitaire ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$).

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écarter les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10^{-5} (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004).

La circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque, « usuellement retenu au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} .

A noter que dans le cadre des études de zones, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) et l'Ineris proposent des seuils d'interprétation des QD et des ERI sous forme de fourchette. Les seuils d'interprétation, valables aussi bien pour le respiratoire que l'ingestion sont les suivants :

Domaine d'action rapide : $ERI > 10^{-4}$ et $QD > 10$: Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires.

Domaine de vigilance active : $10^{-5} < ERI < 10^{-4}$ et $1 < QD < 10$: Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion

Domaine de conformité : $ERI < 10^{-5}$ et $QD < 1$: Les niveaux de risques sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà et relevant du principe général de maîtrise des émissions.

Dans la cadre de cette étude, les seuils d'acceptabilité retenus sont ceux préconisés par les instances à savoir :

$ERI < 10^{-5}$

et

$QD < 1$

Estimation des risques cumulés

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des ERS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

Risques cumulés à seuil de dose

Dans son guide, l'InVS recommande de sommer les quotients de danger lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe-cible des composés présents sont similaires. En l'absence d'information suffisante sur le mécanisme de toxicité pour chacune des substances retenues dans cette étude, ce paramètre n'a pas été pris en compte. Par ailleurs, comme indiqué lors de l'étape 1 « Identification des dangers », les effets critiques associés aux différentes substances retenues dans cette ERS ont été regroupés par système-cible, qui peuvent regrouper plusieurs organes-cibles.

Le tableau 22 présente les systèmes cibles associés à chaque VTR retenue pour chaque substance. Comme indiqué dans ce tableau, parmi les substances pour lesquelles des quotients de danger sont estimés, les effets critiques associés à chaque VTR retenue concernent 5 systèmes cibles.

Pour une VTR, plusieurs effets critiques sont parfois mentionnés par les organismes producteurs de VTR, par conséquent, une même substance peut être intégrée dans plusieurs sommes de risques.

Système cible	Substances dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible
Respiratoire	Chrome VI Nickel
Reproductif et développemental	1,3-butadiène Benzo(a)pyrène BaP Arsenic
Nerveux	Arsenic
Hématologique et immunitaire	Benzène

Tableau 31 : Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible

Cette démarche est appliquée uniquement pour les risques chroniques, les risques aigus n'étant pas susceptibles de se dérouler au même moment dans l'année compte tenu des durées d'application différentes associées aux VTR utilisées (1 heure, 24 heures).

Risques cumulés sans seuil de dose

Comme indiqué dans le guide de l'InVS, « tous les risques de cancer peuvent être associés entre eux quand bien même les organes cibles diffèrent, dans le but d'apprécier globalement le risque cancérigène qui pèse sur la population ».

Résultats

Pour chaque traceur, un calcul de QD ou d'ERI est effectué à partir des équations 5, 6 et 7 à partir des concentrations moyennes et maximales dans le périmètre du projet et également au droit des bâtiments vulnérables dans la bande d'étude.

Dans les tableaux de résultats, les dépassements des seuils de conformité (QD > 1 ou ERI > 10⁻⁵) ont été présentés en orange pour les différents types de risques estimés. Les substances ou les scénarios pour lesquels aucun dépassement du seuil de conformité n'est estimé apparaissent en vert dans les tableaux de résultats.

Pour les substances pour lesquelles aucune VTR n'est disponible, une simple comparaison des doses d'exposition et des valeurs-guides est effectuée (tableau 32 et tableau 34).

Exposition aiguë : comparaison aux valeurs guides

Pour les 3 substances retenues pour ce type d'exposition, une comparaison a été effectuée avec les valeurs guides qui leur sont associées dans la mesure où aucune VTR n'est disponible dans la littérature.

Substance	Valeur guide	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
			Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Particules PM10	50	ACTUEL 2019	118.2	118.4	118.2	118.4	118.0	118.2
		SANS PROJET 2030	118.1	118.3	118.1	118.3	118.0	118.2
		AVEC PROJET 2030	118.2	118.4	118.2	118.4	118.0	118.2
Particules PM2,5	25	ACTUEL 2019	84.1	84.3	84.1	84.3	84.0	84.2
		SANS PROJET 2030	84.1	84.2	84.1	84.2	84.0	84.1
		AVEC PROJET 2030	84.1	84.3	84.1	84.3	84.0	84.2
Dioxyde d'azote NO ₂	200	ACTUEL 2019	139.1	141.7	139.3	141.6	137.4	139.8
		SANS PROJET 2030	137.8	138.9	137.9	138.9	137.1	138.1
		AVEC PROJET 2030	138.0	139.2	138.2	139.2	137.1	138.4

Tableau 32 : Comparaison entre les concentrations dans l'air Ci et les valeurs guides retenues (en µg/m³)

La case verte indique que la concentration calculée est inférieure à la valeur guide.

A contrario, la case orange indique que la concentration calculée est supérieure à la valeur guide.

Toutes les expositions aux particules PM10 et PM2,5 sont toutes supérieures aux valeurs-guides quel que soit le scénario. Le dépassement des valeurs guides des PM10 et PM2,5 est lié à la pollution de fond qui est à elle seule supérieure aux valeur-guides.

Les expositions aiguës des trois scénarios sont équivalentes.

Ces expositions sont semblables à cause de la pollution de fond qui est élevée et qui lisse les différences entre ces trois scénarios.

Expositions chroniques aux substances à effets à seuil de dose

➤ **Quotient de danger**

Pour chaque traceur à effet à seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul de quotient de danger (QD) est réalisé par application de l'équation 6. Le tableau suivant indique si un dépassement de seuil est possible.

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
1,3-butadiène	ACTUEL 2019	4.22E-02	4.33E-02	4.23E-02	4.33E-02	4.15E-02	4.25E-02
	SANS PROJET 2030	4.16E-02	4.18E-02	4.16E-02	4.18E-02	4.14E-02	4.16E-02
	AVEC PROJET 2030	4.16E-02	4.20E-02	4.17E-02	4.20E-02	4.14E-02	4.17E-02
Benzo(a)pyrène BaP	ACTUEL 2019	5.82E-02	6.21E-02	5.86E-02	6.21E-02	5.57E-02	5.93E-02
	SANS PROJET 2030	5.71E-02	5.96E-02	5.74E-02	5.96E-02	5.55E-02	5.78E-02
	AVEC PROJET 2030	5.76E-02	6.04E-02	5.79E-02	6.04E-02	5.55E-02	5.85E-02
Arsenic	ACTUEL 2019	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
	SANS PROJET 2030	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
	AVEC PROJET 2030	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
Chrome VI	ACTUEL 2019	6.43E-05	1.46E-04	7.23E-05	1.46E-04	1.21E-05	8.75E-05
	SANS PROJET 2030	6.41E-05	1.46E-04	7.22E-05	1.46E-04	1.20E-05	8.66E-05
	AVEC PROJET 2030	8.21E-05	1.73E-04	9.46E-05	1.73E-04	1.33E-05	1.09E-04
Nickel (sous forme oxydé)	ACTUEL 2019	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.03E-03	4.04E-03
	SANS PROJET 2030	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.03E-03	4.04E-03
	AVEC PROJET 2030	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.04E-03	4.03E-03	4.04E-03
Benzène	ACTUEL 2019	6.48E-02	6.55E-02	6.49E-02	6.55E-02	6.44E-02	6.50E-02
	SANS PROJET 2030	6.44E-02	6.45E-02	6.44E-02	6.45E-02	6.43E-02	6.44E-02
	AVEC PROJET 2030	6.44E-02	6.46E-02	6.44E-02	6.46E-02	6.43E-02	6.45E-02

Tableau 33 : Résultats obtenus pour les QD chroniques

La case verte indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située dans le domaine de conformité QD < 1.

A contrario, la case orange indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située hors du domaine de conformité.

Les calculs de QD chroniques présentés dans le tableau permettent d'indiquer qu'aucun dépassement de seuil sanitaire est observé pour les trois scénarios étudiés.

Nous remarquons des QD en situations SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 sont légèrement inférieurs aux QD calculés pour la situation ACTUEL 2019.

Les QD des scénarios SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 sont égaux : l'exposition n'est donc ni aggravée ni améliorée en configuration AVEC PROJET 2030 par rapport au scénario SANS PROJET 2030.

➤ **Comparaison aux valeurs guide annuelles**

Pour les PM10, les PM2,5 et le dioxyde d'azote, pour lesquelles aucune VTR n'est disponible mais seulement des valeurs-guide, une comparaison entre les concentrations moyennes inhalées (CMI) et la valeur guide retenue est réalisée. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Substance	Valeur guide	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
			Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
PM10	20	ACTUEL 2019	2.12E+01	2.14E+01	2.12E+01	2.14E+01	2.10E+01	2.12E+01
		SANS PROJET 2030	2.11E+01	2.13E+01	2.11E+01	2.13E+01	2.10E+01	2.12E+01
		AVEC PROJET 2030	2.12E+01	2.14E+01	2.12E+01	2.14E+01	2.10E+01	2.12E+01
PM2,5	10	ACTUEL 2019	1.31E+01	1.33E+01	1.31E+01	1.33E+01	1.30E+01	1.32E+01
		SANS PROJET 2030	1.31E+01	1.32E+01	1.31E+01	1.32E+01	1.30E+01	1.31E+01
		AVEC PROJET 2030	1.31E+01	1.33E+01	1.31E+01	1.33E+01	1.30E+01	1.32E+01
NO ₂	40	ACTUEL 2019	3.21E+01	3.47E+01	3.23E+01	3.46E+01	3.04E+01	3.28E+01
		SANS PROJET 2030	3.08E+01	3.19E+01	3.09E+01	3.19E+01	3.01E+01	3.11E+01
		AVEC PROJET 2030	3.10E+01	3.22E+01	3.12E+01	3.22E+01	3.01E+01	3.14E+01

Tableau 34 : Comparaison entre les concentrations dans l'air Ci et les valeurs guides retenues (en µg/m³)

La case verte indique que la concentration calculée est inférieure à la valeur guide.

A contrario, la case orange indique que la concentration calculée est supérieure à la valeur guide.

Toutes les expositions aux particules PM10 et PM2,5 sont toutes supérieures aux valeurs-guides quel que soit le scénario. Le dépassement des valeurs guides des PM10 et PM2,5 est lié à la pollution de fond qui est à elle seule supérieure aux valeur-guides.

Les expositions des trois scénarios sont équivalentes.

Ces expositions sont semblables à cause de la pollution de fond qui est élevée et qui lisse les différences entre ces trois scénarios.

Expositions chroniques aux substances à effets sans seuil de dose

Pour chaque traceur à effet sans seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul d'ERI est effectué à partir de l'équation 7.

Substance	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
1,3-butadiène	ACTUEL 2019	6.08E-06	6.24E-06	6.10E-06	6.24E-06	5.98E-06	6.13E-06
	SANS PROJET 2030	5.99E-06	6.03E-06	5.99E-06	6.03E-06	5.96E-06	6.00E-06
	AVEC PROJET 2030	6.00E-06	6.05E-06	6.01E-06	6.05E-06	5.96E-06	6.01E-06
Benzo(a)pyrène B(a)P	ACTUEL 2019	5.43E-08	5.79E-08	5.47E-08	5.79E-08	5.20E-08	5.53E-08
	SANS PROJET 2030	5.33E-08	5.56E-08	5.35E-08	5.56E-08	5.18E-08	5.39E-08
	AVEC PROJET 2030	5.37E-08	5.63E-08	5.40E-08	5.63E-08	5.18E-08	5.45E-08
Arsenic	ACTUEL 2019	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08
	SANS PROJET 2030	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08
	AVEC PROJET 2030	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08	1.87E-08
Chrome VI	ACTUEL 2019	3.27E-08	7.45E-08	3.68E-08	7.40E-08	6.15E-09	4.45E-08
	SANS PROJET 2030	3.26E-08	7.42E-08	3.67E-08	7.42E-08	6.10E-09	4.41E-08
	AVEC PROJET 2030	4.18E-08	8.78E-08	4.81E-08	8.78E-08	6.77E-09	5.53E-08
Nickel (sous forme oxydé)	ACTUEL 2019	6.69E-08	6.70E-08	6.69E-08	6.70E-08	6.69E-08	6.69E-08
	SANS PROJET 2030	6.69E-08	6.69E-08	6.69E-08	6.69E-08	6.68E-08	6.69E-08
	AVEC PROJET 2030	6.69E-08	6.70E-08	6.69E-08	6.70E-08	6.69E-08	6.69E-08
Benzène	ACTUEL 2019	7.14E-06	7.22E-06	7.15E-06	7.22E-06	7.10E-06	7.17E-06
	SANS PROJET 2030	7.10E-06	7.11E-06	7.10E-06	7.11E-06	7.09E-06	7.10E-06
	AVEC PROJET 2030	7.10E-06	7.12E-06	7.10E-06	7.12E-06	7.09E-06	7.10E-06
HAP *	ACTUEL 2019	4.04E-08	4.40E-08	4.08E-08	4.39E-08	3.81E-08	4.14E-08
	SANS PROJET 2030	3.96E-08	4.23E-08	3.99E-08	4.23E-08	3.80E-08	3.62E-08
	AVEC PROJET 2030	4.02E-08	4.31E-08	4.07E-08	4.31E-08	3.80E-08	4.11E-08

* somme des 15 HAP pour lesquels l'absence de VTR spécifique a nécessité l'usage des FET (Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo[a]anthracène, Benzo[b]fluoranthène, Benzo[k]fluoranthène, Benzo[ghi]pérylène, Chrysène, Dibenz[a,h]anthracène, Fluorène, Fluoranthène, Indéno[123-cd]pyrène, Phénanthrène, Pyrène, Benzo[j]fluoranthène).

Tableau 35 : Résultats obtenus pour les ERI

La case verte indique que l'Excès de Risque Individuel calculé est inférieur au seuil d'acceptabilité de 10^{-5} .

A contrario, la case orange indique que l'Excès de Risque Individuel calculé est supérieur au seuil d'acceptabilité de 10^{-5} .

Les calculs d'ERI montrent aucun dépassement du seuil sanitaire ($ERI > 10^{-5}$) sur le périmètre du projet et également au niveau des bâtiments vulnérables.

Les ERI calculés pour les trois scénarios sont similaires : la situation AVEC PROJET 2030 n'ajoute pas de risque supplémentaire par rapport aux situations ACTUEL 2019 et SANS PROJET 2030.

Risques cumulés

➤ Risques cumulés des substances à effet à seuil

Parmi les différentes VTR prises en compte dans le cadre de cette étude, plusieurs systèmes biologiques humains sont susceptibles d'être atteints suite à une exposition à plusieurs substances considérées dans le cadre de cette étude (cf. tableau 33). Pour ces différents systèmes cibles, des sommes de risques sont présentés dans le tableau suivant :

Système cible	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
Respiratoire	ACTUEL 2019	4.10E-03	4.19E-03	4.11E-03	4.19E-03	4.05E-03	4.12E-03
	SANS PROJET 2030	4.10E-03	4.18E-03	4.11E-03	4.18E-03	4.05E-03	4.12E-03
	AVEC PROJET 2030	4.12E-03	4.21E-03	4.13E-03	4.21E-03	4.05E-03	4.15E-03
Reproductif et développemental	ACTUEL 2019	1.20E-01	1.25E-01	1.21E-01	1.25E-01	1.17E-01	1.21E-01
	SANS PROJET 2030	1.18E-01	1.21E-01	1.19E-01	1.21E-01	1.16E-01	1.19E-01
	AVEC PROJET 2030	1.19E-01	1.22E-01	1.19E-01	1.22E-01	1.16E-01	1.20E-01
Nerveux	ACTUEL 2019	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
	SANS PROJET 2030	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
	AVEC PROJET 2030	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02	1.96E-02
Hématologique et immunitaire	ACTUEL 2019	6.48E-02	6.55E-02	6.49E-02	6.55E-02	6.44E-02	6.50E-02
	SANS PROJET 2030	6.44E-02	6.45E-02	6.44E-02	6.45E-02	6.43E-02	6.44E-02
	AVEC PROJET 2030	6.44E-02	6.46E-02	6.44E-02	6.46E-02	6.43E-02	6.45E-02

Tableau 36 : Résultats obtenus pour les QD cumulés

La case verte indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située dans le domaine de conformité QD < 1.

A contrario, la case orange indique que la valeur du Quotient de Danger QD est située hors du domaine de conformité.

D'après les résultats obtenus, aucun dépassement du seuil sanitaire (QD > 1) est observé.

L'analyse de résultats indique des QD des trois scénarios sont comparables.

L'exposition en situation AVEC PROJET 2030 n'est pas plus néfaste que l'exposition en situations ACTUEL 2019 et SANS PROJET 2030.

➤ **Risques cumulés des substances à effet sans seuil**

Les risques cumulés à effet sans seuil de dose correspondent à la somme d'ERI. Le tableau suivant présente les résultats obtenus. Pour rappel les ERI considérés caractérisent la probabilité d'apparition d'un risque cancérigène.

	Scénario	Périmètre du projet		Populations vulnérables			
		Moyenne	Maximale	1-Ecole maternelle de Lallier	2-Ecole élémentaire de Lallier	3-Centre municipal de santé	4-Ecoles future implantation
ERI cumulés	ACTUEL 2019	1.34E-05	1.37E-05	1.35E-05	1.37E-05	1.33E-05	1.35E-05
	SANS PROJET 2030	1.33E-05	1.34E-05	1.33E-05	1.34E-05	1.32E-05	1.33E-05
	AVEC PROJET 2030	1.33E-05	1.34E-05	1.33E-05	1.34E-05	1.32E-05	1.34E-05

Tableau 37 : Résultats obtenus pour les ERI cumulés

La case verte indique que la valeur de l'Excès de Risque Individuel ERI est située dans le domaine de conformité $ERI < 10^{-5}$.

A contrario, la case orange indique que la valeur de l'Excès de Risque Individuel ERI est située hors du domaine de conformité.

Les résultats obtenus dépassent tous la valeur de 10^{-5} recommandée par l'OMS sur l'ensemble des sites vulnérables et quel que soit le scénario.

4.11.7 Analyses et incertitudes

L'incertitude affectant les résultats de l'évaluation des risques provient des différents termes et hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissance, et de la variabilité vraie des paramètres utilisés dans l'étude (ceci se réfère à la plus ou moins grande amplitude de valeurs numériques que peuvent prendre ces paramètres, par exemple le nombre de jours par an passé hors du domicile par les résidents). L'analyse des incertitudes a pour objectif de comprendre dans quel sens ces divers facteurs peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables (interaction ou additivité des effets ? Evolution des modes de vie ? etc.), seul un jugement qualitatif peut généralement être rendu. Néanmoins, nous avons essayé de classer ces incertitudes suivantes qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques calculés ; les incertitudes dont l'effet est inconnu seront présentées à part.

Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer les risques.

Inventaire des substances émises et liste des substances étudiées

L'évaluation des risques sanitaires s'est appuyée sur les recommandations de l'Anses publiées dans un rapport en 2012 et intitulé « Sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières ». Ce document propose une sélection de substances tenant compte des valeurs des facteurs d'émission et des valeurs toxicologiques de référence pour chacune des voies d'exposition (respiratoire et digestive) et pour chacun des types d'effet (effet à seuil ou effet sans seuil).

De manière générale, le choix de traceurs de risques permet une simplification des calculs, mais a pour désavantage de ne pas prendre en compte toutes les substances. Bien que considérée comme secondaire, la non prise en compte de ces substances représente une sous-estimation des résultats sanitaires obtenus. Cette sous-estimation n'est pas susceptible de remettre en cause les résultats obtenus dans le cadre de l'ERS.

Quantification des émissions en substance des véhicules

Suite aux informations récentes relatives à la sous-estimation des facteurs d'émissions des véhicules diesel Euro 5 et Euro 6 en Europe et aux Etats-Unis, le groupe de travail ERMES¹ qui comprend des instituts européens chargés de proposer des facteurs d'émission, a communiqué en octobre 2015 sur l'impact potentiel de ces nouvelles informations sur les estimations des émissions réalisées à l'aide d'outils tels que HBEFA ou COPERT (utilisé dans le cadre de cette étude). D'après ce groupe de travail, les émissions actuellement appréhendées dans les facteurs d'émission pour les véhicules diesel Euro 5 ne dépendent pas uniquement des valeurs limites à l'émission réglementaires (a priori sous-estimées), mais aussi d'autres paramètres susceptibles de rendre les émissions plus réalistes que celles estimées à partir des mesures réalisées en laboratoire (conditions non réelles). Pour ces types de véhicules, les émissions estimées à partir des facteurs d'émission proposés sont donc a priori moins minorantes par rapport à la réalité que des émissions estimées uniquement par l'intermédiaire de valeurs limites à l'émission réglementaires. Dans le cas des véhicules Euro 6, ERMES reconnaît que les facteurs d'émission proposés actuellement sont susceptibles de sous-estimer la réalité.

¹ European Research Group on Mobile Emission Sources.

Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques

Sont listées ici les incertitudes dont on peut dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de surestimer les risques.

Chrome

Ce composé existe sous plusieurs degrés d'oxydation, mais des VTR ne sont pas disponibles pour le chrome total mais pour des fractions du chrome (chrome VI, chrome III). Dans l'ERS, le chrome VI a été retenu comme traceur des risques sanitaires. Les calculs de risques effectués pour le chrome VI s'appuient sur une hypothèse majorante (100 % du chrome total a été considéré comme du chrome VI) en l'absence de données suffisante dans la littérature consultée. Les risques calculés pour le chrome VI sont donc susceptibles d'être surestimés.

Malgré cette surestimation, les risques à seuil ou sans seuil de dose susceptibles d'être induits suite à une exposition par voie respiratoire restent en deçà des valeurs seuils sanitaires (QD < 1 et ERI < 10⁻⁵).

Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable)

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

Mélanges de substances

Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (Ineris, 2003). Les effets synergiques ou antagonistes ne sont donc pas appréhendés. Comme cela est rappelé dans le rapport de l'Ineris sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (Ineris, 2006)², la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'Ineris, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les études d'impact des installations classées.

Taux d'exposition journalier

Il a été fait l'hypothèse que le taux d'exposition journalier (paramètre T de l'équation 1) était égal à 1. Cette hypothèse majore le temps d'exposition journalier réel, en effet, la majorité des populations fréquentant les sites sensibles ne sont pas susceptibles d'y rester l'intégralité de leur temps dans la journée. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans la journée par ces populations sont soumis à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. En revanche, dans certains cas ou pour certaines substances, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si ces populations sont exposées, une partie de la journée, dans d'autres lieux, à des concentrations plus élevées que celles étudiées dans cette étude. Toutefois, étant donné que les niveaux des substances dans les autres milieux fréquentés par les populations ne sont pas connus, il n'est donc pas possible d'estimer si ce taux d'exposition majore ou minore les risques encourus.

² Ineris, 2006, Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de nature chimique, Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées.

Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'équation 1) était égale à 0,92. Cette hypothèse majore le temps d'exposition annuel. En réalité, les populations ne restent pas toute l'année au niveau des sites sensibles. Cette hypothèse peut donc amener à une majoration de l'exposition globale si les autres lieux fréquentés dans l'année par les populations sont soumis, en moyenne, à des concentrations moins importantes pour les substances étudiées. A contrario, cette hypothèse peut minorer l'exposition globale si les populations sont exposées une partie de l'année, dans d'autres lieux, à des concentrations, en moyenne, plus élevées que celles étudiées dans cette étude.

Durée d'exposition

Dans le cadre des calculs de risques sans seuil de dose, l'hypothèse selon laquelle les populations fréquentant les sites sensibles sont exposées pendant 30 ans au cours de leur vie est retenue. Il peut exister des variations locales importantes pour l'estimation de cette durée d'exposition, qui peuvent amener à une sous-estimation ou surestimation du risque selon la durée d'exposition dans un même lieu et selon les niveaux d'exposition, plus ou moins élevés, dans les autres lieux fréquentés.

Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci)

Dans le cadre de cette étude, les concentrations à l'intérieur des espaces clos sont considérées comme équivalentes aux concentrations à l'extérieur des espaces clos. En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100 % et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (dioxyde de soufre, poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (Mosqueron et Nedellec, 2001)³.

Modélisation de la dispersion des concentrations

Les concentrations atmosphériques en substances investiguées dans cette étude proviennent de l'étude de dispersion basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants rejetés par le trafic routier. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, etc.).

Ces sources d'incertitude sont plus importantes pour les niveaux d'exposition estimés sur de courtes périodes (risques aigus). En effet, à l'inverse des calculs de risques chroniques qui reposent sur des résultats de modélisation moyennés sur une longue période (une année), les calculs de risques aigus se basent sur des résultats ponctuels intégrés sur une heure ou une journée tout au plus. Cette période d'intégration très courte rend les résultats beaucoup plus incertains car moins robustes statistiquement (valeur ponctuelle donnée pour une condition météorologique et une heure ou une journée précise) et dépendant fortement du modèle retenu.

Incertitude intrinsèque aux VTR

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population générale ou sensible et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit la prise en compte de facteurs d'incertitude variables, le plus couramment compris entre 3 et 1000. Ces facteurs d'incertitude s'apparentent soit à une variabilité, soit à un manque de connaissance (vraie incertitude). A titre d'exemple, les facteurs d'incertitude relatifs à la variabilité concernent la gravité ou l'occurrence des effets sanitaires pouvant être observés entre 2 espèces différentes (variabilité inter-espèce) ou au sein d'une même espèce

(variabilité intra-espèce). Les facteurs d'incertitude relatifs à un manque de connaissance concernent le plus souvent un manque de données disponibles (facteur permettant l'estimation d'un NOAEL⁴ à partir d'un LOAEL⁵, facteur permettant de considérer un effet sanitaire qui a fait l'objet de peu d'études, etc.). Ces différents facteurs d'incertitude sont considérés (et précisés) dans les différentes VTR utilisées dans la présente étude.

³ Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments.

⁴ No Observed Adverse Effect Level : dose sans effets nocif observable.

⁵ Lowest Observed Adverse Effect Level : dose la plus basse avec un effet nocif observé.

4.12 Calcul des coûts collectifs de la pollution atmosphérique

4.12.1 Méthodologie

Les émissions de polluants atmosphériques issues du trafic routier sont à l'origine d'effets variés. Les études distinguent principalement les effets sanitaires de l'impact sur les bâtiments et des atteintes à la végétation.

Les connaissances ont profondément évolué depuis quelques années, tant en ce qui concerne les études épidémiologiques que la dispersion. Les études réalisées ont, ainsi, mis en évidence, depuis les travaux de Dockery et Pope, l'impact des effets de la pollution atmosphérique à long terme. Il en résulte que les coûts sanitaires de la pollution, toutes choses égales par ailleurs, devront désormais être évalués avec des montants plus élevés qu'au début des années 1990 ou 2000.

L'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport a défini un cadre général pour l'évaluation socio-économique des grands projets d'infrastructures de transport. Ce document propose l'utilisation de nouvelles valeurs de référence pour le calcul des indicateurs socio-économiques dont :

- La monétarisation de la pollution de l'air
- La monétarisation des émissions de gaz à effet de serre.

En termes de quantification, les effets sur la santé de la pollution de l'air dépendent de la concentration en polluants et de la densité de la population dans les zones polluées. Ceci conduit à retenir des valeurs unitaires différentes pour la valorisation des coûts de pollution selon le milieu traversé par le projet.

Nota Bene : depuis la publication de l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014, les valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique font l'objet de mise à jour périodiquement en fonction des évolutions des connaissances.

Pour les calculs ci-après, les valeurs de références en vigueur depuis le 3 mai 2019 sont utilisées. Ces valeurs de références sont exposées dans les tableaux ci-contre et ci-après (tableaux 38 et 40).

4.12.2 Valeurs de référence

Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à la pollution de l'air

Les valeurs de la pollution atmosphérique pour le mode routier sont données dans le tableau ci-dessous et sont exprimées en €₂₀₁₅ pour 100 véhicules et par km (€₂₀₁₅/100véh.km) :

€ ₂₀₁₅ /100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
VP diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1,0
VP essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
VP GPL	3,7	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	19,8	5,6	2,4	2,0	1,7
VUL diesel	20,2	5,7	2,5	2,0	1,8
VUL essence	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
PL diesel	133,0	26,2	12,4	6,6	4,4
Deux roues	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
Bus	83,7	16,9	8,3	4,5	3,1

Tableau 38 : Coût de pollution atmosphérique en €/100 véh.km pour le mode routier

Le choix du milieu traversé est fonction de la densité de population du site à l'étude. Le tableau ci-dessous donne la correspondance entre type de milieu et densité de population.

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Fourchette (hab/km ²)	> 4 500	1 500 – 4 500	450 – 1 500	37 - 450	< 37
Densité moyenne (hab/km ²)	6 750	2 250	750	250	25

Tableau 39 : Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

Dans le cas de la présente étude, la densité de population au niveau du secteur du projet est supérieure à 10 000 hab/km² : la zone d'étude est donc de type urbain très dense.

Dans ce cas, les coefficients pris en compte pour le calcul des coûts liés à la pollution de l'air sont :

Pour les VP : 11,6 €/100 véh.km

Pour les PL : 133,0 €/100 véh.km

4.12.3 Valeurs de référence pour le calcul des coûts liés à l'effet de serre additionnel

Les coûts liés à l'effet de serre sont fonction du coût de la tonne de CO₂. Ces coûts sont présentés dans le tableau suivant :

Prix de la tonne de carbone en € ₂₀₁₅				
2018	2020	2030	2040	2050
54 €	87 €	250 €	500€	775 €

Tableau 40 : Coût de l'effet de serre (en €/tonne de carbone)

Pour le scénario ACTUEL 2019, nous retiendrons le prix de la tonne de CO₂ de 2020, soit 87 €

Pour les scénarios SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030, nous retiendrons 250 € par tonne de CO₂.

4.12.4 Application sur le domaine d'étude

Calcul des coûts collectifs liés à la pollution de l'air

Le calcul du coût des nuisances liées à la pollution de l'air, du fait de la réalisation du projet, est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Coût VL en €/jour	Coût PL en €/jour	Coût TOTAL en €/jour	Variation / ACTUEL 2019 (€/jour)	Variation / SANS PROJET 2030 (€/jour)
ACTUEL 2019	2 489	1 501	3 990	-	-
SANS PROJET 2030	2 504	1 511	4 015	25	-
AVEC PROJET 2030	2 804	1 853	4 657	667	642

Tableau 41 : Coûts liés à la pollution atmosphérique (en €/jour) (source : IRIS conseil)

Par rapport au scénario ACTUEL 2019, les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique des scénarios SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 augmenteraient respectivement de 25 et 667 € par jour, soit 9 069 et 243 432 € par an.

Les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique de la situation AVEC PROJET 2030 sont supérieurs aux coûts de la situation SANS PROJET 2030 de 642 € par jour soit 234 362 € par an.

Calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Le calcul du coût des nuisances liées à l'effet de serre additionnel est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Coût en €/jour	Variation / ACTUEL 2019 (€/jour)	Variation / SANS PROJET 2030 (€/jour)
ACTUEL 2019	357	-	-
SANS PROJET 2030	990	633	-
AVEC PROJET 2030	1 133	776	143

Tableau 42 : Coûts liés à l'effet de serre additionnel (en €/jour) (source : IRIS conseil)

Par rapport au scénario ACTUEL 2019, les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel des scénarios SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 augmenteraient respectivement de 633 et 776 € par jour, soit 231 155 et 283 167 € par an.

Les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel de la situation AVEC PROJET 2030 sont supérieurs aux coûts de la situation SANS PROJET 2030 de 143 € par jour soit 52 013 € par an.

4.13 Mesures de lutte contre la pollution de proximité

La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesure compensatoire quantifiable.

Plusieurs types d'actions peuvent être envisagés pour limiter, à proximité d'une voie donnée, la pollution :

- la réduction ou la préservation par la « matière grise » (éloignement des sites sensibles, à forte densité de population pour les nouvelles constructions...), qui consiste à étudier les mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques,
- la réduction des émissions polluantes à la source : indépendamment des mesures envisageables sur le véhicule lui-même, on peut influencer les émissions polluantes par une modification des conditions de circulation (limitation de vitesse à certaines périodes ou en continu, restrictions pour certains véhicules...). Ces mesures relèvent de la législation des transports,
- la limitation de la dispersion des polluants : on distingue deux types de pollution, la pollution gazeuse et la pollution particulaire. La pollution gazeuse ne peut être éliminée par aucun obstacle physique. On pourra tout au plus limiter les situations à risques en facilitant sa dilution ou sa déviation d'un endroit vers un autre. De nouveaux procédés « digesteurs de NOx » au niveau des murs et revêtements de chaussées, peuvent également être mis en place suivant leurs performances techniques. La diffusion de la pollution particulaire peut, quant à elle, être piégée par des barrières physiques (écrans) ou végétales (haies),
- le suivi, la surveillance et l'information : dans le cadre de très gros projets (études de type 1...) ou dans le cas où d'importants problèmes de pollution sont attendus (dépassement des objectifs de qualité de l'air, milieu fortement urbanisé...), des capteurs de mesures de la pollution peuvent être installés à demeure. L'implantation de ce type de station vient compléter le dispositif de surveillance mis en place par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et doit donc être réalisé en liaison avec celles-ci. Ces stations sont majoritairement équipées d'analyseurs en continu, qui concernent les polluants tels que les NOx, le Benzène ou les PM.

4.14 Appréciation des impacts du projet en phase chantier

En phase chantier, les travaux seront principalement constitués par :

- les terrassements généraux : décapage des zones à déblayer, dépôt et compactage des matériaux sur les zones à remblayer,
- les travaux de voiries et réseaux divers.
- Transports des matériaux et de mise en décharge

Les émissions considérées pendant ce chantier seront :

- les poussières de terrassement,
- les gaz d'échappement des engins de chantier : hydrocarbures, dioxyde d'azote NO₂, monoxyde de carbone CO, particules PM10.

En ce qui concerne les poussières émises, celles-ci seront dues à la fragmentation des particules du sol ou du sous-sol. Elles seront d'origines naturelles et essentiellement minérales. Les émissions particulières des engins de chantier seront négligeables compte tenu des mesures prises pour leur contrôle à la source (engins homologués).

De plus, l'émission des poussières sera fortement dépendante des conditions de sécheresse des sols et du vent. Le risque d'émission est en pratique limité aux longues périodes sèches, peu fréquentes compte tenu de la climatologie du site. Des mesures permettent en revanche de contrôler l'envol des poussières (comme l'arrosage des pistes par temps sec) et donc la pollution de l'air ou les dépôts sur la végétation aux alentours qui pourraient en résulter.

En ce qui concerne l'émission des gaz d'échappement issus des engins de chantier, celle-ci sera limitée car les véhicules utilisés respecteront les normes d'émission en vigueur en matière de rejets atmosphériques. Les effets de ces émissions, qu'il s'agisse des poussières ou des gaz, sont négligeables compte tenu de leur faible débit à la source et de la localisation des groupes de populations susceptibles d'être le plus exposés.

5. CONCLUSIONS

Dans le cadre du projet d'aménagement du Quartier Lallier sur la commune de L'Haÿ-les-Roses, une campagne de mesure de qualité de l'air a été réalisée.

Cette campagne de mesure a été réalisée du 4 au 17 octobre 2019 au droit de 4 sites où il a été relevé les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules PM10.

Cette campagne de mesure a pour but de caractériser la qualité de l'air dans les zones concernées par l'étude. Si celle-ci représente l'essentiel des mesures qui permettent d'apprécier la qualité de l'air, il faut, cependant garder à l'esprit les contraintes et caractéristiques qui la définissent, notamment la faible durée de la campagne. Il convient de noter par ailleurs que l'exploitation des résultats des mesures est une opération délicate. En effet, les polluants de cette étude, ne sont pas exclusivement la conséquence de l'infrastructure routière

Les conditions météorologiques observées durant la campagne de mesures sont conformes aux conditions saisonnières attendues.

Les concentrations mesurées lors de cette campagne sont toutes inférieures aux seuils de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote (NO₂) et également pour les particules PM10.

La comparaison des résultats des mesures aux observations d'AIRPARIF révèle que les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont comparables.

Pour prévoir les concentrations des polluants en situation actuelle et futures, une modélisation à l'aide du logiciel ARIA Impact a été effectuée en tenant compte de la topographie, des trafics automobiles, de la pollution de fond et des conditions météorologiques.

Trois scénarios ont été étudiés : ACTUEL 2019, SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030.

Les résultats des calculs montrent des concentrations de polluants équivalents pour ces trois scénarios.

Cependant, nous pouvons noter que les scénarii SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030 présentent des concentrations plus faibles comparativement au scénario ACTUEL 2019. Ceci grâce aux améliorations technologiques introduit dans les véhicules entre aujourd'hui et l'horizon futur.

L'évaluation de l'exposition avec l'Indice Pollution/Population (indicateur sanitaire basé sur les données de population et sur les concentrations de dioxyde d'azote) montre :

- Une amélioration entre le scénario ACTUEL 2019 et les scénarios futurs ;
- Une situation sanitaire semblable entre les scénarii SANS PROJET 2030 et AVEC PROJET 2030.

Pour les projets de grande envergure qui impacte soit un grand nombre de personne, soit écoulant un trafic important, une Etude des Risques Sanitaires (ERS) est réalisée afin d'estimer l'impact des émissions polluantes sur la santé de personnes vivant à proximité.

De manière générale, l'ERS montre selon les différents calculs que les trois scénarii ACTUEL 2019, SANS PROJET 2030 et AVEC projet 2030 sont équivalents.

Exposition aiguë

Concernant les expositions respiratoires aiguës, des dépassements des valeurs guides associées aux particules PM10 et PM2,5 sont observés. Pour ces substances, aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible dans la littérature consultée, par conséquent, il n'est pas possible de conclure quant à l'exclusion (ou pas) de risques sanitaires qui en découlent. D'après les informations collectées, ces dépassements, qui concernent l'ensemble des scénarios, sont principalement liés au niveau de fond ambiant (en dehors des voies de circulation).

Exposition chronique à effet de seuil

Concernant les expositions respiratoires chroniques aux substances à effets à seuil de dose, aucun dépassement de seuil sanitaire est constaté, quel que soit le scénario étudié.

Pour les poussières (PM10 et PM2,5) et le dioxyde d'azote, pour lesquels aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible dans la littérature consultée, mais qui disposent d'une valeur guide annuelle, des dépassements systématiques des PM10 et PM2,5 sont observés. Ces dépassements sont le seul fait de la pollution de fond existant en Ile-de-France qui est élevée.

Exposition chronique sans effet de seuil

Aucun dépassement des seuils sanitaires n'est observé et ce pour chacun des trois scénarios étudiés.

Risques cumulés

Les risques cumulés concernent l'action de plusieurs substances auxquelles sont susceptibles d'être exposée les populations de la zone d'étude.

Les sommes de QD estimées ne conduisent pas à de dépassement de la valeur seuil sanitaire : les QD cumulés sont tous inférieurs au seuil d'acceptabilité, à savoir QD < 1.

Les sommes d'excès de risque individuel (ERI) ont été estimées sans tenir compte du système cible concerné, comme cela est recommandé pour ce type de risque. Des dépassements du seuil de conformité (ERI > 10⁻⁵) sont observés sur l'ensemble des sites vulnérables en situation actuelle comme en situation future.

D'après cette étude « air et santé », le scénario AVEC PROJET 2030, comparativement à la situation actuelle, ne dégraderait pas la qualité de l'air du Quartier Lallier et ne serait pas plus impactant sur le plan de la santé des futurs résidents.

6. ANNEXES

Photographies des sites de mesures des polluants atmosphériques.



