

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE RENNES *PONTCHAILLOU*



CONSTRUCTION D'UN CENTRE CHIRURGICAL & INTERVENTIONNEL



PC11.9

ETUDE D'IMPACT
ETUDE SUR LA QUALITE DE L'AIR

NCH

PROJET

PCI

PHASE

CHU

EMETTEUR

—

N° LOT

EIE

DISCIPLINE

DETU

TYPE

TZS

ZONE

TN

NIVEAU

0009

NUMERO

A

INDICE

DOSSIER DE PERMIS DE CONSTRUIRE

JUIN 2020

ETUDE AIR ET SANTE

MODERNISATION ET RECONSTRUCTION DU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE RENNES (35)

CHU Rennes

Juin 2020



Sommaire

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE AIR ET SANTÉ3

2. PRÉSENTATION DU PROJET D'AMÉNAGEMENT.....3

3. DÉFINITION DU DOMAINE D'ÉTUDE ET DE LA BANDE D'ÉTUDE4

3.1 Domaine d'étude4

3.2 Définition de la bande d'étude.....4

3.3 Définition du niveau d'étude5

4. DOCUMENTS CADRES8

4.1 Plan National Santé Environnement 3 (PNSE3)8

4.2 Plan Régional Santé Environnement 3 (PRSE3)8

4.3 Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE)8

4.4 Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)8

5. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE9

6. SEUILS REGLEMENTAIRES POUR CARACTERISER LA QUALITE DE L' AIR10

7. IDENTIFICATION DS PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES12

7.1 Registre des émissions polluantes12

7.2 Réseau de transport12

7.3 Inventaire des émissions12

7.4 Synthèse.....13

8. DONNEES EXISTANTES SUR LA QUALITE DE L' AIR13

8.1 Mesures des stations Air Breizh.....13

8.2 Résultats des mesures Air Breizh14

8.3 Indice de la qualité de l'air19

9. ANALYSE DES DONNEES SANITAIRES20

9.1 Rappel des effets de la pollution sur la santé20

9.2 Données sanitaires.....21

10. ANALYSE DU DOMAINE D'ETUDE23

10.1 Composition du domaine géographique d'étude23

10.2 Identification des sites sensibles23

10.3 Analyse de la population - données INSEE.....24

11. CAMPAGNE DE MESURES IN SITU27

11.1 Matériels et méthodes27

11.2 Conditions météorologiques28

11.3 Résultats des mesures de dioxyde d'azote (NO₂)28

11.4 Résultats des mesures de benzène29

11.5 Résultats des mesures de PM1029

11.6 Episode de pollution aux particules30

12. MODÉLISATIONS DES IMPACTS DE LA POLLUTION DE L' AIR33

12.1 Domaine d'étude.....33

12.2 Réseau routier33

12.3 Relief.....33

12.4 Description des conditions météorologiques33

12.5 Détermination du trafic35

12.6 Répartition du parc automobile.....35

12.7 Définition des facteurs d'émissions unitaires35

12.8 Calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique36

13. MODÉLISATION DE LA DISPERSION DES POLLUANTS DANS L' ATMOSPÈRE42

13.1 Présentation générale du code utilise42

13.2 Mise en œuvre des simulations.....42

14. IMPACT SUR LA SANTÉ VIA L'INDICE POLLUTION-POPULATION IPP47

14.1 Origine et effets des polluants sur la santé.....47

14.2 Population.....47

14.3 Calcul de l'indice pollution-population IPP.....47

15. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES.....49

15.1 Méthodologie49

15.2 Effet sans seuil (cancérogène)59

16. ANALYSES ET INCERTITUDES62

16.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques62

16.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques62

16.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu.....63

17. MESURES COMPENSATOIRES.....64

17.1 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la qualité de l'air64

17.2 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la sante64

18. APPRÉCIATION DES IMPACTS DU PROJET EN PHASE CHANTIER.....64

19. CONCLUSION65

20. SYNTHÈSE ET ENJEUX65

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE AIR ET SANTÉ

La présente étude Air et Santé a pour but d'évaluer la qualité de l'air dans le cadre du projet de reconstruction du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Rennes.

Le but de la reconstruction du CHU est de regrouper et maintenir l'ensemble de l'offre santé sur un seul site bien situé et desservi par les transports en commun (métro, train et bus).

Le centre hospitalier est un lieu sensible à la qualité de l'air et c'est pour cette raison qu'une étude air de niveau 1 est réalisée.

2. PRÉSENTATION DU PROJET D'AMÉNAGEMENT

La carte ci-après montre le périmètre du secteur concerné par projet :



Figure 1 : Périmètre du projet

3. DÉFINITION DU DOMAINE D'ÉTUDE ET DE LA BANDE D'ÉTUDE

3.1 Domaine d'étude

Selon la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n° 2005-273 du 25 février 2005, le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet.

3.2 Définition de la bande d'étude

« La bande d'étude est définie autour de chaque voie subissant, du fait de la réalisation du projet, une hausse ou une baisse significative de trafic (variation de 10 %, identiquement au domaine d'étude). Elle est adaptée à l'étude de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique à l'échelle locale résultant des polluants primaires. Dans le domaine d'étude, il peut donc y avoir plusieurs bandes d'études » (Circulaire DGS/SD 7 B du 25 février 2005).

Concernant la pollution particulaire, la largeur de la bande d'étude est de 100 mètres, quel que soit le trafic.

Se rapportant à la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet est définie dans le tableau suivant par :

- Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) prévu à terme ;

Ou

- Le trafic à l'Heure de Pointe la plus chargée.

Selon les données de trafic disponible, le trafic maximal sur le domaine d'étude peut atteindre 20 000 véhicules par jour : trafic observé sur l'avenue Charles Tillon.

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Trafic à l'heure de pointe (uvp/h)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres) de part et d'autre de l'axe
Supérieur à 100 000	Supérieur à 10 000	300
De 50 000 à 100 000	De 5 000 à 10 000	300
De 25 000 à 50 000	De 2 500 à 5 000	200
De 10 000 à 25 000	De 1 000 à 2 500	150

Tableau 1 : Largeur de la bande d'étude en fonction du trafic - source : Note méthodologique annexée à la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005

D'APRES LA CIRCULAIRE DU 25 FEVRIER 2005, LA BANDE D'ÉTUDE EST DE 150 METRES DE PART ET D'AUTRE DES VOIES ETUDIÉES.

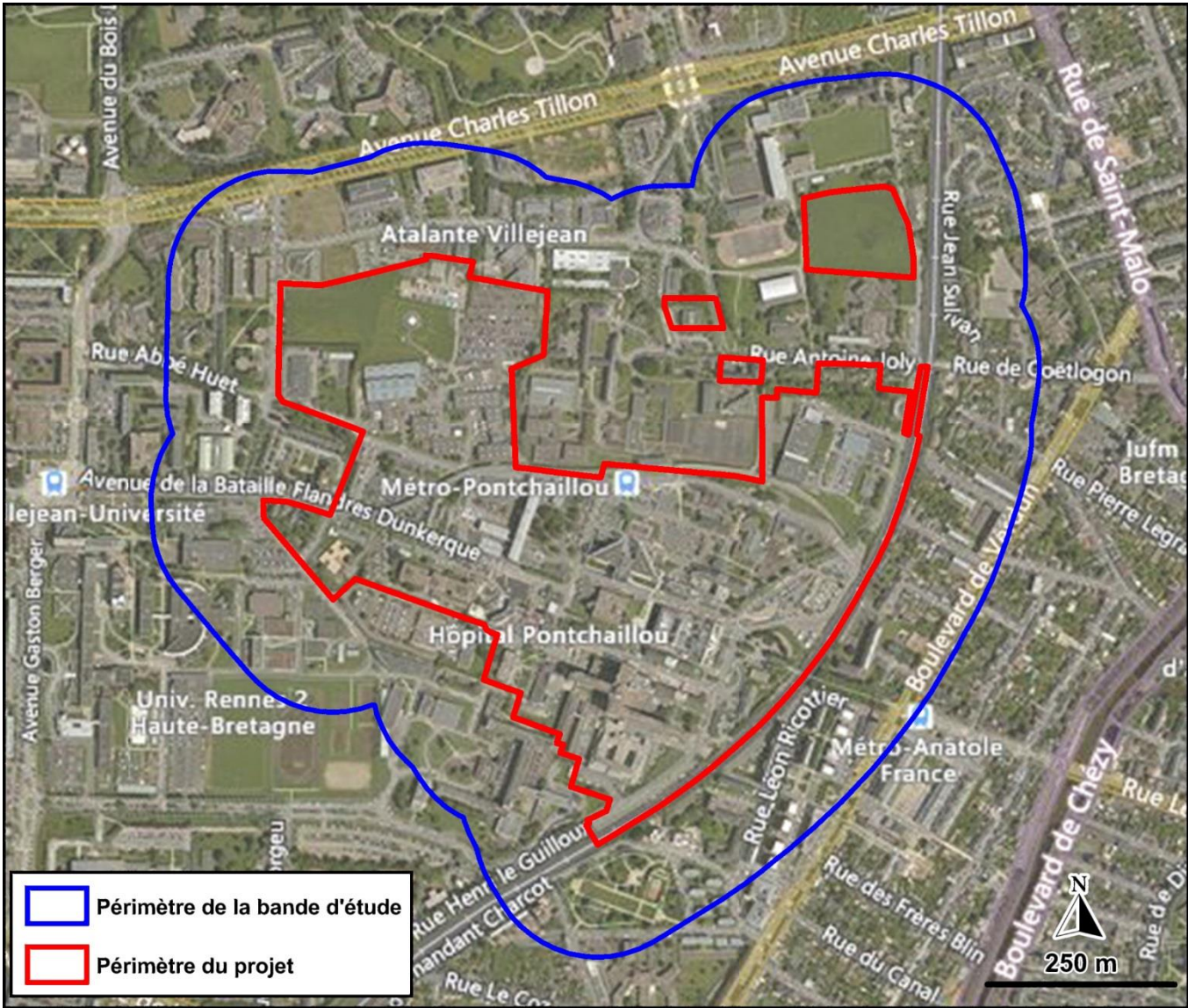


Figure 2 : Périmètre du projet et bande d'étude de l'étude air et santé – source : IRIS conseil

3.3 Définition du 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 ;
- Le nombre de personnes concernées par le projet.

Trafic à l'horizon d'étude ¹ et densité (hab/km²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet < ou = 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet < ou = 25 km
G III Bâti avec densité < 2000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet < ou = 50 km
G IV Pas de Bâti	III	III	IV	IV

Tableau 2 : Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et longueur du projet.

Selon les données de trafic disponible, le trafic maximal sur la bande d'étude est de 20 000 véhicules par jour (avenue Charles Tillon).

Les données de répartition de la population sur la zone d'étude ont été acquises auprès de l'INSEE. Elles correspondent au nombre d'habitants à l'intérieur de chaque IRIS constituant le domaine d'étude. L'IRIS est le découpage de la commune par quartiers d'habitations.

Dans la bande d'étude du projet la densité de population est supérieure à 10 000 hab/km².

LE RECOUPEMENT DE CES INFORMATIONS (TRAFIC DE 20 000 VEH/J ET DENSITE DE POPULATION SUPERIEUR A 10 000 HAB/KM²), NOUS DONNE LE NIVEAU D'ETUDE AIR ET SANTE A REALISER, ICI, LE NIVEAU D'ETUDE EST 2.

S'AGISSANT D'UN SITE REGROUPANT DES POPULATIONS SENSIBLES A LA QUALITE DE L'AIR, IL EST FAIT LE CHOIX DE REALISER UNE ETUDE DE NIVEAU 1 QUI EST PLUS CONSEQUENTE QU'UNE ETUDE DE NIVEAU 2 EN INCLUANT UNE LISTE DE POLLUANTS PLUS IMPORTANTE ET UNE EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS).

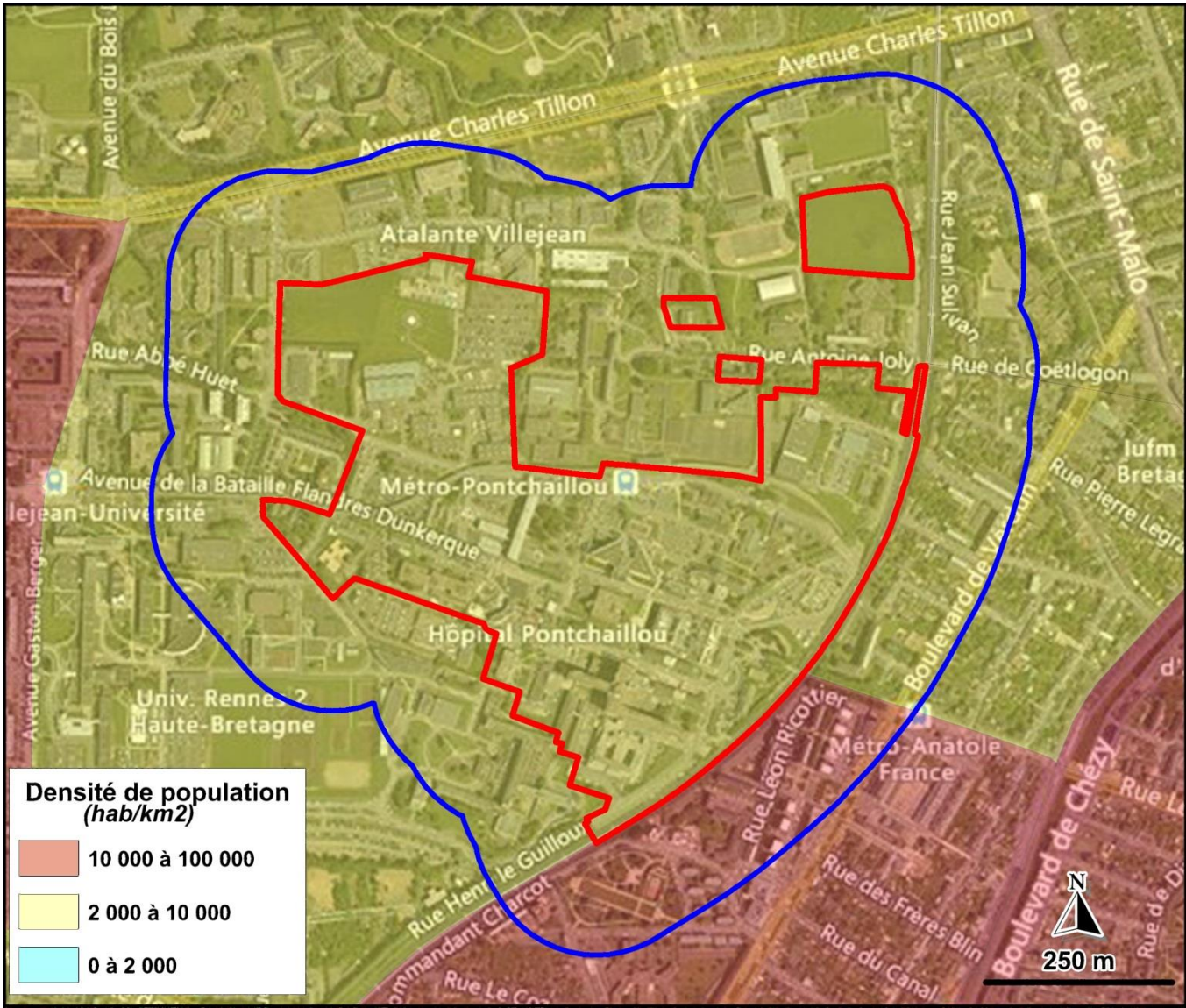


Figure 3 : densité de population autour dans la bande d'étude – source : IRIS conseil

Ainsi, d'après la circulaire interministérielle du 25 février 2005, les **études de type 1** requièrent :

1. Qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
2. Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
3. Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
4. Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié indice pollution – population (IPP) ;
5. Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
6. Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) au niveau des sites sensibles et également dans la bande d'étude.

¹ (Selon tronçons homogènes de plus de 1 km)

L'étude est de niveau 1 donc, conformément à la note méthodologique, **les polluants étudiés** sont :

- L'acroléine (C_3H_4O),
- Les oxydes d'azote (NO_x),
- Le dioxyde de soufre (SO_2),
- Le benzène (C_6H_6),
- Les particules PM10 (particules en suspension avec diamètre inférieur à 10 micromètres),
- Le chrome (Cr),
- Le formaldéhyde (CH_2O),
- Le 1,3-butadiène (C_4H_6),
- L'acétaldéhyde (C_2H_4O),
- Le nickel (Ni),
- Le cadmium (Cd),
- Le benzo(a)pyrène (BaP),
- L'arsenic (As),
- Le plomb (Pb),
- Le mercure (Hg),
- Le baryum (Ba).

1ère PARTIE : 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 Air Breizh (association agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Bretagne) ;
- Des mesures in situ des concentrations des polluants dans l'air.

4. DOCUMENTS CADRES

4.1 Plan National Santé Environnement 3 (PNSE3)

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 107 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.

4.2 Plan Régional Santé Environnement 3 (PRSE3)

Le troisième PRSE breton (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 à la région Bretagne.

Le PRSE 3 comporte 24 actions dont 3 spécifiques à la qualité de l'air intérieur et extérieur.

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

Le cadre du **Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie** a été défini par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite Loi Grenelle 2).

Le SRCAE de Bretagne a fait l'objet d'une élaboration sous la double autorité du Préfet de région et du Président du Conseil régional, en concertation avec les acteurs régionaux.

Ce schéma vise à définir **des objectifs et des orientations régionales** aux horizons 2020 et 2050 en matière de :

- **Amélioration de la qualité de l'air,**
- Maîtrise de la demande énergétique,
- Développement des énergies renouvelables,
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- Adaptation au changement climatique.

Il comporte, en annexe, un volet spécifique : le Schéma Régional Eolien (SRE) qui fixe des objectifs quantitatifs et des recommandations guidant le développement de l'éolien terrestre dans les zones favorables identifiées.

Le SRCAE de Bretagne constitue un maillon charnière de l'action publique. L'échelle régionale le positionne entre les grandes décisions internationales et nationales qui fixent les cadres généraux de l'action de lutte contre le changement climatique, et les actions opérationnelles dans les territoires. Le SRCAE joue le rôle de courroie de transmission entre les échelles de décision et d'action.

La mobilisation et l'implication dès à présent de tous les territoires et de tous les acteurs bretons, privés comme publics, est la condition sine qua non de l'atteinte des objectifs ambitieux du schéma régional.

Le SRCAE de Bretagne 2013-2018 a été arrêté par le Préfet de région le 4 novembre 2013, après approbation par le Conseil régional lors de sa session des 17 et 18 octobre 2013.

4.4 Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) définissent des mesures qui viennent compléter, à l'échelle de l'agglomération, celles déjà mises en œuvre aux niveaux national et local dans les différents domaines d'activités susceptibles de contribuer à la pollution atmosphérique, tels que le transport routier, le chauffage des bâtiments, l'industrie ou l'agriculture.

Les PPA sont obligatoires à l'intérieur des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des zones où les valeurs limites réglementaires de concentration en polluants atmosphériques sont dépassées ou risquent de l'être.

Compte tenu des critères ci-dessus, **l'agglomération rennaise est doublement concernée** : à cause de sa taille (elle compte plus de 400 000 habitants) mais également parce que des dépassements de la valeur limite en dioxyde d'azote sont constatés dans le cœur de l'agglomération et aux abords de la rocade depuis 2010.

L'évaluation de la qualité de l'air pour 2020 montre également que l'essor démographique de l'agglomération engendrera une hausse des déplacements routiers trop importante pour que celle-ci soit compensée par l'amélioration des performances environnementales des véhicules, et donc que la qualité de l'air risque de continuer à se dégrader.

Face à ce constat, le plan de protection de l'atmosphère de l'agglomération rennaise pour la période 2015-2020 fixe des **objectifs de réduction des émissions polluantes et définit un programme d'actions** qui se décline en trois volets :

- Transport routier : gestion trafic locale et report vers d'autres modes de transport, covoiturage, mobilités douces...
- Autres secteurs émetteurs : chauffage, industrie, agriculture, déchets
- Comportements : amélioration des connaissances, actions de sensibilisation et d'information, ...

Les objectifs chiffrés et ambitieux du PPA rennais pour l'année 2020 sont :

- Réduction de 10% des émissions du trafic automobile
- Réduction de 7% du secteur du chauffage (individuel et industrie de l'énergie)
- Réduction de 10% pour l'industrie
- Stabilisation des émissions au niveau 2008 pour l'agriculture.

5. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

En France, la législation qui encadre la réalisation de l'étude Air et Santé pour les projets d'aménagements repose sur les textes suivants :

- La loi n°76/629 du 10/07/1976 relative à la protection de la nature et au contenu des études d'impact ;
- La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/12/1996;
- Le décret modifié 77-1141 du 12 octobre 1977, pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°768-629 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques;
- Le décret 93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- La circulaire n°87-88 du 25 octobre 1987 relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées ;
- La circulaire Mate n°98/36 du 17/02/98 relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant les études d'impact des projets d'aménagements;
- La circulaire DGS n°185/2001 du 11/04/2001 relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;
- La circulaire du ministère de l'environnement n°93-73 du 27 septembre 1993 prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatifs aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe au décret n°85-453 du 23 avril 1985 ;
- La circulaire interministérielle Équipement/Santé/Écologie du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

La présente étude est réalisée conformément à ces textes, et aussi avec l'appui des documents suivants:

- Méthodologie définie dans l'instruction de l'Équipement de mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans la conception et la réalisation des projets routier ;
- Note méthodologique du CERTU-SETRA de janvier 2008 : Études d'impact d'infrastructures routières – Volet « air et santé » – État initial et recueil des données ;
- Guides méthodologiques sur les études d'environnement volet « air et santé » de février 2005 (annexe de la circulaire du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières) ;
- Normes ISO ou AFNOR correspondant aux protocoles analytiques des différents polluants à analyser.

6. SEUILS REGLEMENTAIRES POUR CARACTERISER LA QUALITE DE L'AIR

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis car ils sont représentatifs de certains types de pollution (industrielle ou automobile) et/ou parce que leurs effets nuisibles pour l'environnement et/ou la santé sont avérés. Les principaux indicateurs de pollution atmosphérique dont la liste est fixée par le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote (NO2),
- Les particules en suspension (PM10 et PM2,5),
- 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 cancérogène utilisé est le Benzo(a)pyrène).

Le décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air définit différentes typologies de seuil :

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Niveau critique : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Le tableau suivant reprend les principaux seuils réglementaires.

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

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

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 3 : Seuils réglementaires pour la qualité de l'air

7. IDENTIFICATION DS PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

7.1 Registre des émissions polluantes

Selon les données du Registre Français des Émissions Polluantes (IREP), dans un rayon de 1000 m autour du CHU de Rennes, un établissement rejetant des polluants dans l'atmosphère est identifié.

Il s'agit de l'Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères de Rennes (UIOM).

Son implantation à proximité du site d'étude est susceptible d'impacter la qualité de l'air local. Les émissions de UIOM sont répertoriées dans le tableau suivant.

UIOM de Rennes				
Avenue Charles Tillon		Traitement et élimination des déchets non dangereux		
Polluants	Unité	2015	2016	2017
Oxyde d'azote (NOx/NO2)	kg/an	0	0	149 000
Dioxyde de carbone (CO2)	kg/an	126 000 000	129 000 000	188 000 000
Cadmium et ses composés (Cd)	kg/an	0	11.7	0

Tableau 4 : Émissions atmosphériques de l'UIOM de Rennes (source : IREP)

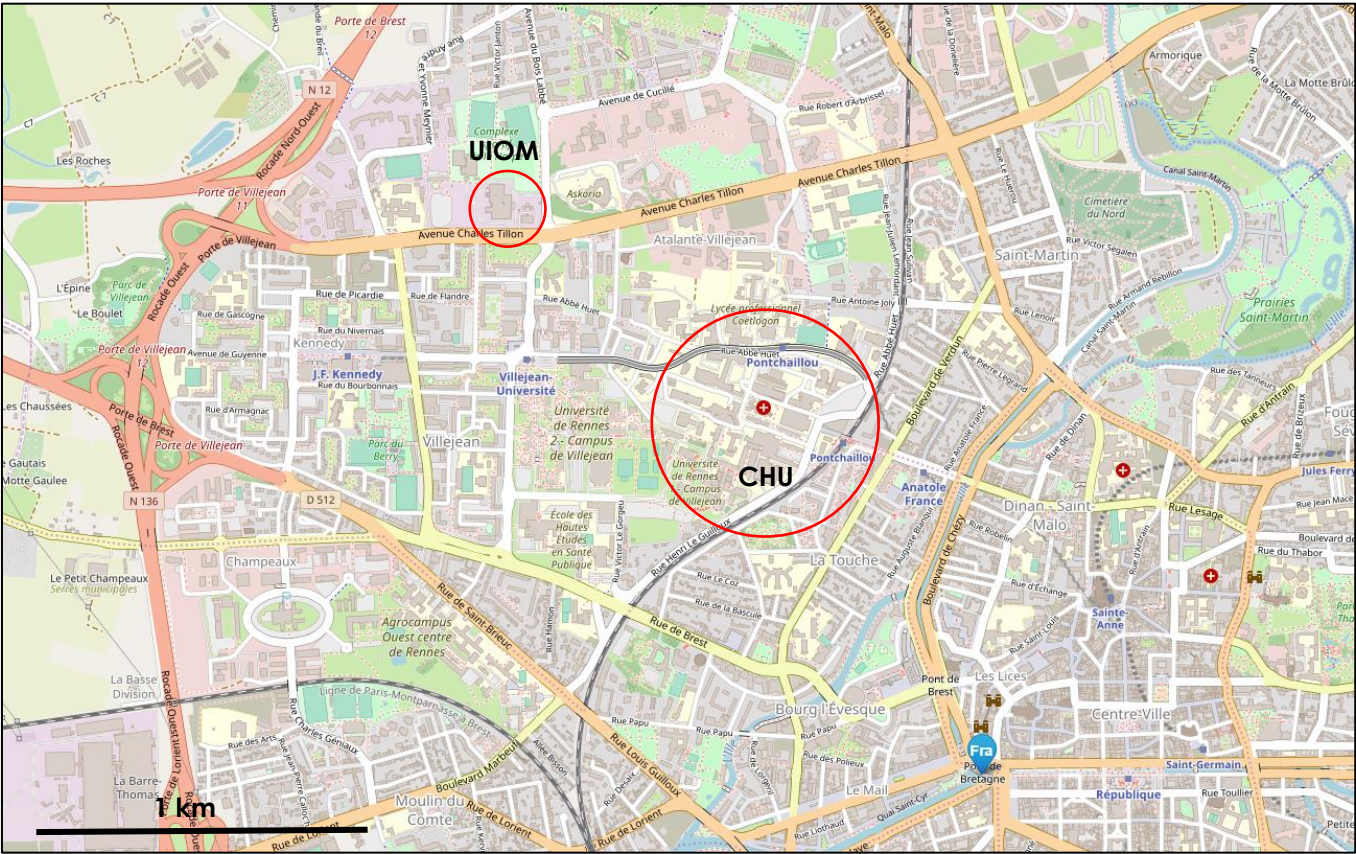


Figure 4 : Emplacement de l'établissement rejetant des polluants atmosphériques autour du CHU

7.2 Réseau de transport

Le trafic automobile impacte la qualité de l'air par le rejet de polluants dus aux moteurs à combustion des véhicules.

Plusieurs axes importants encadrent le CHU de Rennes, parmi lesquels :

- La Rocade (environ 110 000 véh/j) ;
- Avenue Charles Tillon (environ 20 200 véh/j) ;
- Rue Saint-Malo (environ 24 000 véh/j) ;
- Boulevard de Verdun (environ 8 400 véh/j) ;
- Rue Henri le Guilloux (environ 10 300 véh/j) ;
- Rue de Brest (environ 11 800 véh/j).

7.3 Inventaire des émissions

En 2014, Air Breizh a réalisé un inventaire des émissions de polluants atmosphériques sur la région Bretagne.

Les émissions sont calculées pour plusieurs polluants selon plusieurs secteurs.

Le graphique ci-dessous illustre la répartition sectorielle des émissions de polluants de Rennes Métropole en 2014.

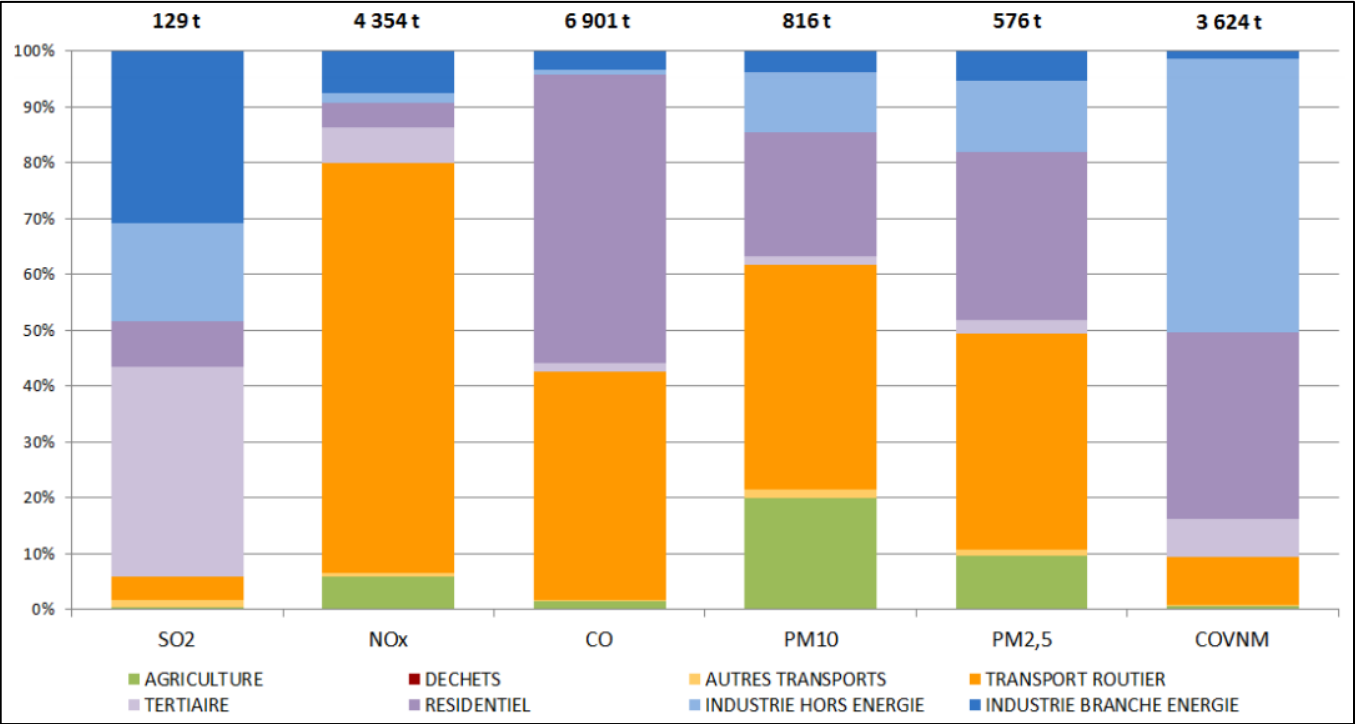


Figure 5 : Émission de rennes Métropole selon le secteur d'activité (source : Air Breizh)

Pour le SO2, les principaux émetteurs sont : le tertiaire (40%) et l'industrie de l'énergie (30%).

Pour les NOx, le principal émetteur est le transport routier avec 75% des émissions totales.

Pour le CO, les principaux émetteurs sont : le résidentiel (50%) et le transport routier (40%).

Pour les PM10, les principaux émetteurs sont : le transport routier (40%) le résidentiel et l'agriculture (20% chacun).

Pour les PM2,5, les principaux émetteurs sont : le transport routier (40%) et le résidentiel (30%).

Pour les COVNM, les principaux émetteurs sont : l'industrie hors énergie (50%) et le résidentiel (35%).

7.4 Synthèse

D'APRES L'INVENTAIRE DES EMISSIONS D'AIR BREIZH, LE TRAFIC ROUTIER ET LE RESIDENTIEL SONT LES PRINCIPAUX EMETTEURS DE POLLUANTS SUR RENNES METROPOLE.

À PROXIMITE DU CHU DE RENNES, L'UIOM SITUÉ A ENVIRON 1 KM EST SUSCEPTIBLE D'IMPACTER LA QUALITE DE L'AIR LOCAL.

LES PRINCIPALES VOIES ROUTIERES PROCHE DU CHU SONT LA RUE HENRI LE GUILLOUX (ENVIRON 10 300 VEH/J), LE BOULEVARD DE VERDUN (ENVIRON 8 400 VEH/J), L'AVENUE CHARLES TILLON (ENVIRON 20 200 VEH/J), LA RUE SAINT-MALO (ENVIRON 24 000 VEH/J) ET LA RUE DE BREST (ENVIRON 11 800 VEH/J).

8. DONNEES EXISTANTES SUR LA QUALITE DE L'AIR

8.1 Mesures des stations Air Breizh

Créée en 1987, l'association Air Breizh, association loi 1901 agréée par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), a été chargée de surveiller la qualité de l'air sur la Bretagne.

Les missions des d'Air Breizh sont :

- **Mesurer** la qualité de l'air en continu et d'anticiper les épisodes de pollution de l'air
- **Inform**er la population à travers les médias et les différents organismes et services de l'Etat ainsi que les collectivités
- **Etudier** la qualité de l'air pour accompagner les pouvoirs publics dans les orientations en matière d'aménagement du territoire
- **Sensibiliser** les différents acteurs pour l'amélioration de la qualité de l'air

La carte ci-contre présente la répartition des stations Air Breizh en Bretagne.

Le dispositif de surveillance d'air Breizh 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.

Sur Rennes Métropole plusieurs stations fixes sont placées dans des environnements varié :

- Des stations urbaines trafic proche des axes routiers,
- Des stations dites urbaines de fond dans des quartiers résidentiels ou encore en centre urbain.

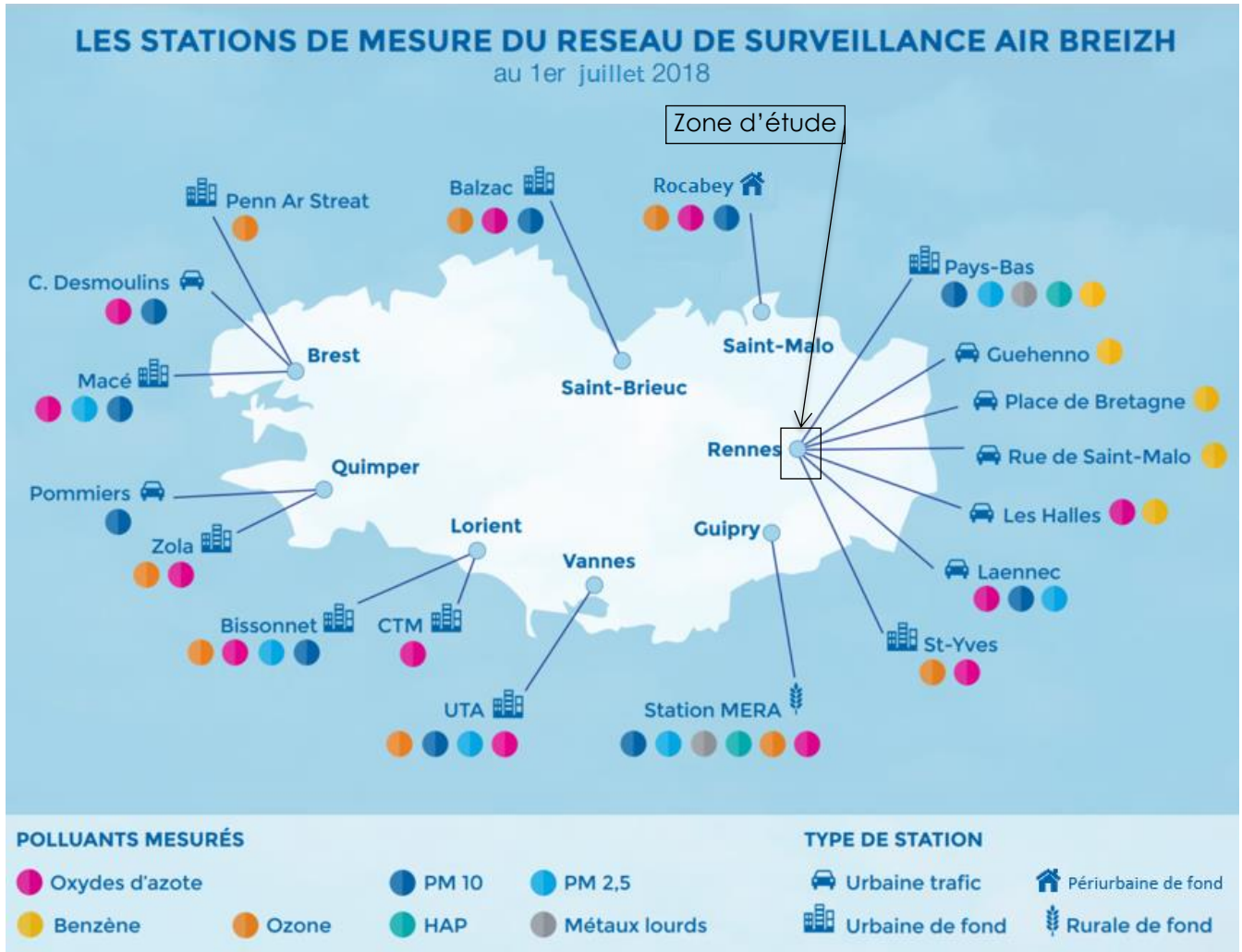


Figure 6 : Carte des stations de mesure du réseau Air Breizh

A proximité du CHU de Rennes, Air Breizh dispose de trois stations :

- La station **Laennec** au niveau du boulevard du même nom. Cette station, de typologie **urbaine trafic**, présente la particularité de mesurer un panel de polluants réglementés assez large qui permet de caractériser de manière complète la qualité de l'air en situation de proximité trafic.
- La station **des Halles**, de typologie **urbaine trafic** se trouve sur l'un des axes les plus fréquentés du centre urbain de Rennes à savoir le Boulevard de la Liberté qui présente également une configuration particulière du fait de sa continuité du bâti le long de l'axe routier ce qui limite la dispersion des polluants atmosphériques. Cette station est implantée dans les locaux des halles couvertes.
- La station **St-Yves**, située dans le centre urbain de Rennes. L'objectif de cette station est de caractériser la qualité de l'air dans ce secteur à urbanisation dense (typologie **urbaine de fond**). Elle se trouve dans les locaux de la ville de Rennes.

8.2 Résultats des mesures Air Breizh

8.2.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un bon traceur de la pollution d'origine automobile.

Les émissions d'oxydes d'azote NO_x (=NO₂ + NO) apparaissent dans toutes les combustions à haute température de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole, ...).

Le dioxyde d'azote est un polluant indicateur des activités de transport, notamment le trafic routier.

Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport, et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel.

Les moteurs diesel émettent davantage que les moteurs à essence catalysés.

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous sont celles des stations Air Breizh à proximité de la zone d'étude.

Valeurs réglementaires			Concentration moyenne annuelle en 2017 (µg/m³)	
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	St-Yves (station de fond)	Les Halles (station trafic)
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40	17	35
Valeur limite	Moyenne annuelle	40		

Tableau 5 : Concentrations moyennes annuelles relevées par Air Breizh en 2017 (source : Air Breizh)

Les concentrations de NO₂ sur les stations de St-Yves et Les Halles sont toutes les deux inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité.

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne annuelle du NO₂ en 2017 dans la région Bretagne.

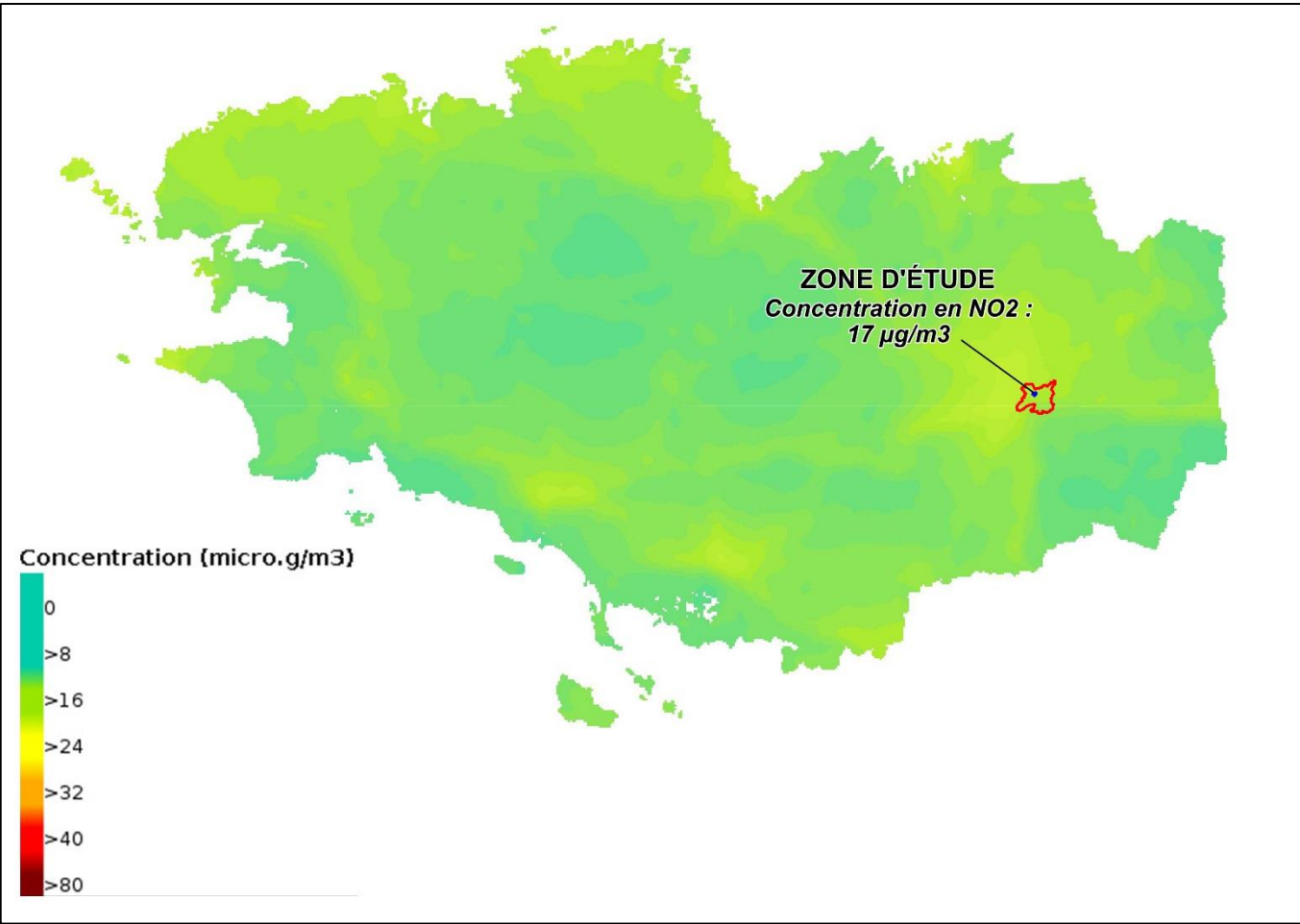


Figure 7 : Concentration moyenne annuelle de NO₂ (source : Air Breizh)

D'APRES LA CARTE, AUCUN DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE ET DE L'OBJECTIF DE QUALITE EST OBSERVE SUR LA REGION.

8.2.2 Particules PM10 et PM2,5

Les émetteurs de particules en suspension sont nombreux et variés : transport routier, combustion industrielle, chauffage urbain, incinérateurs des déchets,

Particules PM10

A proximité de la zone d'étude seule la station de Laennec mesure les PM10.

C'est une station trafic qui est représentative d'une exposition proche du trafic. Les concentrations mesurées sur une station trafic sont plus élevées que les concentrations mesurées sur une station de fond.

La concentration moyenne annuelle des particules PM10 en 2017 sur la station de Laennec est présentée ci-dessous.

Valeurs réglementaires			Concentration moyenne annuelle en 2017 (µg/m³)
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Laennec (station de trafic)
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30	19
Valeur limite	Moyenne annuelle	40	

Tableau 6 : Concentration moyenne annuelle relevée par Air Breizh en 2017 (source : Air Breizh)

La concentration relevée est inférieure à la valeur limite et à l'objectif de qualité.

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne annuelle des PM10 en 2017 dans la région Bretagne.



Figure 8 : Concentration moyenne annuelle des PM10 (source : Air Breizh)

D'APRES LA CARTE, AUCUN DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE ET DE L'OBJECTIF DE QUALITE EST OBSERVE SUR LA REGION.

Particules PM2,5

À proximité de la zone d'étude seule la station de Laennec mesure les PM2,5.

C'est une station trafic qui est représentative d'une exposition proche du trafic. Les concentrations mesurées sur une station trafic sont plus élevées que les concentrations mesurées sur une station de fond.

La concentration moyenne annuelle des particules PM2,5 en 2017 sur la station de Laennec est présentée ci-dessous.

Valeurs réglementaires			Concentration moyenne annuelle en 2017 (µg/m³)
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Laennec (station de trafic)
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	10	13
Valeur limite	Moyenne annuelle	25	

Tableau 7 : Concentration moyenne annuelle relevée par Air Breizh en 2017 (source : Air Breizh)

La concentration relevée est inférieure à la valeur limite (25 µg/m³) mais reste supérieure à l'objectif de qualité (10 µg/m³).

8.2.3 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).

Ce polluant, ozone est un polluant secondaire : il est produit à partir des polluants dits primaires qui sont présents dans les gaz d'échappement. De plus, ce polluant 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.

Sur la station St-Yves, cet objectif de qualité est dépassé une fois sur l'année 2017.

8.2.4 Benzène (C6H6)

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Le benzène est essentiellement émis par la circulation automobile, l'évaporation des carburants et certaines activités industrielles.

La concentration de benzène en 2017 mesuré sur la station Les Halles est présentée dans le tableau.

Valeurs réglementaires			Concentration moyenne annuelle en 2017 (µg/m³)
Type de norme	Grandeurs caractéristiques	Valeur de la norme	Les Halles (station de trafic)
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	2	1,22
Valeur limite	Moyenne annuelle	5	

Tableau 8 : Concentration moyenne annuelle relevée par Air Breizh en 2017 (source : Air Breizh)

La concentration relevée est inférieure à la valeur limite et à l'objectif de qualité.

La carte ci-dessous présente la concentration moyenne annuelle de benzène en 2017 dans la région Bretagne.

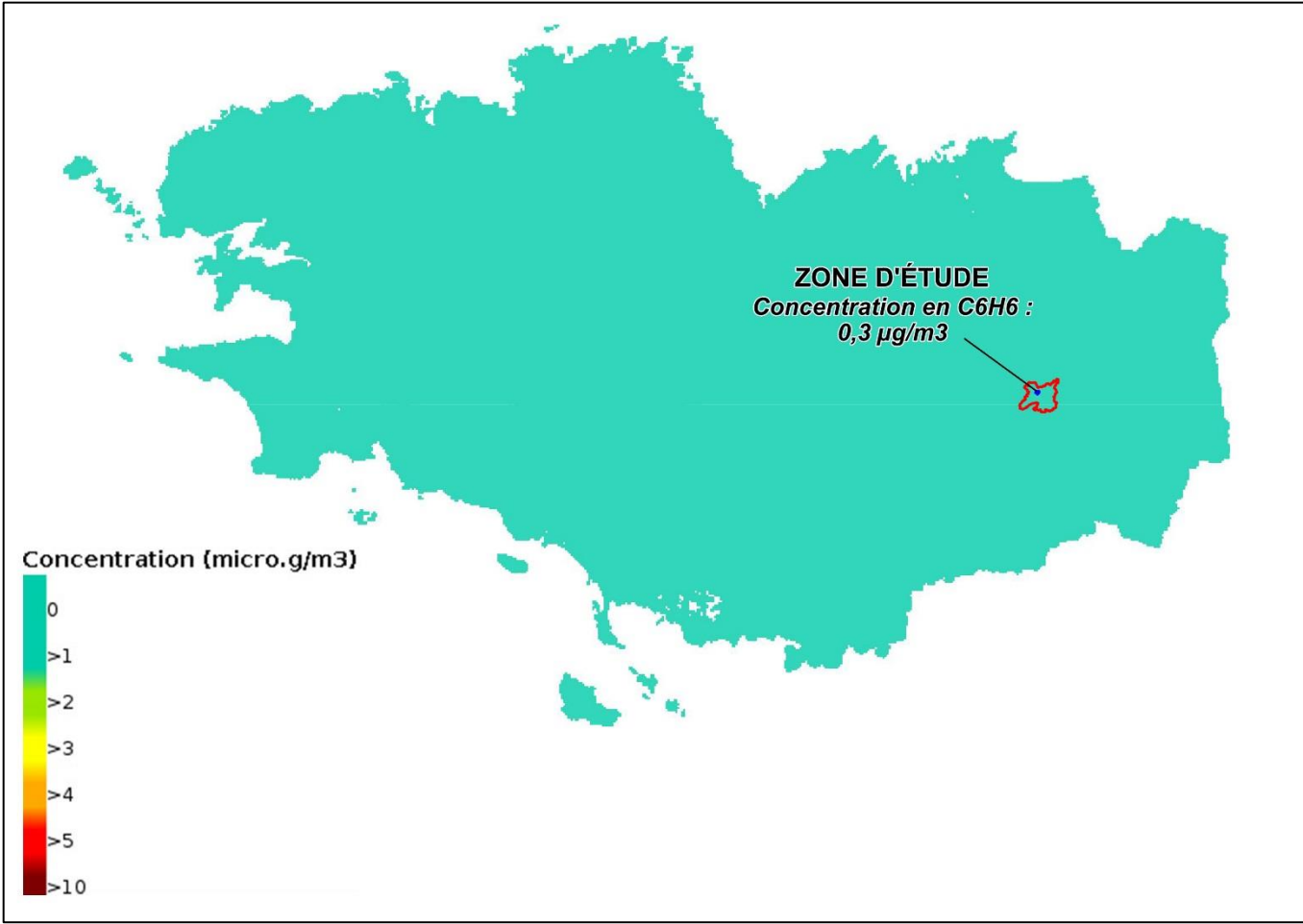


Figure 9 : Concentration moyenne annuelle de benzène (source : Air Breizh)

D'APRES LA CARTE, AUCUN DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE ET DE L'OBJECTIF DE QUALITE EST OBSERVE SUR LA REGION.

8.2.5 Benzo(a)pyrène (BaP)

Le benzo(a)pyrène BaP est un Hydrocarbure Aromatique Polycyclique (HAP) mesuré sur le réseau breton. Le BaP est utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP.

Les HAP se forment lors des combustions incomplètes, en particulier celle de la biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) 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 de benzo(a)pyrène, entrent donc dans la composition des particules PM10.

Sur la métropole rennaise, seule la station Pays-Bas mesure ce polluant. C'est une station de fond.

La concentration en benzo(a)pyrène en 2017 mesurée à la station Pays-Bas est de 0,12 ng/m³.

Cette concentration est inférieure à la valeur cible fixée à 1 ng/m³.

8.2.6 Métaux lourds

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 plombée 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.

Sur l'agglomération rennaise, seule la station Pays-Bas mesure les métaux. C'est une station de fond.

Les concentrations moyennes annuelles en 2017 sont :

Plomb : 1,5 ng/m³ (valeur limite annuelle : 500 ng/m³, objectif de qualité : 250 ng/m³)

Arsenic : 0,2 ng/m³ (valeur cible : 6 ng/m³)

Cadmium : 0,1 ng/m³ (valeur cible : 5 ng/m³)

Nickel : 0,5 ng/m³ (valeur cible : 20 ng/m³)

Les concentrations observées pour ces quatre métaux sont très faibles vis-à-vis des seuils de la qualité de l'air.

8.2.7 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 Bretagne et est inférieure à la valeur limite de 10 000 µg/m³ en moyenne sur 8 heures.

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

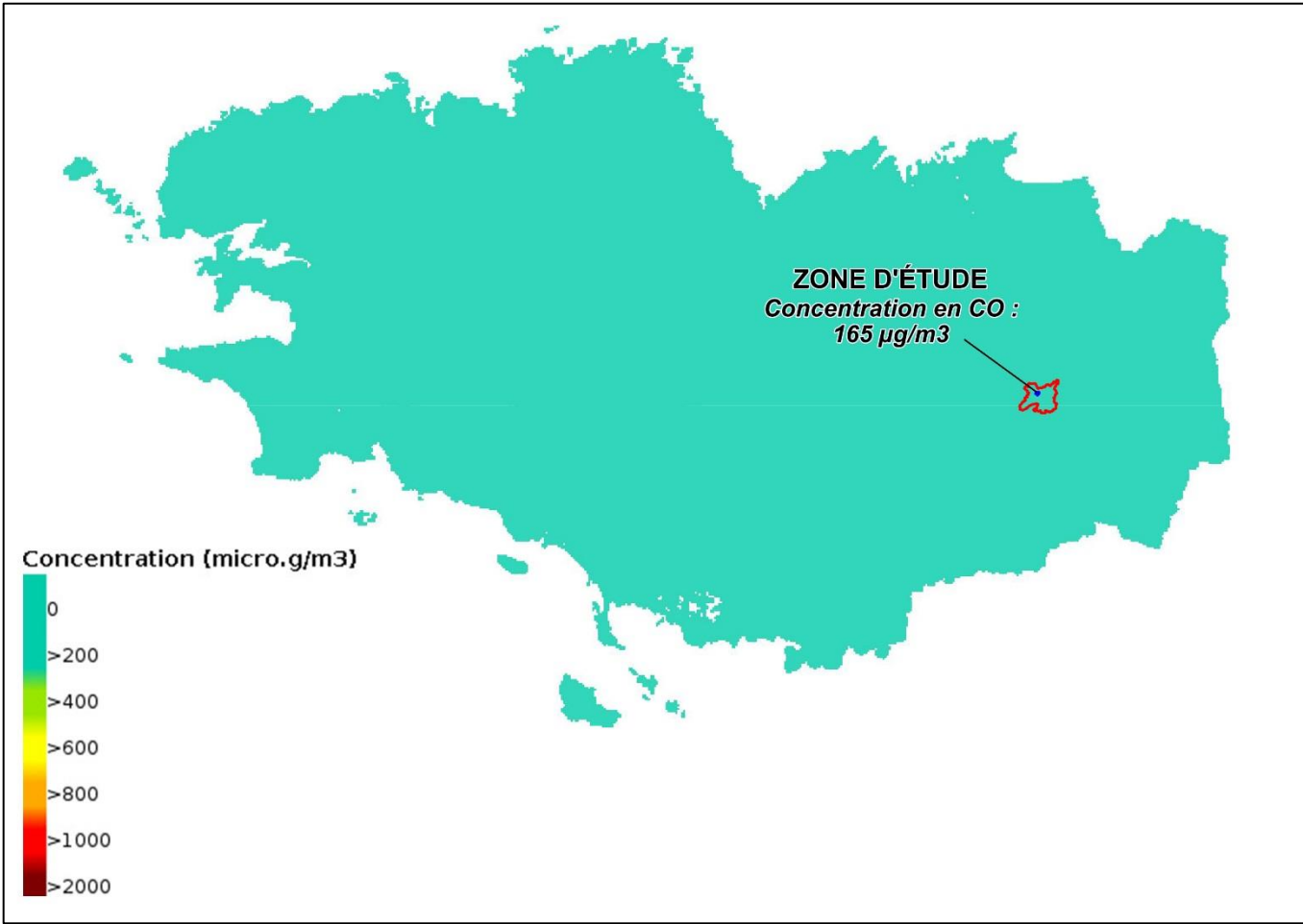


Figure 10 : Concentration moyenne annuelle de CO (source : Air Breizh)

8.2.8 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 Bretagne est inférieure à 10 µg/m³ ce qui est très faible par rapport à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).

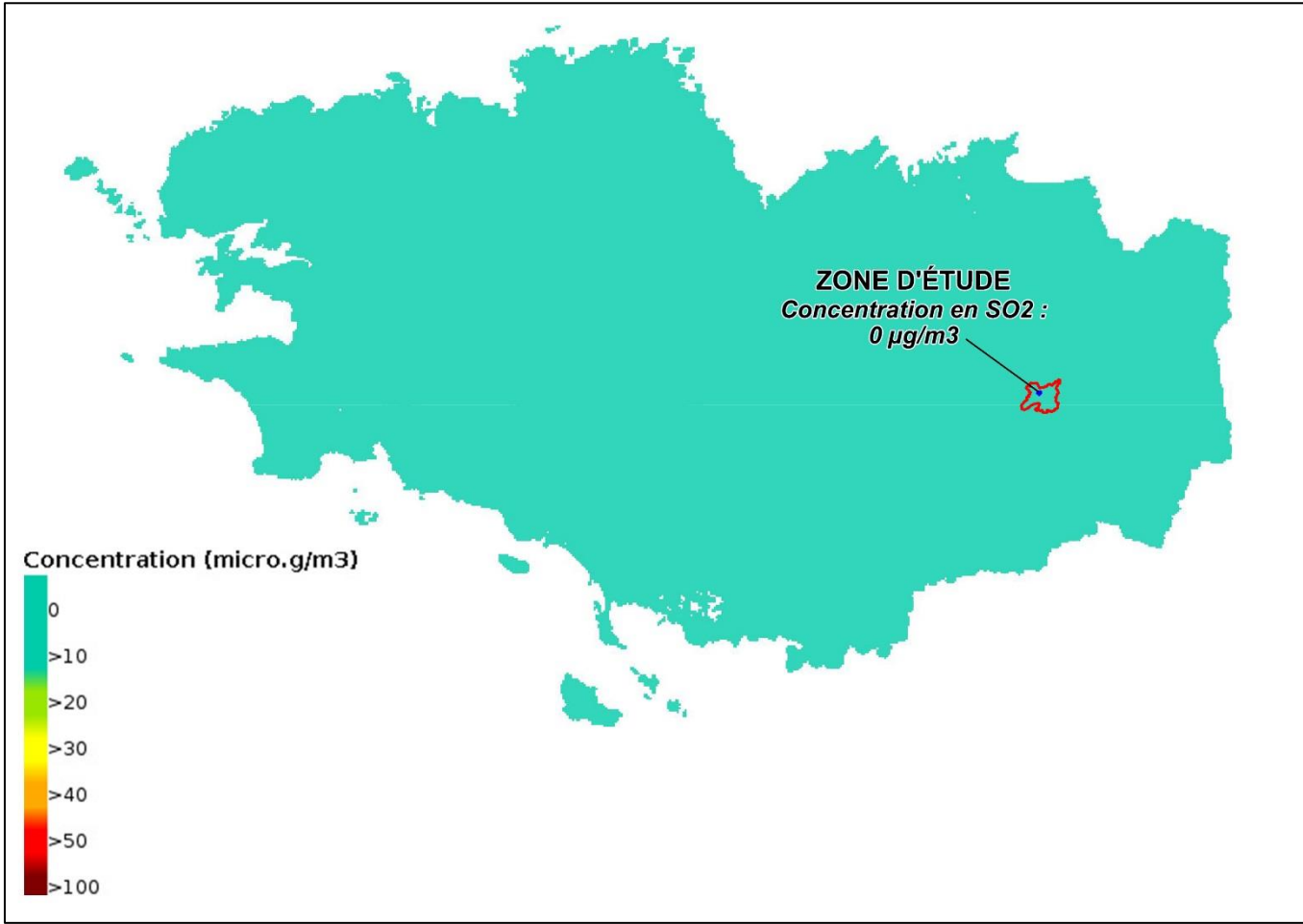


Figure 11 : Concentration moyenne annuelle de SO₂ (source : Air Breizh)

Synthèse des concentrations de fond à partir de l'étude de l'existant

Le tableau suivant récapitule les concentrations de fond qui caractérisent la zone d'étude.

Ces concentrations de fond vont être intégrées dans le modèle ARIA IMPACT, pour calculer les concentrations moyennes annuelles sur la bande d'étude.

Substances	Concentration en pollution de fond (µg/m³)	Source
Dioxyde d'azote NO ₂	17	Station Air Breizth-st-Yves
Particules PM10	19	Station Air Breizth-Laennec
Particules PM2,5	13	Station Air Breizth-Laennec
Benzène	1.22	Station Air Breizth-les Halles
Benzo(a)pyrène B(a)P	0.00012	Station Air Breizth-Pays-Bas
Plomb Pb	0.0015	Station Air Breizth-Pays-Bas
Arsenic As	0.0002	Station Air Breizth-Pays-Bas
Cadmium Cd	0.0001	Station Air Breizth-Pays-Bas
Nickel Ni	0.0005	Station Air Breizth-Pays-Bas
Monoxyde de carbone CO	300	Concentration moyenne annuelle en Bretagne
Dioxyde de soufre SO ₂	10	Concentration moyenne annuelle en Bretagne
Formaldéhyde	-	Pas de mesure
Acétaldéhyde	-	Pas de mesure
1,3-butadiène	-	Pas de mesure

Tableau 9 – Concentrations de fond de la zone d'étude - (source : Air Breizh)

8.3 Indice de la qualité de l'air

L'indice de qualité de l'air caractérise quotidiennement de façon simple et globale, la pollution atmosphérique sous la forme d'une valeur unique.

Le projet européen « Common information to European air » (Citeair) a mis en place en 2006 un indice de qualité de l'air, également appelé Citeair, qui permet de comparer la pollution des villes européennes selon la même méthode et le même outil.

L'indice de qualité de l'air croît de 1 (très bon) à 10 (très mauvais).

L'indice est égal au maximum des 4 sous-indices suivants : particules fines PM10, ozone O₃, dioxyde d'azote NO₂ et dioxyde de soufre SO₂.

Il est calculé uniquement sur la base des polluants mesurés.

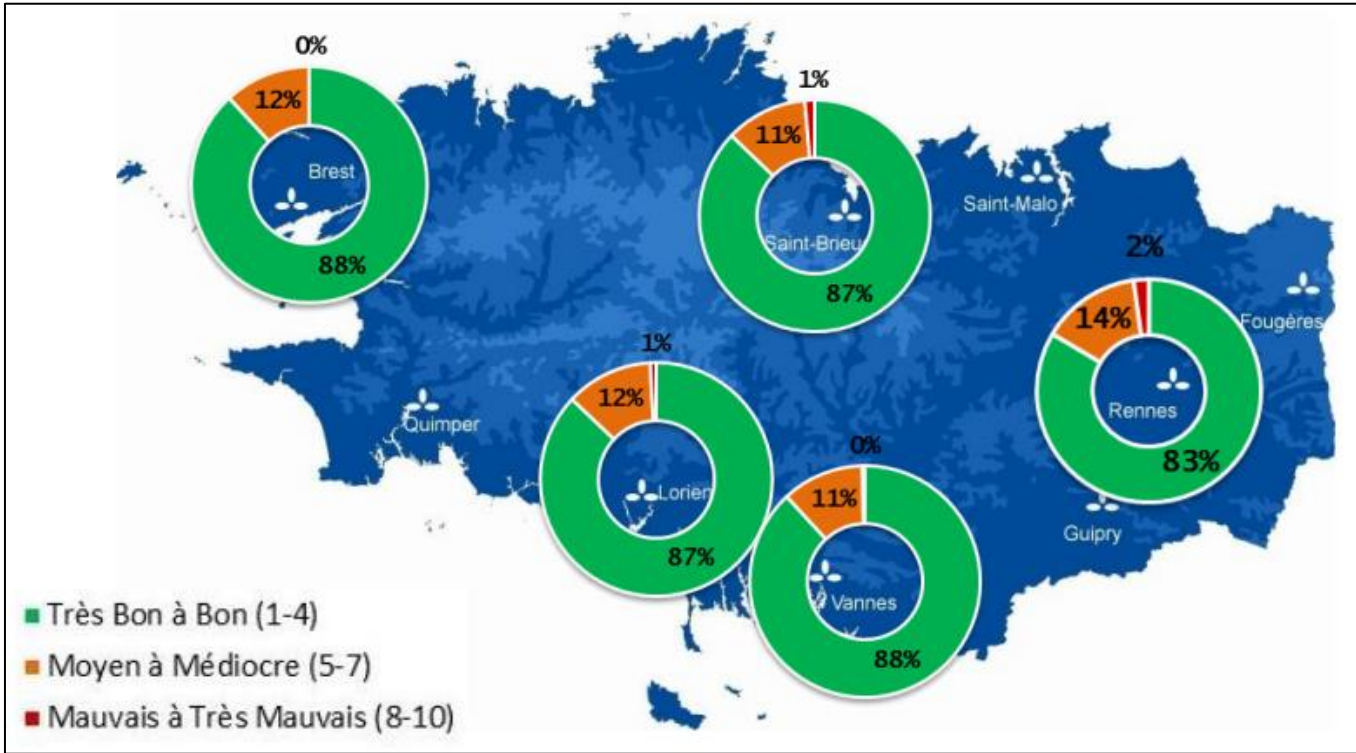


Figure 12 : Répartition des journées avec un air de bonne, moyenne et mauvaise qualité en 2017 (source : Air Breizh)

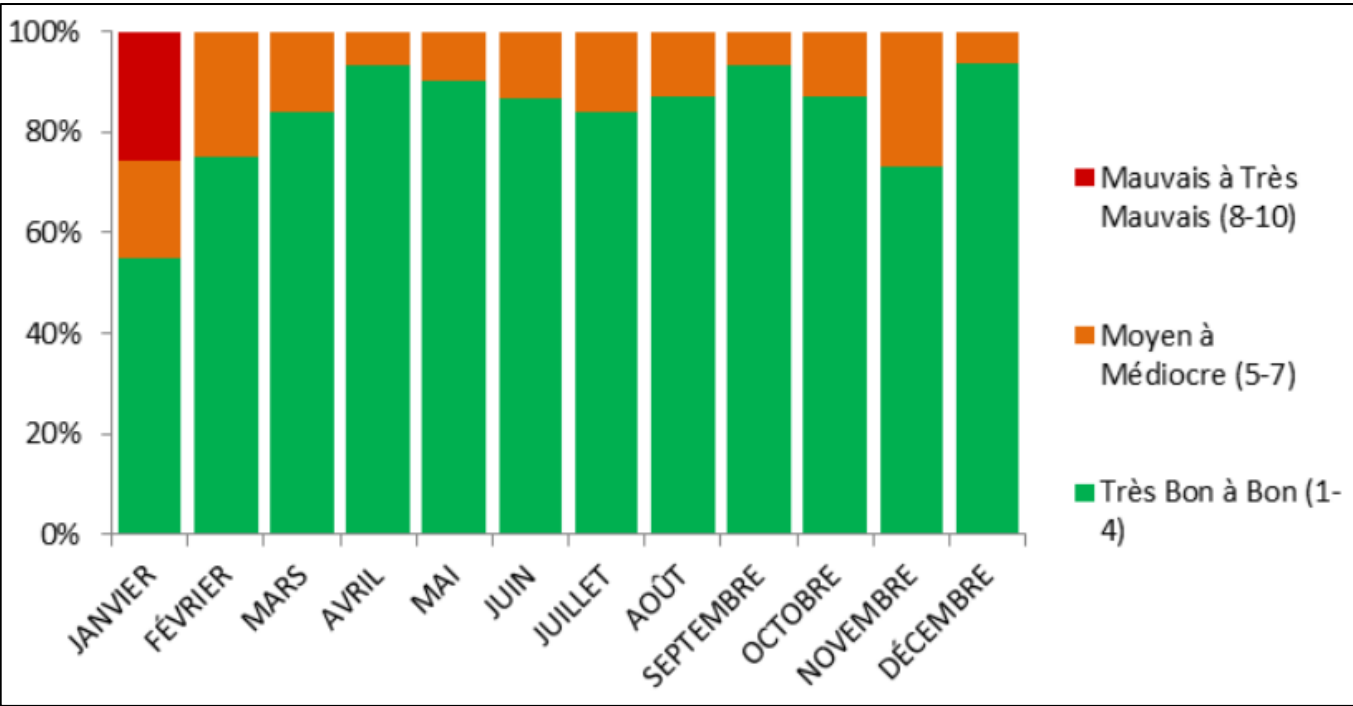


Figure 13 : Indice de la qualité de l'air à Rennes au cours de l'année 2017 (source : Air Breizh)

SUR RENNES, LA QUALITE DE L'AIR EST TRES BONNE A BONNE 84 % DE L'ANNEE ET MAUVAISE A TRES MAUVAISE 2% DE L'ANNEE.

9. ANALYSE DES DONNEES SANITAIRES

9.1 Rappel des effets de la pollution sur la santé

Les effets de la pollution sur la santé sont conséquents. Ainsi, une étude² de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) estime qu'en Europe (41 pays) 518 000 personnes décèdent prématurément chaque année à cause de la pollution de l'air (422 000 décès attribués aux expositions des PM_{2,5}, 79 000 décès attribués aux expositions de NO₂ et 17 7000 décès aux expositions d'O₃).

En France, plus de 47 000 décès prématurés par an ont pour cause l'exposition aux PM_{2,5}, NO₂ et O₃, ce qui correspond à une perte d'espérance de vie estimée à 548 700 années de vie perdu.

Une étude³ de l'agence Santé publique France de 2016 a estimé sur tout le territoire de la France Métropole le gain moyen en espérance de vie à 30 ans sous le scénario « sans pollution anthropique » en particules fines PM_{2,5}.

Selon cette étude, les habitants de Rennes Métropole connaissent en moyenne une perte d'espérance de vie, due à la pollution anthropique, allant de 12 à 18 mois.

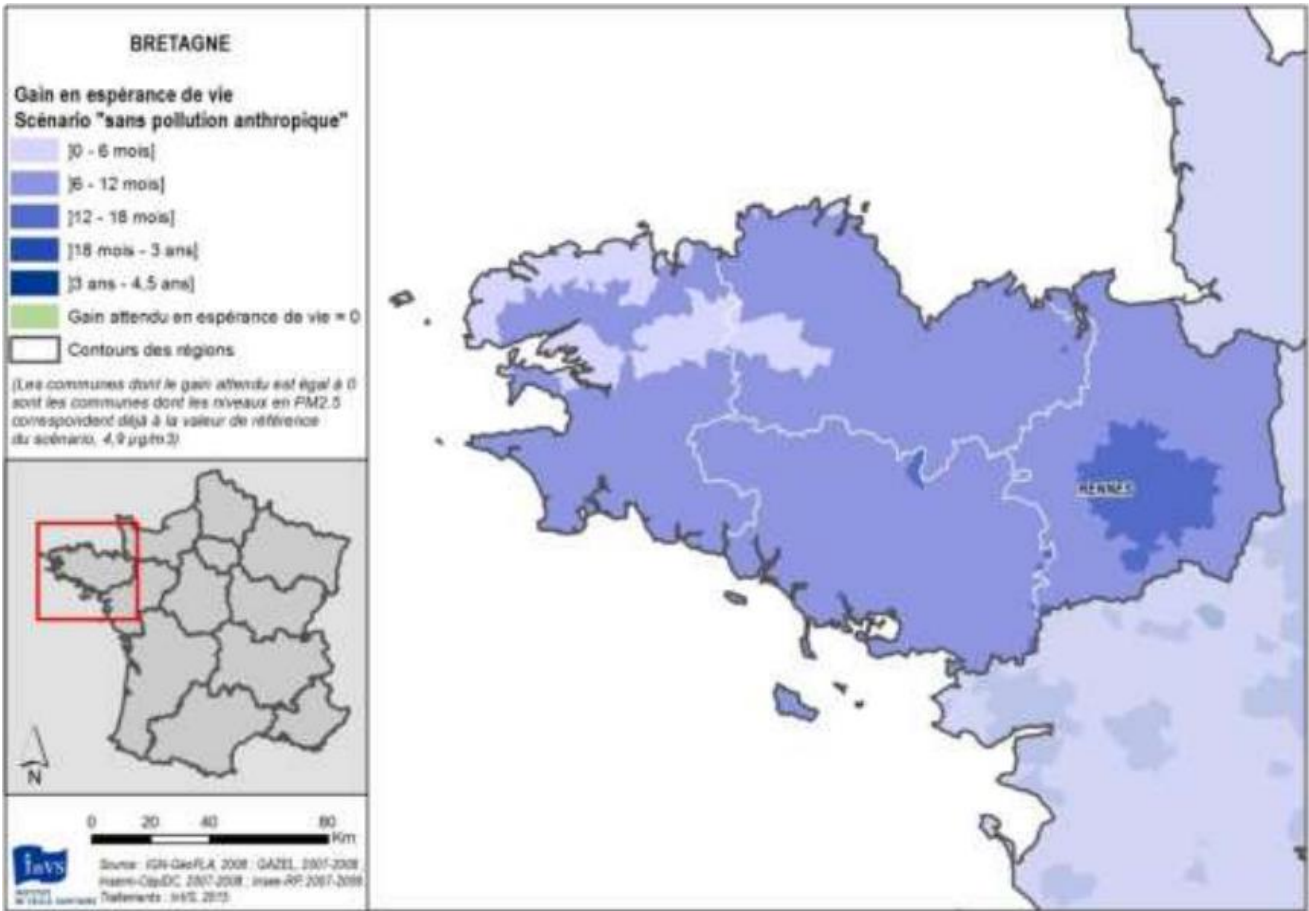


Figure 14 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie à 30 ans en Bretagne dû aux particules fines (PM_{2,5})
(source : Santé publique France)

Globalement, la pollution atmosphérique peut induire des effets respiratoires ou cardiovasculaires tels que :

- Une augmentation des affections respiratoires : bronchiolites, rhino-pharyngites, etc. ;
- Une dégradation de la fonction ventilatoire : baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crises d'asthme ;
- Une hypersécrétion bronchique ;
- Une augmentation des irritations oculaires ;
- Une augmentation de la morbidité cardio-vasculaire (particules fines) ;
- Une dégradation des défenses de l'organisme aux infections microbiennes ;
- Une incidence sur la mortalité à court terme pour affections respiratoires ou cardio-vasculaires (dioxyde de soufre et particules fines) ;
- Une incidence sur la mortalité à long terme par effets mutagènes et cancérigènes (particules fines, benzène).

Concernant la France, une étude du Commissariat Général au Développement Durable⁴ estime les coûts pour le système de soins compris entre 0,9 et 1,8 milliards d'euros par an pour cinq maladies respiratoires et hospitalisations attribuables à la pollution de l'air :

- Les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO), estimées entre 123 et 186 millions €/an ;
- Les bronchites chroniques estimées à 72 millions €/an ;
- Les bronchites aiguës estimées à 171 millions €/an ;
- L'asthme estimé entre 315 millions et 1,10 milliard €/an ;
- Les cancers estimés entre 50 et 131 millions €/an ;
- Les hospitalisations estimées à 155 millions €/an.

² EEA - « Air quality in Europe – 2018 report » - Décembre 2018

³ Santé publique France – « Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique » - Juin 2016

⁴ CGDD - « Estimation des coûts pour le système de soins français de cinq maladies respiratoires et des hospitalisations attribuables à la pollution de l'air » - Avril 2015

9.2 Données sanitaires

Les données présentées dans cette section proviennent de l'Inserm (Institut national de santé et de la recherche médicale), du CépiDc (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès), et de la Drees (Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques).

9.2.1 Mortalité

Chiffres clés

Les habitants de la Région Bretagne ont une espérance de vie à la naissance de 77,4 années pour les hommes et 84,7 années pour les femmes.

Cette espérance de vie est légèrement inférieure à celle observée sur l'ensemble de la France : 78,6 années pour les hommes et 85,0 années pour les femmes.

La région présente un taux de mortalité de 1 166 pour 100 000 habitants en 2013 (904,4 en moyenne nationale).

Lorsque l'on considère la mortalité prématurée (avant 65 ans), le taux mortalité standardisé pour 100 000 habitants de la Région Bretagne est supérieur au taux moyen national pour les hommes (320,5 contre 275,7 pour 100 000 hommes de moins de 65 ans) et pour les femmes (134,1 contre 128,8 pour 100 000 femmes de moins de 65 ans).

Analyse

La mortalité prématurée (c'est-à-dire survenant avant l'âge de 65 ans) est supérieure en France par rapport à celle observée dans les autres pays européens. Cela constitue un puissant marqueur d'inégalités sociales de santé et de genre, car cette mortalité se révèle très inégalement répartie entre les catégories socioprofessionnelles et entre Hommes et Femmes.

En 2013, dans la Région Bretagne, 6 028 personnes (soit 18 % de la mortalité générale) sont décédées avant 65 ans dont 70 % sont des hommes.

Dans le département, les trois principales causes de mortalité prématurée sont :

- Les tumeurs (40,2 % des décès prématurés) ;
- Les causes externes de blessure et d'empoisonnement (accident, intoxication, suicides, homicides) (18,6 %) ;
- Les maladies de l'appareil circulatoire (10,9 %).

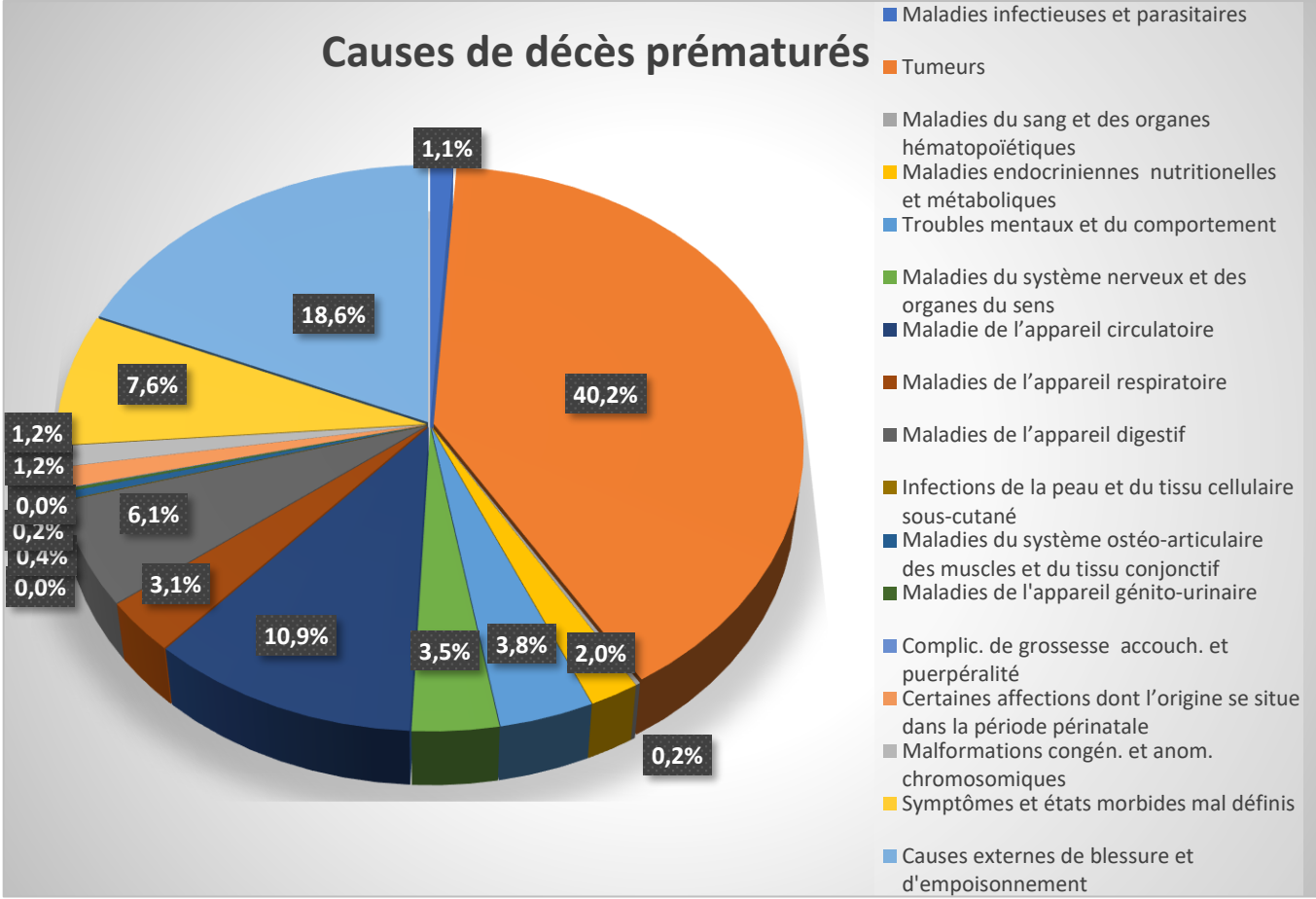


Figure 15 : causes des décès prématurés en Région Bretagne en 2013 (source : CépiDc)

9.2.2 Cancers

Les cancers occupent une place de plus en plus importante en termes de morbidité en France comme en Région Bretagne.

En Bretagne, en 2013, le nombre de décès liés au cancer a été de 2 422 dont 63 % d'hommes. Entre 1980 et 2013, la part de décès dus au cancer est passée de 22 à 29 % par rapport à la mortalité générale dans la région Bretagne.

Les personnes âgées sont les plus touchées par le cancer. En effet, la part des décès des personnes de plus de 65 ans représente 74 % des décès dus au cancer en région Bretagne (73,5 % pour la France métropolitaine).

Cancers du poumon

En 2013, en région Bretagne, le cancer du poumon (cancers du larynx, de la trachée et des bronches inclus) représente 19 % des décès dus au cancer et 29 % des décès prématurés dus au cancer [respectivement 20 et 29 % en France métropolitaine].

Dans la région, en 2013, 1 755 décès par tumeur du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon sont survenus, chez des hommes dans 74 % des cas (74 % également en métropole).

9.2.3 Maladies de l'appareil respiratoire

Les maladies respiratoires regroupent des affections très différentes et difficiles à classer, en particulier chez le sujet âgé.

Elles peuvent être aiguës, essentiellement d'origine infectieuse (bronchite aiguë, pneumonie, pathologies des voies respiratoires supérieures) ou d'évolution chronique comme la bronchite chronique ou encore l'asthme. Les maladies respiratoires les plus fréquentes sont l'asthme, les cancers broncho-pulmonaires et la broncho-pneumopathie chronique obstructive BPCO. Le principal facteur de risque de ces maladies est le tabagisme. Cependant, il existe une large variété d'autres causes incluant des facteurs génétiques, nutritionnels, environnementaux, professionnels et des facteurs liés à la pauvreté. De plus, l'appareil respiratoire humain est vulnérable vis-à-vis de nombreux agents infectieux.

Chiffres clés pour les maladies de l'appareil respiratoire

En 2013, 2 308 décès par maladies respiratoires ont été enregistrés en Bretagne, soit 7 % des décès toutes causes confondues (6,7 % pour la France métropolitaine).

Asthme

L'asthme est une maladie chronique causée par une inflammation des voies respiratoires et se caractérisant par la survenue de "crises" (épisodes de gêne respiratoire).

L'effet de la pollution sur l'asthme n'est aujourd'hui plus à démontrer : les polluants présents dans l'atmosphère irritent les voies respiratoires et augmentent les infections respiratoires.

Une étude menée dans plusieurs grandes villes françaises (Créteil, Reims, Strasbourg, Clermont-Ferrand, Bordeaux et Marseille) par des chercheurs de l'Inserm a ainsi démontré l'augmentation des manifestations respiratoires chez les enfants vivant depuis plus de huit ans dans des zones importantes de pollution, grâce à des capteurs installés dans 108 écoles, auprès de 5 300 enfants.

Plus précisément, un dépassement même minime des seuils de pollution recommandés par l'OMS (40 µg/m³ pour le NO₂ et 10 µg/m³ pour les particules) pendant huit ans provoque l'augmentation de façon significative de l'asthme allergique et de l'asthme à l'effort (1,5 fois) par rapport aux enfants vivant dans des zones où les concentrations sont inférieures (d'autres études montrent également le lien chez les enfants entre la densité du trafic automobile et les crises d'asthme).

En 2013, l'asthme a été la cause de 58 décès, soit 2,5 % des décès dus aux maladies de l'appareil respiratoire sur la région Bretagne.

9.2.4 Maladies de l'appareil circulatoire

Les maladies de l'appareil circulatoire constituent la deuxième cause de décès en France et troisième cause de décès en Bretagne (8 880 décès en 2013).

Les maladies de l'appareil circulatoire comprennent les rhumatismes articulaires aigus, les cardiopathies rhumatismales chroniques, les maladies hypertensives, les cardiopathies ischémiques, les troubles de la circulation pulmonaire, d'autres formes de cardiopathies (myocardite aiguë, trouble du rythme cardiaque...), les maladies vasculaires cérébrales, les maladies des artères, artérioles et capillaires, les maladies des veines et des vaisseaux lymphatiques et autres maladies de l'appareil circulatoire.

Cardiopathies ischémiques

Les cardiopathies ischémiques sont la première cause de mortalité prématurée pour les maladies de l'appareil circulatoire.

En 2013, sur la région Bretagne, les cardiopathies ischémiques ont représenté 2 241 décès (25 % des décès cardio-vasculaires contre 24 % pour la France métropolitaine).

Maladies cérébro-vasculaires

Les maladies cérébro-vasculaires regroupent l'ensemble des maladies qui provoquent une altération de la circulation cérébrale. Ces affections se manifestent le plus souvent subitement, sous forme d'un accident vasculaire cérébral (AVC).

En 2013, en Bretagne, les maladies cérébro-vasculaires ont été la cause initiale de 2 034 décès, soit 23 % de l'ensemble des décès cardio-vasculaires (23 % également pour la France métropolitaine).

9.2.5 Synthèse

CONCERNANT LES ASPECTS SANITAIRES POUVANT ÊTRE LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE, LES DONNÉES NE FONT PAS RESSORTIR DE DIFFÉRENCES MAJEURES ENTRE LA RÉGION BRETAGNE ET L'ENSEMBLE DE LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.

10. ANALYSE DU DOMAINE D'ETUDE

Après l'examen des données disponibles sur la qualité de l'air, il convient de s'intéresser à la population et à la composition du domaine géographique d'étude.

Cette démarche a pour objectif principal d'identifier les lieux sensibles et de définir la sensibilité de la population vis-à-vis des effets sanitaires imputables à la pollution atmosphérique, étant entendu que les enfants et les personnes âgées sont plus sensibles à ces effets que de jeunes adultes.

10.1 Composition du domaine géographique d'étude

Le domaine d'étude s'inscrit sur la commune de Rennes.

Il se compose actuellement principalement de bâtiments hospitaliers, de bâtiments d'enseignement et de bâtiments d'habitation.

La figure suivante illustre la composition du domaine d'étude.

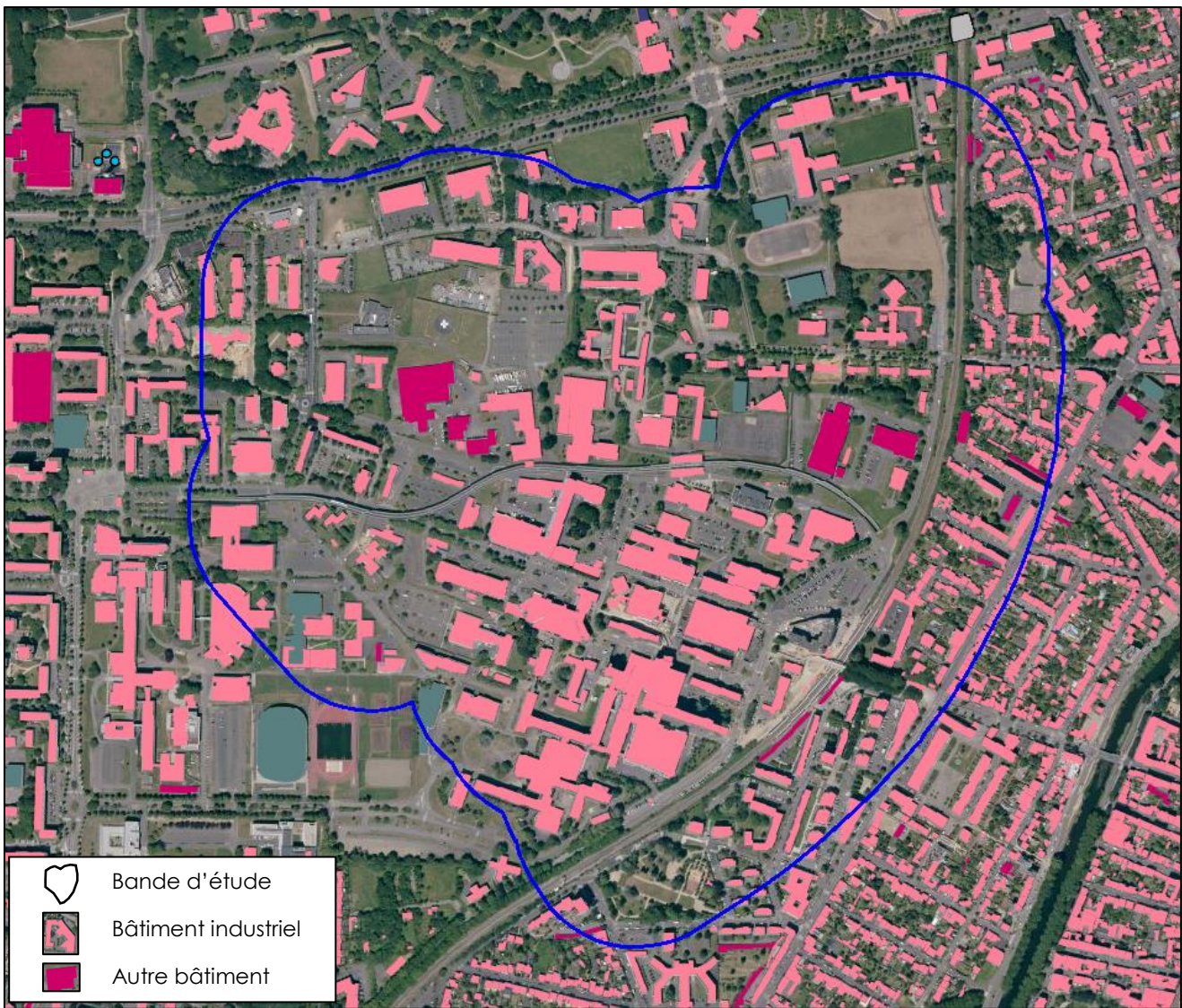


Figure 16 : Occupation du sol (source : Géoportail)

10.2 Identification des sites sensibles

Il a été recherché la présence de sites dits 'sensibles' à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude. Par lieux 'sensibles', on entend toutes les structures fréquentées par des personnes plus particulièrement sensibles aux effets de la pollution atmosphérique, à savoir :

- Les crèches ;
- Les écoles maternelles et élémentaires
- Les collèges ;
- Les stades et les centres sportifs en extérieur ;
- Les centres de soins ;
- Les résidences de personnes âgées.

Plusieurs sites sensibles ont été répertoriés dans la bande d'étude ou à proximité. Ils sont indiqués dans le tableau ci-après.

Type	N°	Nom	Adresse
Crèche	1	Crèche du CHU	Périmètre du CHU
Ecole maternelle et élémentaire	2	Ecole maternelle et élémentaire Joseph Lotte	1 rue Joseph Lotte
Ecole élémentaire	3	Ecole primaire Saint-Jean Bosco	4 rue Abbé Huet
Stade	4	Terrain de sports du lycée	15 avenue Charles Tillon
Stade	5	Terrain de sports du lycée	53 rue Antoine Joly
Stade	6	Stade Jesse Owens	Avenue du Pr. Léon Bernard
Résidence de personnes âgées	7	Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes	39 bd. de Verdun
Centre hospitalier	8	Village médical	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	9	Centre hépato-digestif	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	10	Centre cardio-pneumologique	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	11	Centre urgences réanimations	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	12	Bloc hôpital	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	13	Centre Eugène Marquis	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	14	BMT HC Jean Dausset	Hôpital Pontchaillou

Tableau 10 : liste des sites sensibles (source : Géoportail et CHU de Rennes)

La carte ci-après présente la localisation des sites sensibles listés dans le tableau.

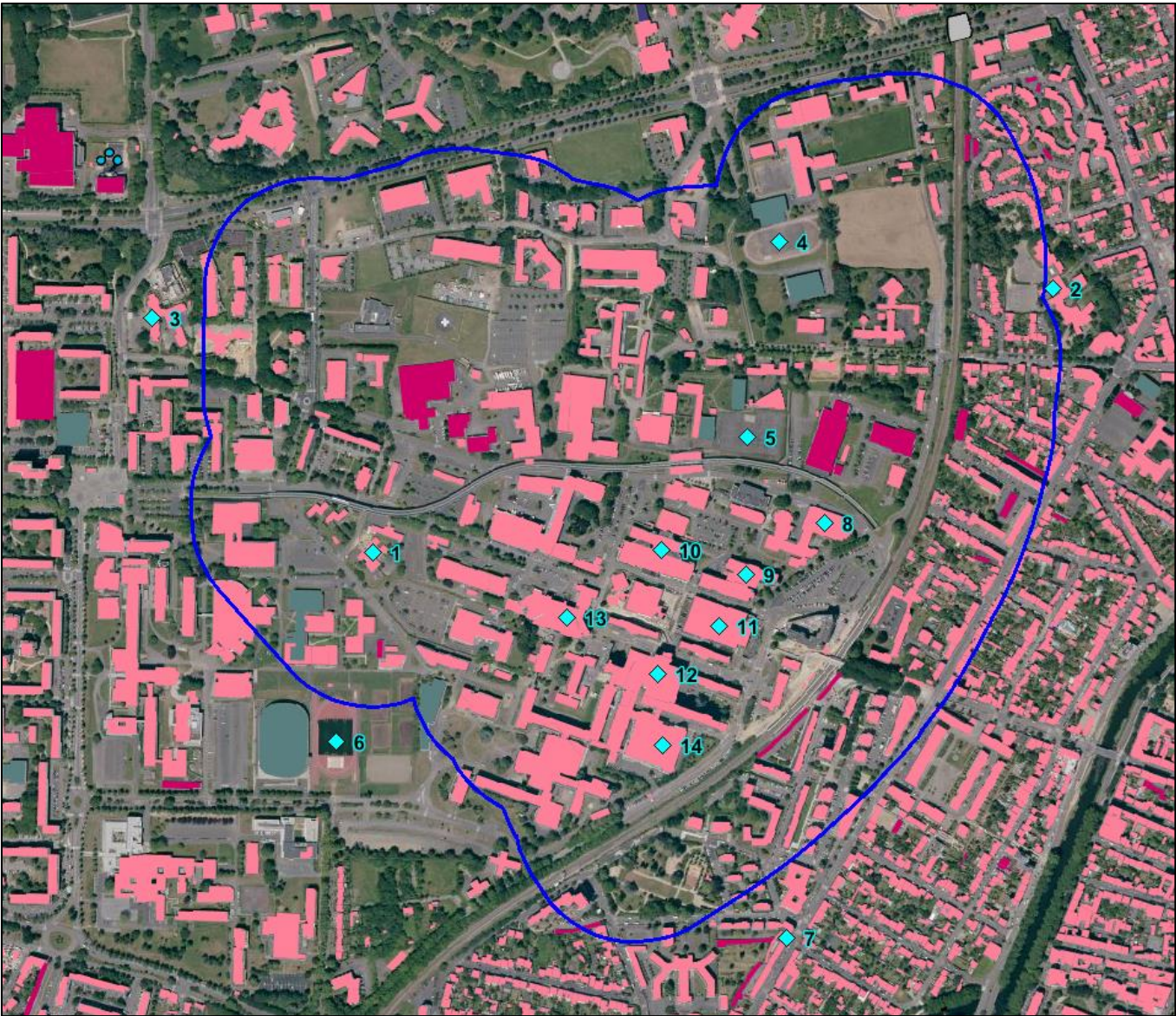


Figure 17 : Localisation des sites sensibles (source : Géoportail - IRIS conseil)

10.3 Analyse de la population - données INSEE

L'étude de la population permet de définir la sensibilité de celle-ci face à la pollution atmosphérique. Les données ci-dessous proviennent toutes de l'INSEE pour la commune de Rennes.

10.3.1 Evolution et structure de la population

Les recensements réalisés sur la période 1968-2015 montrent une augmentation de la population depuis plusieurs années, avec une variation moyenne de + 0,4 % par an.

	1968	1975	1982	1990	1999	2010	2015
Rennais	180 943	198 305	194 656	197 536	206 229	207 178	215 366

Tableau 11 : Evolution de la population (source : INSEE)

La figure suivante illustre l'évolution de la population rennaise.

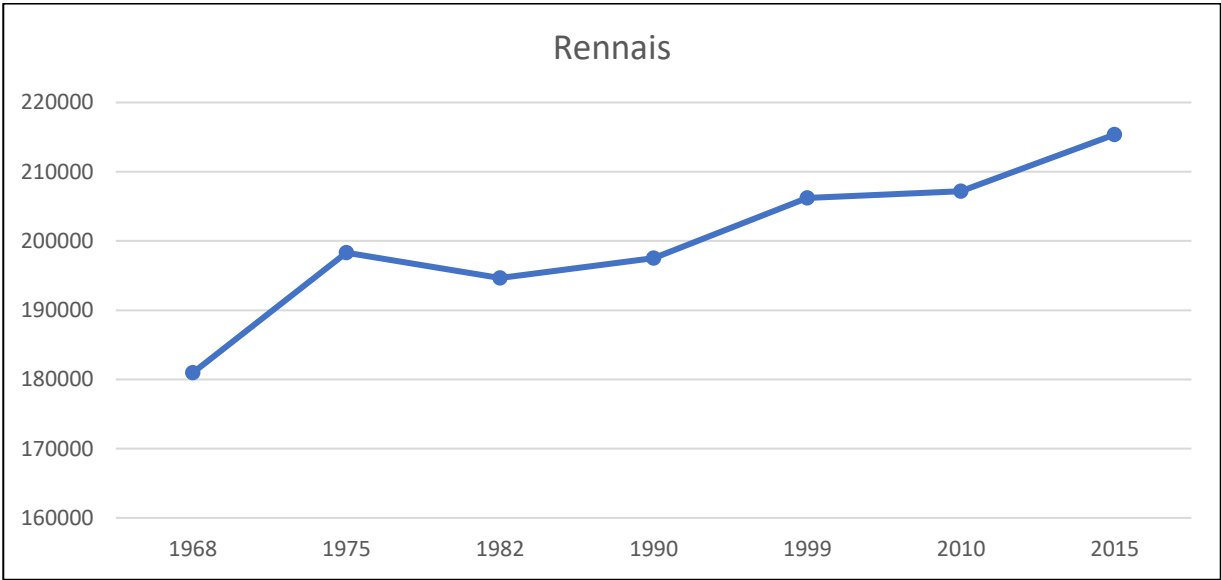


Figure 18 : Evolution de la population depuis 1968 (source : INSEE)

La figure ci-après présente la pyramide des âges de la population rennaise.

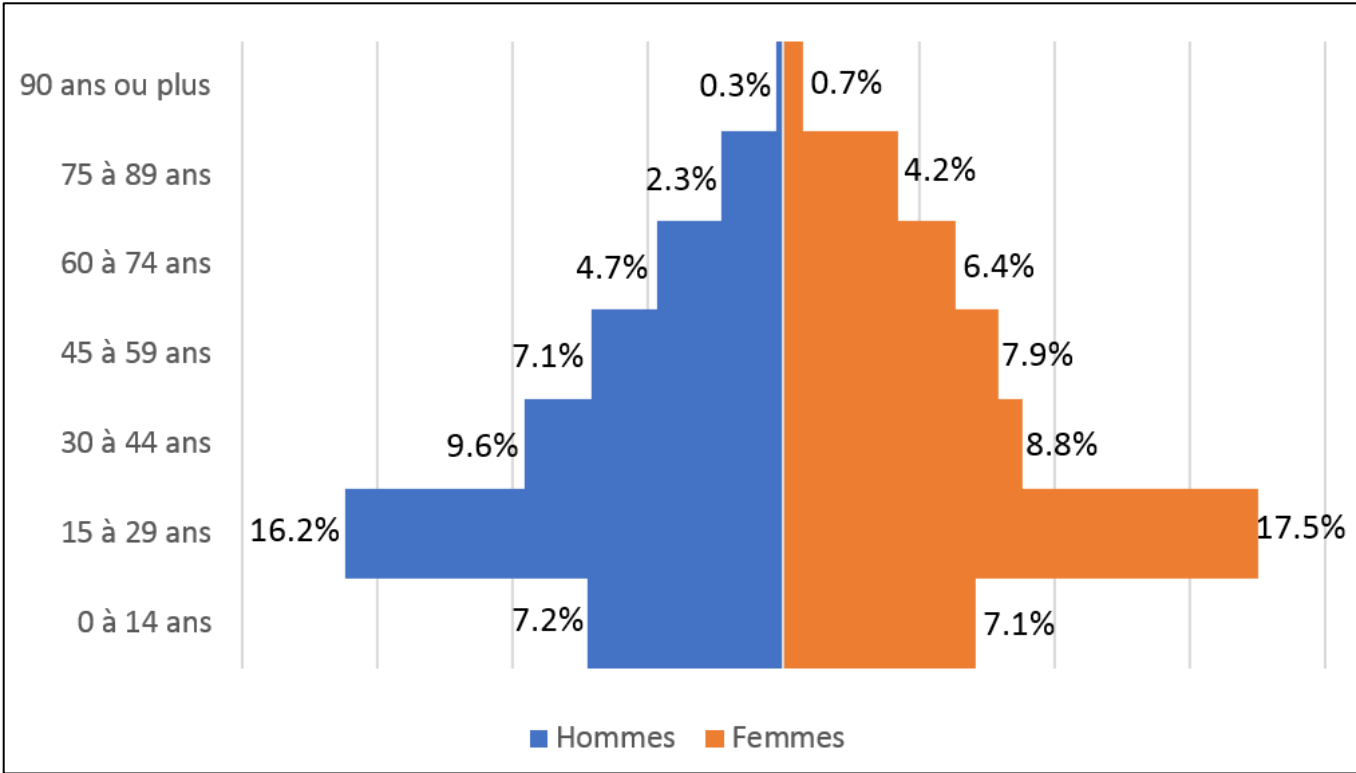


Figure 19 : Population par sexe et âge en 2015 (source : INSEE)

La tranche d'âge des « 15 à 29 ans » est la plus importante avec 33.7 % de la population.

Celle des « plus de 60 ans » représente 18.6 %, tandis que celle des « moins de 15 ans » constitue 14.3 %, soit un total de 32.9 % de personnes figurant parmi les tranches d'âge les plus sensibles à la pollution.

10.3.2 Emploi et population active

Le tableau et la figure ci-après indiquent la répartition de la population de 15 à 64 ans par type d'activité.

	Rennes 2015
Population 15-64 ans	153 980
Actifs	64.90%
Actifs en emploi	53.90%
Chômeurs	11.00%
Inactifs	35.10%
Elèves, étudiants et stagiaires non rémunérés	23.90%
Retraités ou préretraités	4.40%
Autres inactifs	6.70%

Tableau 12 : Population de 15 à 64 ans par type d'activité en 2015 (source : INSEE)

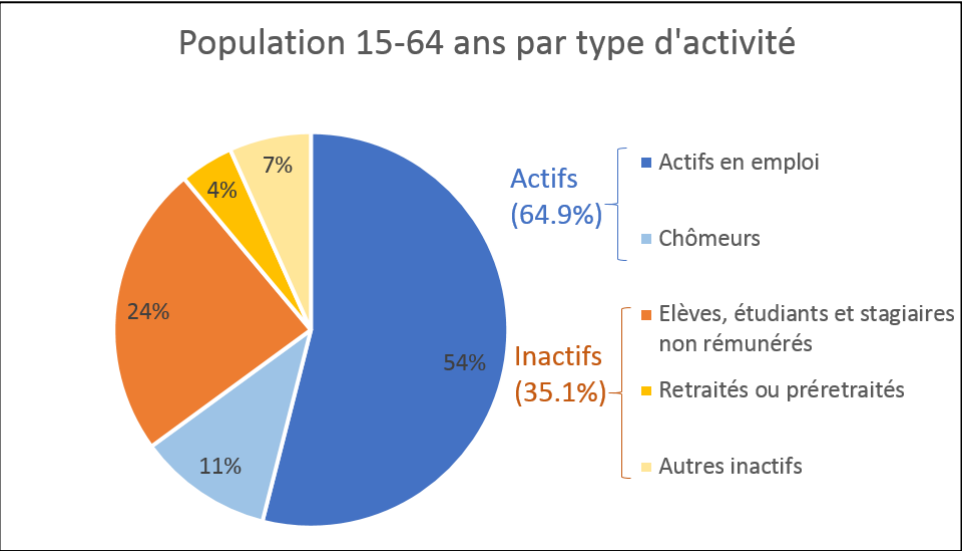


Figure 20 : Répartition de la population totale par type d'activité en 2015 (source : INSEE)

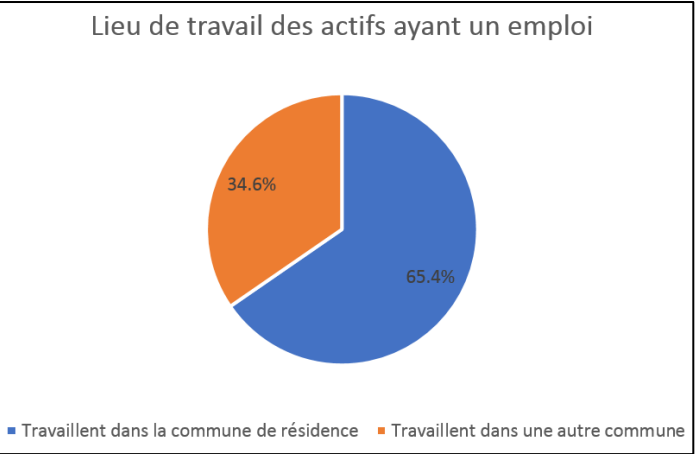


Figure 21 : Lieu de travail des actifs ayant un emploi en 2015 (source : INSEE)

10.3.3 Logements

Les logements de la zone sont majoritairement des résidences principales. L'ancienneté moyenne d'emménagement à Rennes est de 10 ans pour l'ensemble : propriétaires et locataires.

Le tableau et la figure qui vont suivre présentent les données relatives au logement à Rennes.

	Rennes 2015
Nombre de logements	122 764
Part des résidences principales	90.90%
Part des résidences secondaires	2.40%
Part des logements vacants	6.60%

Tableau 13 : Catégorie de logements en 2015 (source : INSEE)

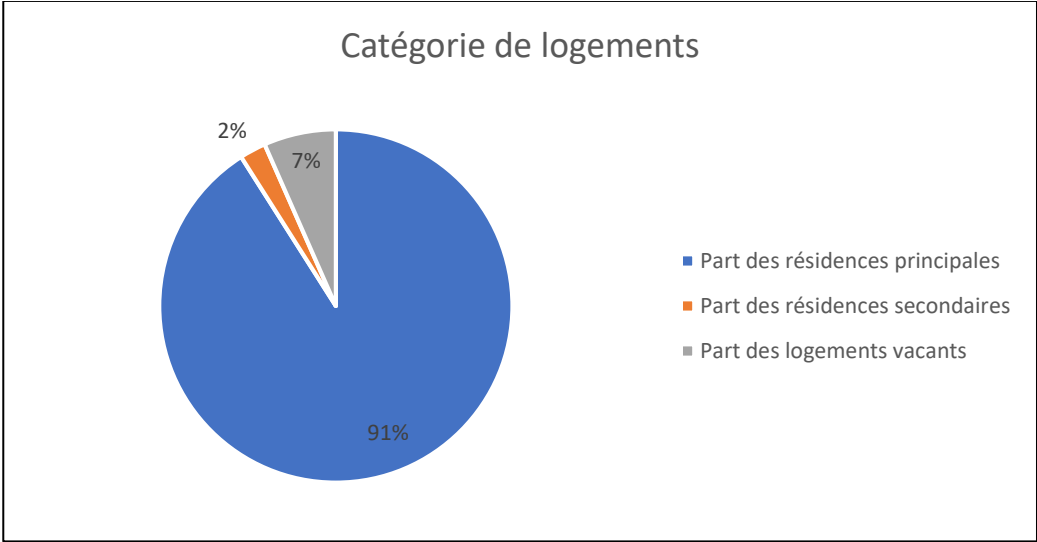


Figure 22 : Catégorie de logements en 2015 (source : INSEE)

10.3.4 Synthèse

LE DOMAINE D'ETUDE SE COMPOSE PRINCIPALEMENT DE BATIMENTS HOSPITALIERS, DE BATIMENTS D'ENSEIGNEMENT ET DE BATIMENTS D'HABITATION.

PLUSIEURS SITES SENSIBLES ONT ETE REPERTORIES DANS LA BANDE D'ETUDE (CRECHES, ECOLES, COLLEGE, TERRAINS DE SPORT EN EXTERIEUR, ETABLISSEMENTS HOSPITALIER ET RESIDENCE DE PERSONNES AGEES).

AU REGARD DES STATISTIQUES DE L'INSEE, RENNES COMPTE UN TIERS DE SA POPULATION PARMI LES TRANCHES D'AGE LES PLUS SENSIBLES A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ('MOINS DE 15 ANS' ET 'PLUS DE 60 ANS'). LES HABITANTS ONT EMMENAGE EN MOYENNE DEPUIS 10 ANS ET UNE PARTIE DES ACTIFS AYANT UN EMPLOI TRAVAILLENT SUR LEUR COMMUNE DE RESIDENCE, CE QUI LES EXPOSE A LA POLLUTION EMISE LOCALEMENT.

11. CAMPAGNE DE MESURES IN SITU

Pour compléter le diagnostic bibliographique de la qualité de l'air, une campagne de mesure par tubes passifs a été réalisée du 12 au 27 février 2019.

Les mesures ont été réalisées en 5 sites réparties sur le périmètre du CHU de Rennes. Les polluants mesurés sont le dioxyde d'azote (NO₂), le benzène et les particules PM10.

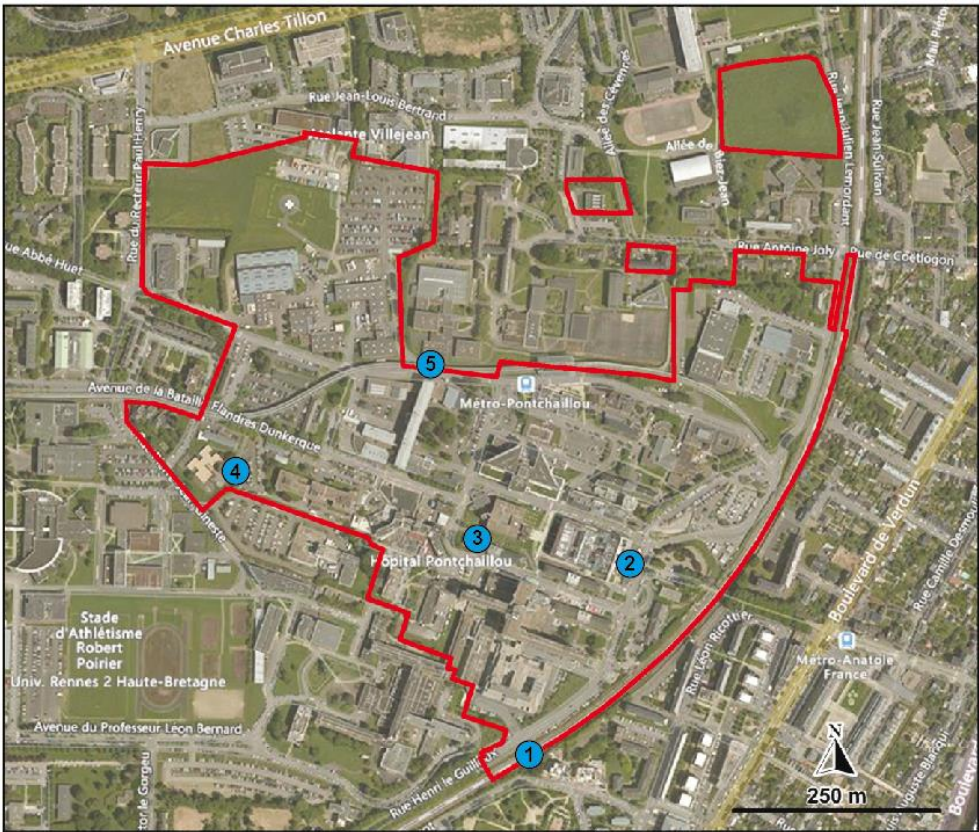


Figure 23 : Dispositif de la campagne de mesures de la qualité de l'air (source : IRIS conseil)

Ces polluants s'avèrent être de très bons indicateurs de la pollution automobile. Les relevés de concentrations sont réalisés 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.

11.1 Matériels et méthodes

11.1.1 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.

11.1.2 Tubes passifs à benzène

Ce sont des tubes de verre ouverts aux extrémités, contenant du tétrachloroéthylène, absorbant efficace du benzène. Après exposition, le benzène est extrait au sulfure de carbone et dosés par chromatographie en phase gazeuse. Cette méthode fournit des estimations moyennes des concentrations, avec une erreur relative de 32% en moyenne pour des niveaux entre 1 et 5 µg/m³ et une limite de détection de 0,4 µg/m³ pour une exposition de 14 jours.

11.1.3 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.

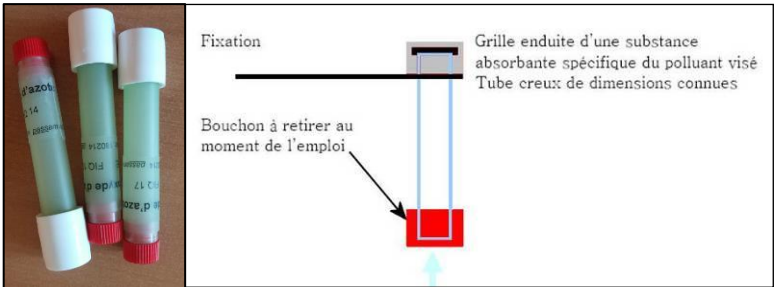


Figure 24 : tubes passifs à dioxyde d'azote (NO₂)



Figure 25 : tubes passifs à benzène

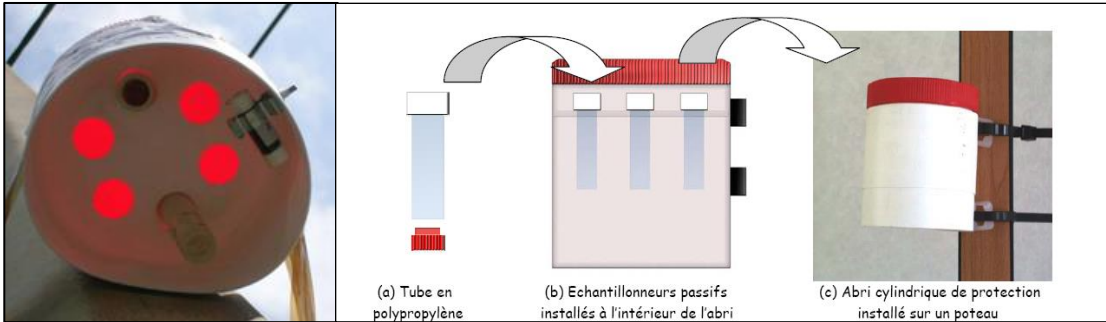


Figure 26 : disposition des tubes passifs dans le boîtier anti-intempérie

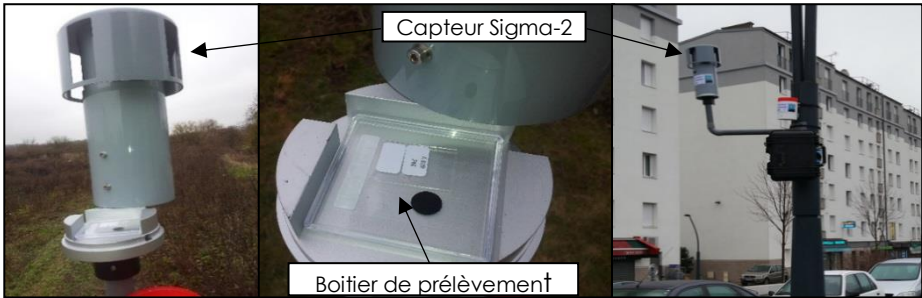


Figure 27 : capteur Sigma-2 pour la mesure des PM10

11.2 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques observées durant la campagne de mesures ont été relevées sur la station Météo France de Rennes Saint-Jacques :

Date	Hauteur de précipitation (mm)	Température moyenne (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Direction du vent (°N)
12/02/2019	0.0	5.4	1.1	130
13/02/2019	0.0	5.1	2.3	140
14/02/2019	0.0	6.4	2.9	130
15/02/2019	0.0	7.9	2.1	120
16/02/2019	0.0	6.3	1.7	180
17/02/2019	0.0	8.9	3.1	210
18/02/2019	1.2	6.7	1.3	140
19/02/2019	0.0	4.7	1.2	170
20/02/2019	0.0	6.6	1.9	210
21/02/2019	0.0	6.9	1.9	100
22/02/2019	0.0	8.7	2.3	110
23/02/2019	0.0	10.8	2.2	110
24/02/2019	0.0	8.8	1.5	90
25/02/2019	0.0	8.3	1.3	80
26/02/2019	0.0	8.5	1.3	90
27/02/2019	0.0	10.3	1.8	120
Moyenne	0.1	7.5	1.9	-

Tableau 14 : Concentrations de benzène observées sur le site (source : IRIS conseil)

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

En effet, les statistiques entre 1980 et 2010 sur la station de rennes Saint-Jacques témoigne d'une température plus fraîche, 6,1°C, et de pluie plus abondante, environ 2 mm/jour.

11.3 Résultats des mesures de dioxyde d'azote (NO₂)

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/m³)		
		Tube 1	Tube 2	Moyenne des 2 tubes
1	353,8	39,2	39,2	39,2
2	355,3	44,0	42,9	43,5
3	355,5	36,8	36,8	36,8
4	355,2	34,6	33,0	33,8
5	354,7	41,3	43,5	42,4

Tableau 15 : Concentrations de dioxyde d'azote observées sur le site (source : IRIS conseil)

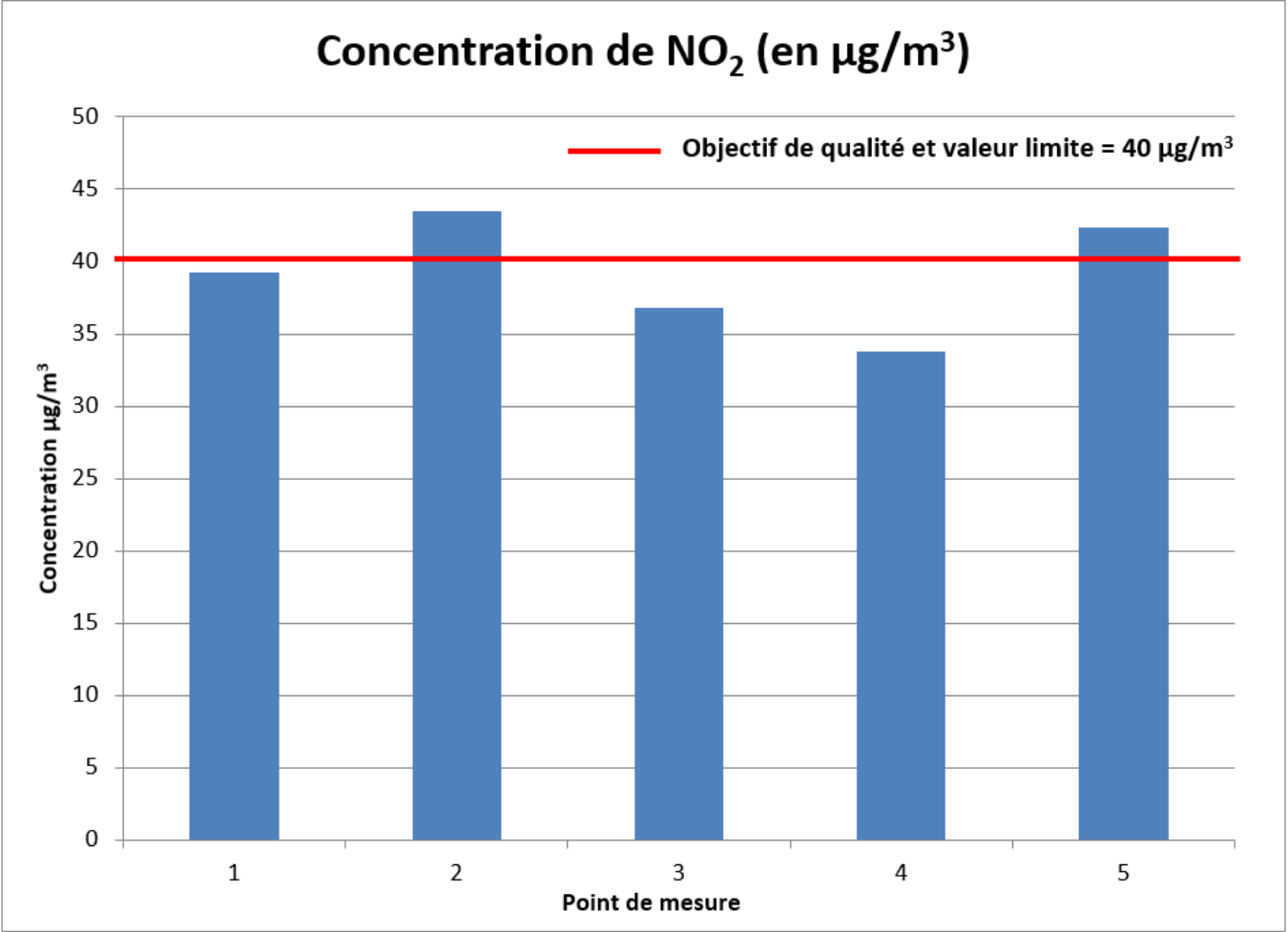


Figure 28 : Concentrations de dioxyde d'azote observées sur le site (source : IRIS conseil)

LES CONCENTRATIONS DE NO₂ SONT PROCHES DE LA VALEUR LIMITE DE 40 µG/M³. LES POINTS DE MESURES A PROXIMITE IMMEDIATE D'AXE ROUTIER SONT CEUX QUI ENREGISTRENT LES PLUS FORTES TENEURS ET DEPASSENT LA VALEUR LIMITE. IL S'AGIT DES SITES N° 2 ET 5. PLUS LE POINT DE MESURE EST ELOIGNE DES AXES ROUTIERS, PLUS LA CONCENTRATION DE NO₂ EST FAIBLE.

11.4 Résultats des mesures de benzène

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

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en µg/m³)
1	353,8	1,0
2	355,3	1,2
3	355,5	1,0
4	355,2	1,1
5	354,7	1,2

Tableau 16 : Concentrations de benzène observées sur le site (source : IRIS conseil)

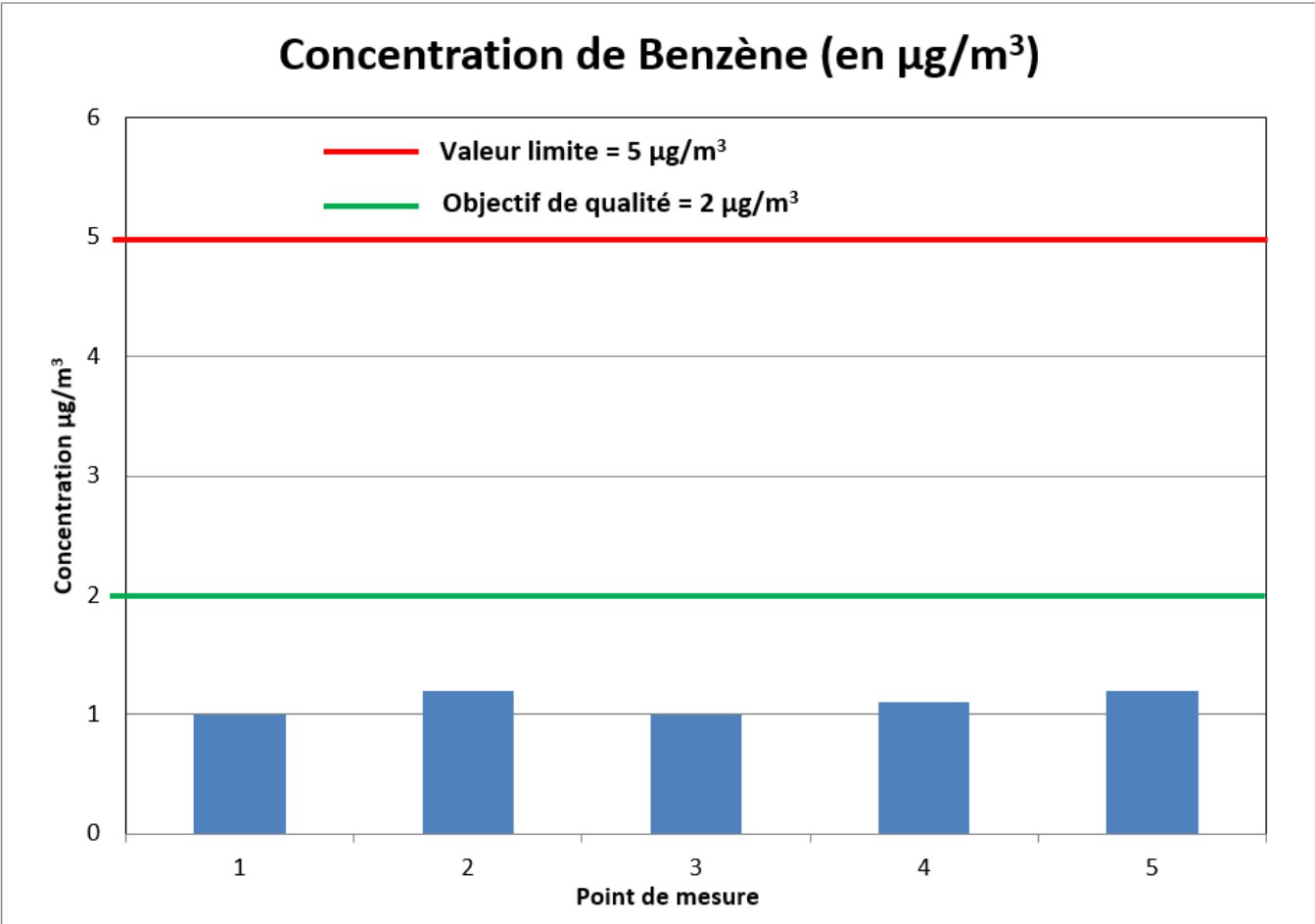


Figure 29 : Concentrations de benzène observées sur le site (source : IRIS conseil)

LES CONCENTRATIONS DE BENZENE SONT TOUTES INFÉRIEURES À L’OBJECTIF DE QUALITÉ ET À LA VALEUR LIMITE.
LE BENZENE NE POSE PLUS DE PROBLÈME. EN EFFET, MÊME AUX ABORDS DES AXES ROUTIERS LES PLUS EMPRUNTÉS (EX : BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE PARISIEN AVEC 300 000 VEH/J) AUCUN DÉPASSEMENT DE L’OBJECTIF DE QUALITÉ N’EST OBSERVÉ.

11.5 Résultats des mesures de PM10

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

N° du site	Durée d'échantillonnage (en h)	Concentration (en µg/m³)
1	353,8	41,9
2	355,3	46,5
3	355,5	40,6
4	355,2	41,6
5	354,7	49,4

Tableau 17 : Concentrations des PM10 observées sur le site (source : IRIS conseil)

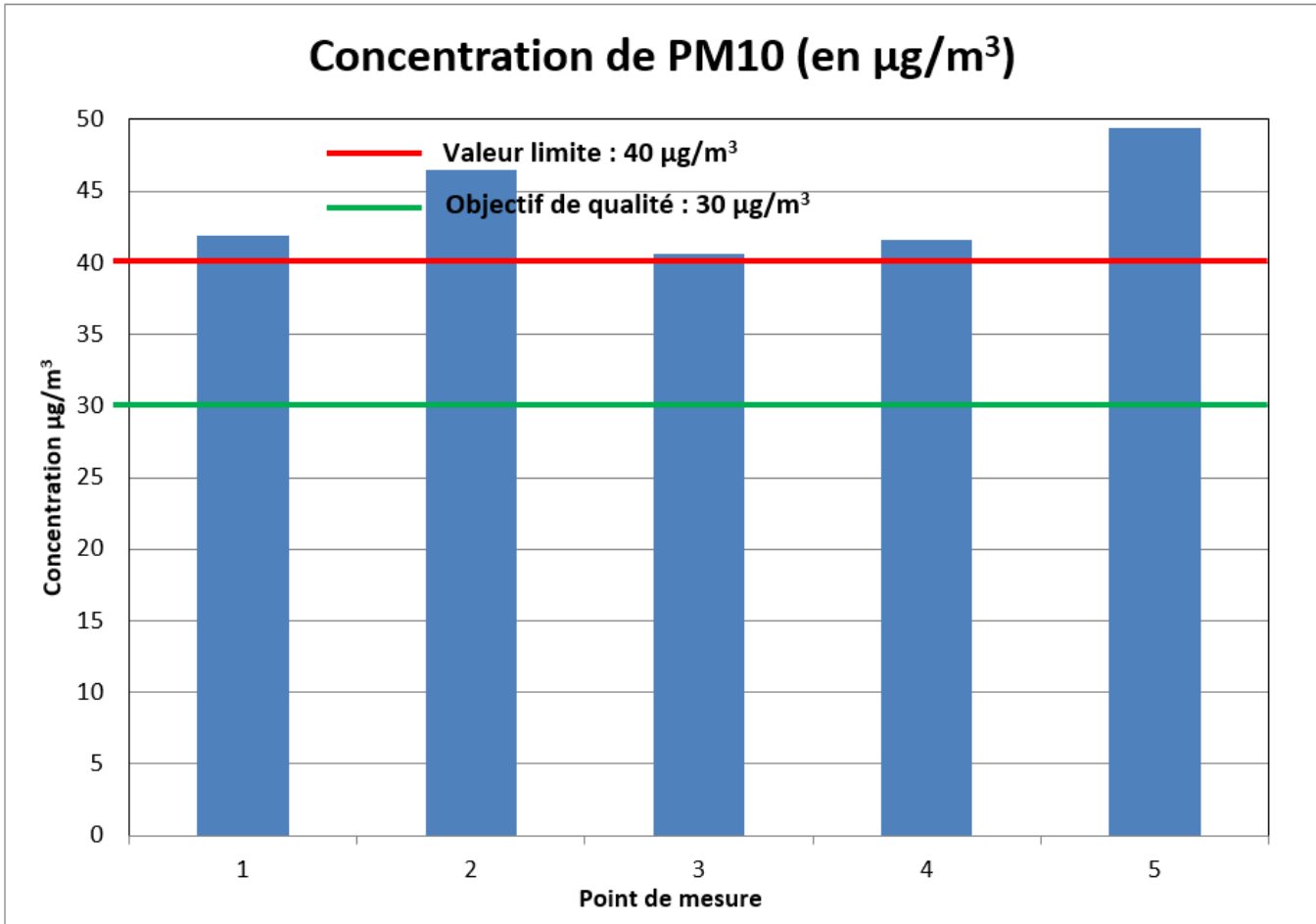


Figure 30 : Concentrations des PM10 observées sur le site (source : IRIS conseil)

TOUTES LES CONCENTRATIONS ENREGISTRÉES SONT SUPÉRIEURES À L’OBJECTIF DE QUALITÉ DE 30 µG/M³ ET AUSSI SUPÉRIEURES À LA VALEUR LIMITE DE 40 µG/M³.
LES SITES 2 ET 5 SONT CEUX DONT LES CONCENTRATIONS SONT LES PLUS ÉLEVÉES CAR SITUÉS À PROXIMITÉ D’AXES ROUTIERS.
NB : sur la période de mesures (12 au 27 février 2019), un épisode de pollution aux particules a été constaté les 26 et 27 février 2019. Le chapitre suivant présente les concentrations mesurées par Air Breizh sur la période de notre campagne de mesure.

Une carte de synthèse des résultats des mesures est proposée ci-après.

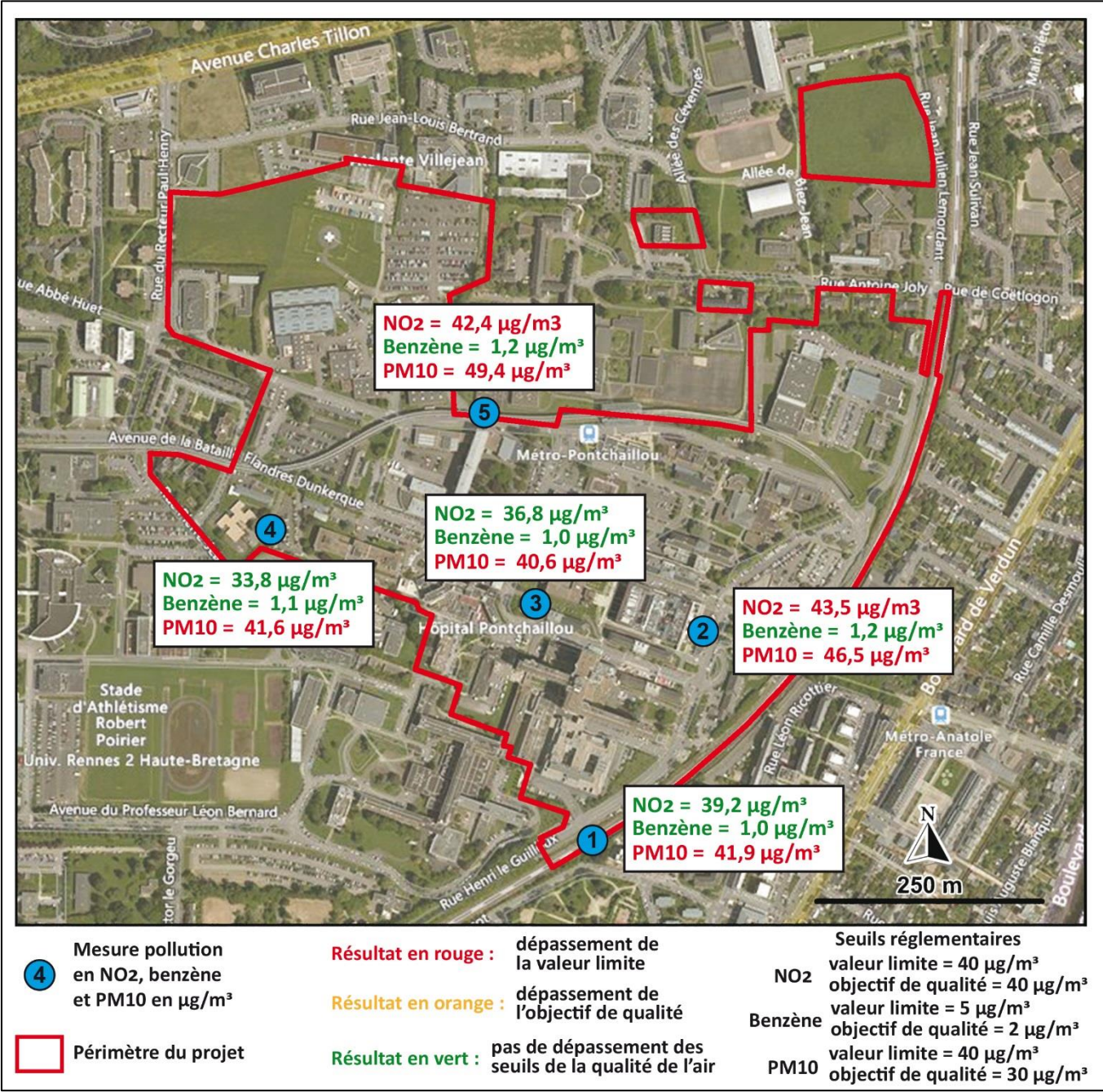


Figure 31 : Résultats des concentrations relevées sur site (source : IRIS conseil)

11.6 Episode de pollution aux particules

Air Breizh a alerté sur un épisode de pollution aux particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) intervenu les 26 et 27 février. Cet épisode s'explique par la persistance des conditions météorologiques anticycloniques avec des vents faibles qui ont favorisé l'accumulation des polluants particulaires.

Les sources à l'origine de l'épisode de pollution particulaire étaient multiples : trafic routier, chauffage résidentiel et agriculture (émissions d'ammoniac) ...

Les graphiques suivants présentent les résultats des concentrations journalières de NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5} relevées par Air Breizh durant notre campagne de mesure du 12 au 27 février 2019.

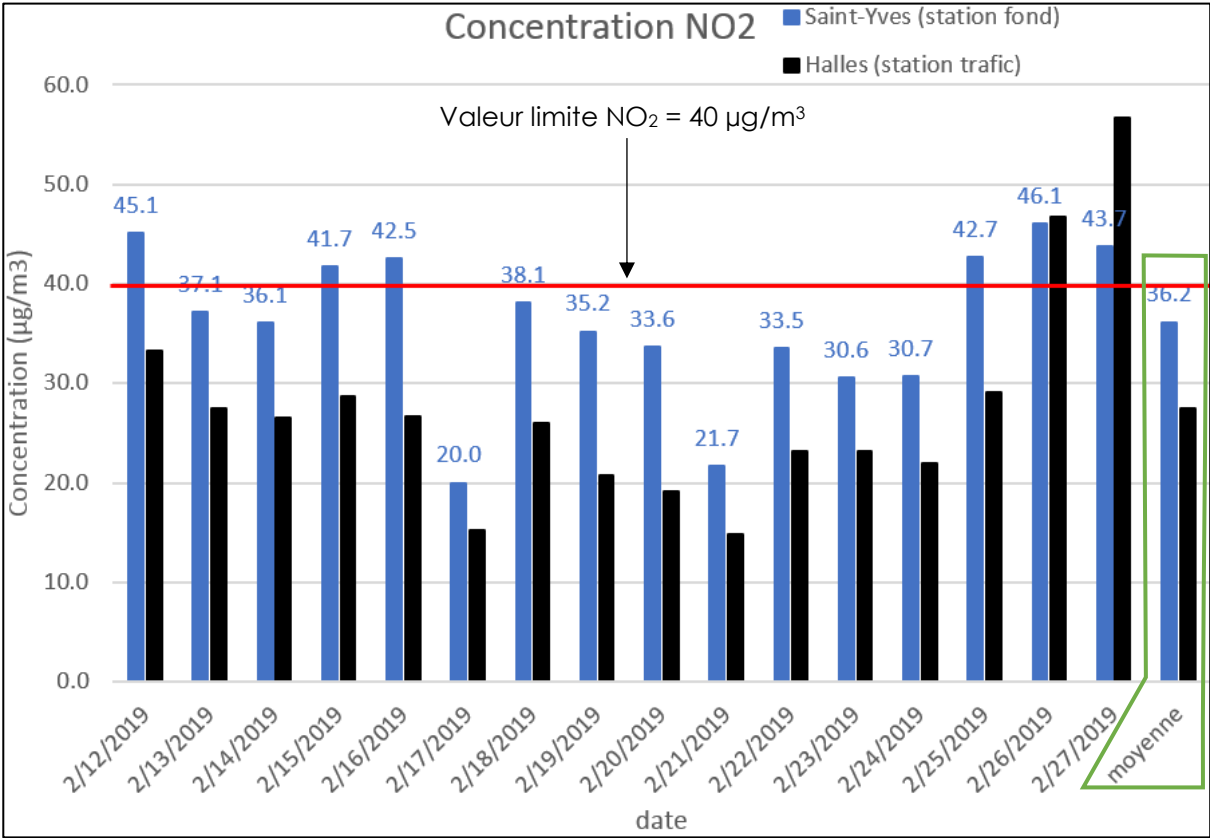


Figure 32 : Concentrations journalières de NO₂ relevées par Air Breizh (source : Air Breizh)

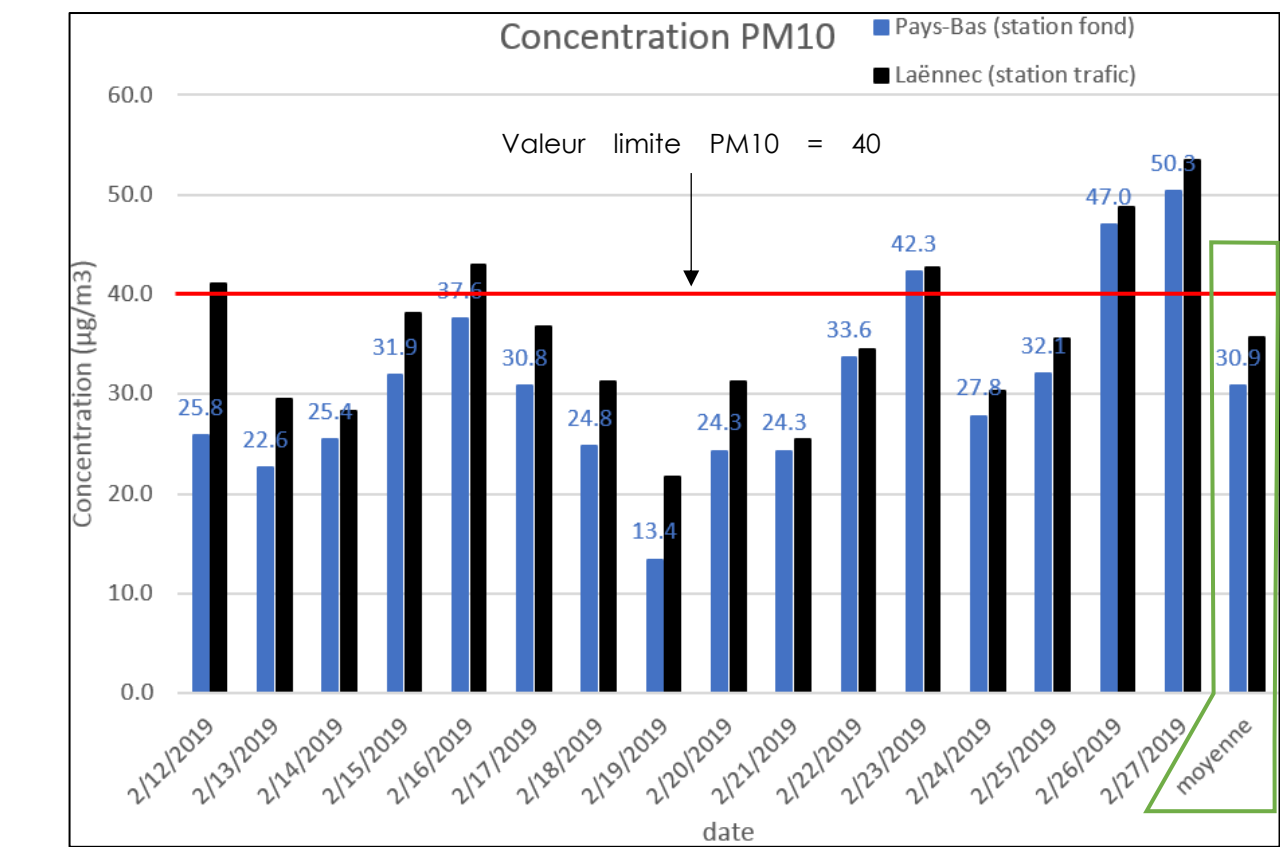


Figure 33 : Concentrations journalières de PM10 relevées par Air Breizh (source : Air Breizh)

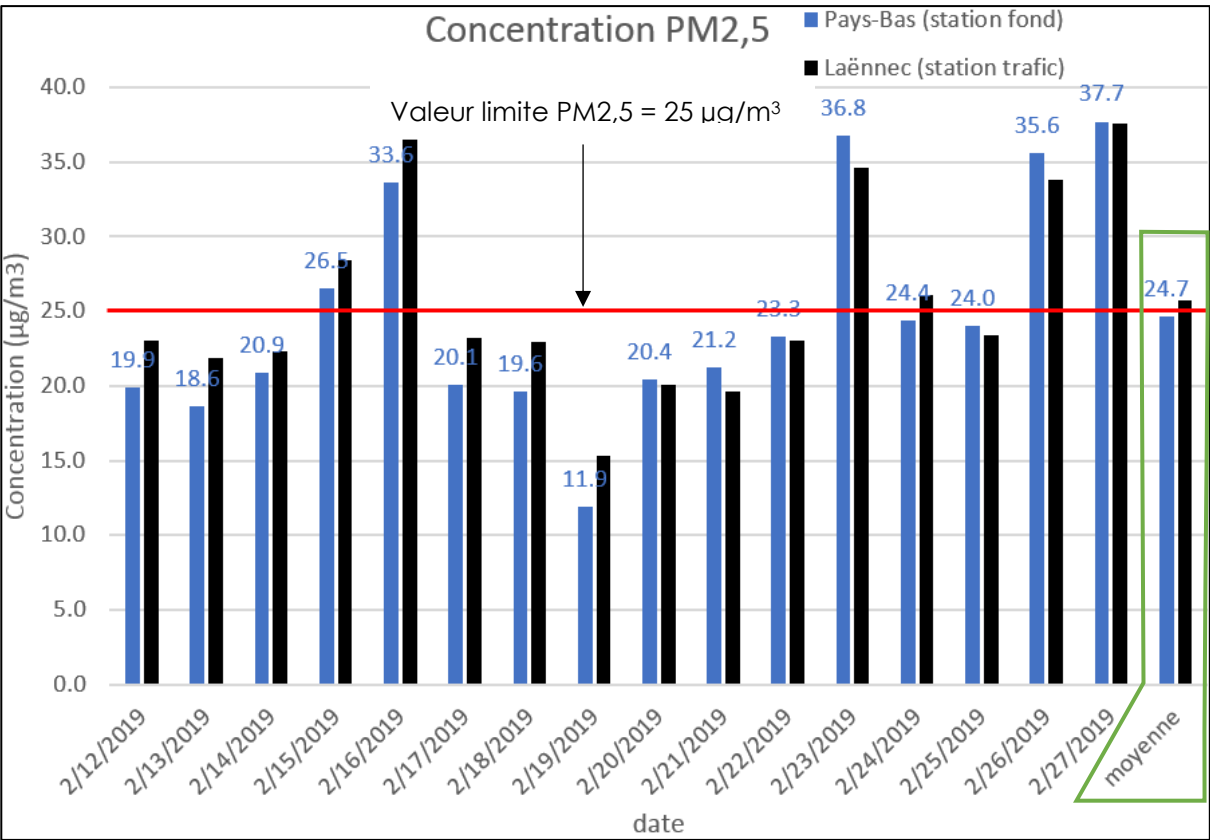


Figure 34 : Concentrations journalières de PM2,5 relevées par Air Breizh (source : Air Breizh)

Ces graphiques montrent des concentrations élevées plusieurs jours durant la quinzaine de la campagne de mesures.

Nous observons plusieurs dépassements de la valeur limite pour les trois polluants.

Deux facteurs expliquent ces fortes concentrations : des émissions locales importantes, en provenance du trafic routier auquel s'est ajouté le chauffage (principalement la combustion du bois), et des conditions météorologiques peu dispersives (vents très faibles, inversion de température et faible hauteur de mélange).

Le tableau suivant présente les concentrations de la quinzaine et ceux des années précédentes.

	Concentration moyenne 12-27 février 2019			Concentration moyenne annuelle 2013			Concentration moyenne annuelle 2014		
	NO2	PM10	PM2,5	NO2	PM10	PM2,5	NO2	PM10	PM2,5
Station fond	36.2	30.9	24.7	21	-	12	18	-	11
Station trafic	27.5	35.7	25.7	42	20	10	41	24	12

Concentration moyenne	Concentration moyenne	Concentration moyenne
-----------------------	-----------------------	-----------------------

	annuelle 2015			annuelle 2016			annuelle 2017		
	NO2	PM10	PM2,5	NO2	PM10	PM2,5	NO2	PM10	PM2,5
Station fond	19	-	11	19	-	11	17	-	9
Station trafic	37	23	-	37	21	-	35	19	-

Tableau 18 : Concentrations relevées par Air Breizh (source : Air Breizh)

D’APRES LES CONCENTRATIONS RELEVÉES CES DERNIÈRES ANNÉES, NOUS REMARQUONS QUE LES CONCENTRATIONS MESURÉES SUR LA QUINZAINE 12 AU 27 FEVRIER SONT LARGEMENT SUPÉRIEURES. LES RESULTATS DU MOIS DE FEVRIER INDIQUENT QUE NOUS SOMMES EN PRÉSENCE D’UN ÉPISODE PARTICULIER DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE.

LA CAMPAGNE DE MESURES RÉALISÉE PAR IRIS CONSEIL A DONC ENREGISTRÉE LES CONCENTRATIONS IMPORTANTES DE CET ÉPISODE DE POLLUTION.

12. MODÉLISATIONS DES IMPACTS DE LA POLLUTION DE L'AIR

12.1 Domaine d'étude

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

12.2 Réseau routier

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

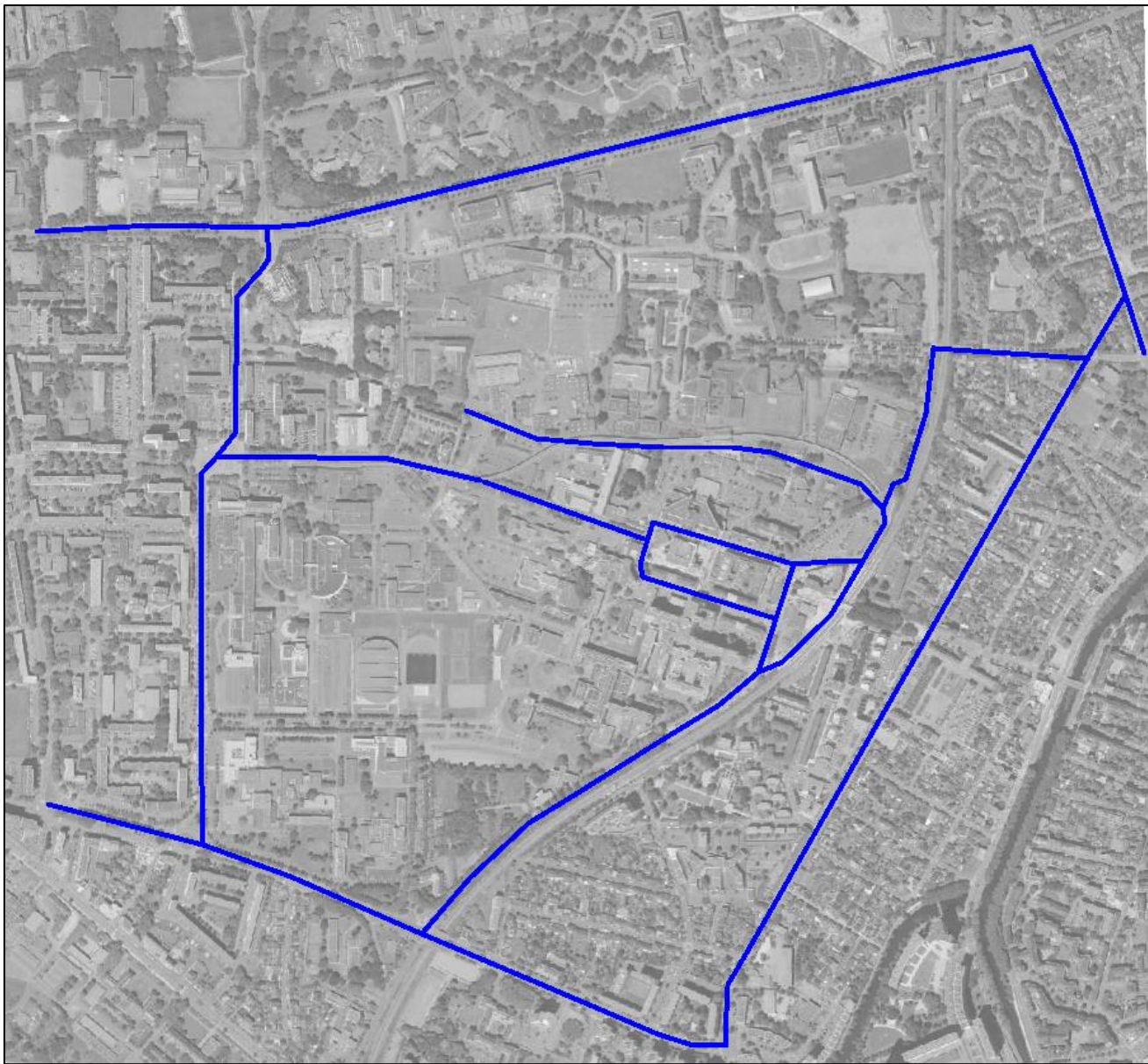


Figure 35 : domaine d'étude et réseau routier modélisé – source IRIS conseil

12.3 Relief

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

L'altimétrie du site varie entre 20 et 65 m NGF.

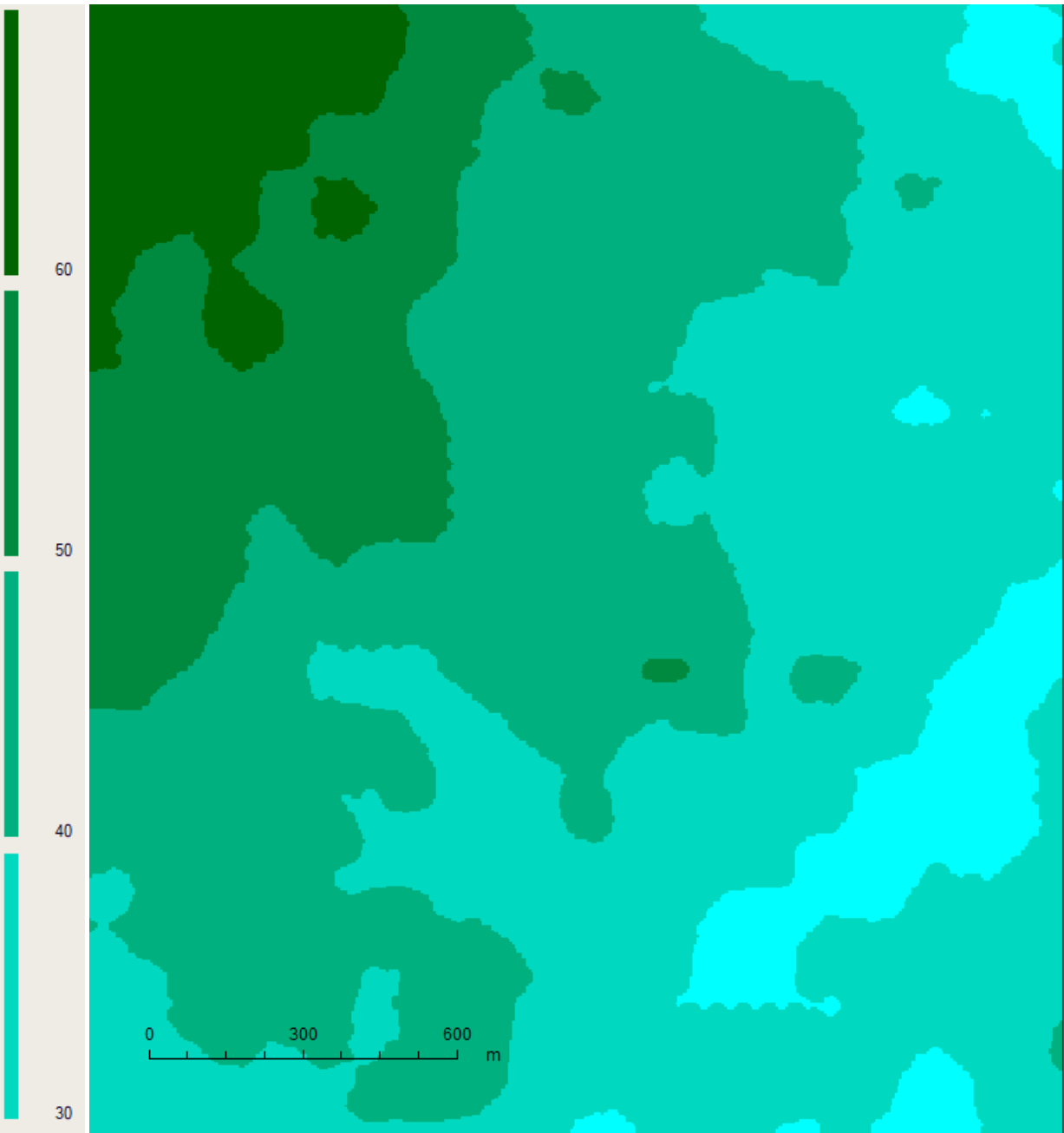


Figure 36 : relief du domaine d'étude – source IRIS conseil

12.4 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.

12.4.1 Données météorologiques 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 Rennes-St-Jacques (35). Ci-dessous, la rose des vents sur la période 1991 à 2010 est donnée.

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

La vitesse des vents est plutôt faible à moyen.

D'après l'analyse de la fiche climatologique de la station de Rennes-ST-Jacques pour la période 1991 à 2010, les informations climatologiques sont les suivantes :

- ♦ La température moyenne est 12,1°C.
- ♦ Le nombre de jours pluvieux en moyenne sur une année est 114,4 jours, ce qui représente 31.34 % de jours pluvieux sur une année.

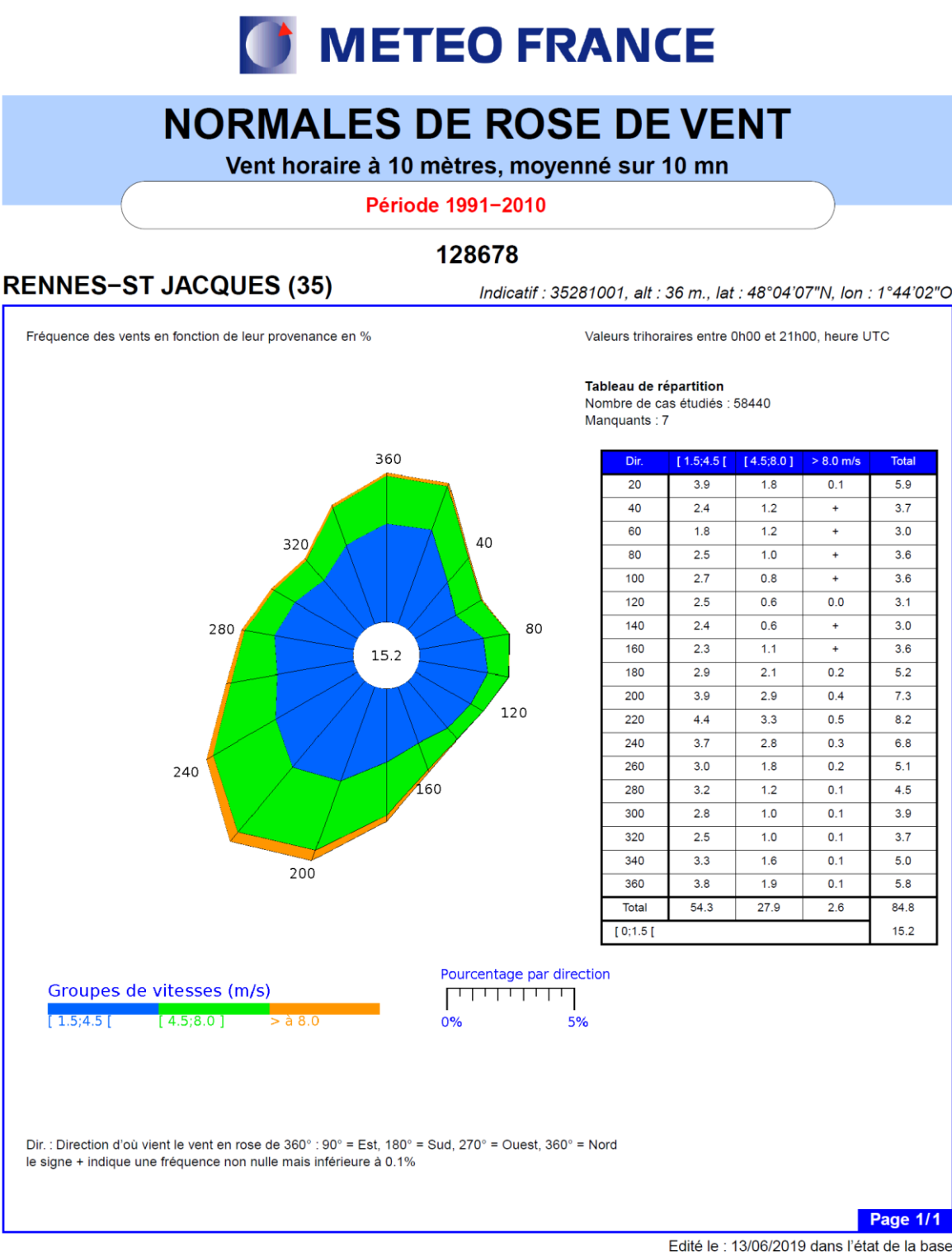


Figure 37 : Rose des vents de la station de Rennes-ST-Jacques – source Météo France

12.5 Détermination du trafic

Dans le cadre de cette étude air et santé, trois situations sont étudiées :

Situation actuelle en 2019 ;

Situation future AVEC le projet d'aménagement en 2029.

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
	VL	PL	TV	
Situation actuelle	83 945	3 244	86 840	
Situation future avec projet	94 965	3 609	98 573	13.51%

Tableau 19 – Nombre de km.véh par jour – source IRIS conseil

D'après le tableau, nous observons une augmentation de 13,51 % du nombre de véhicules.km par jour entre la situation future avec projet l'actuelle

12.6 Répartition du parc automobile

Pour les calculs d'émissions, il est nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile sur chacun des brins. 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 2029 prise en compte dans les calculs est issue d'une recherche IFSTTAR. Dans ce document, l'évolution du parc automobile français est présentée pour les années 2010 à 2030.

12.7 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.

12.8 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.

12.8.1 Méthodologie

La circulaire de février 2005 prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC 4. 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 INRETS pour le parc roulant (motorisation essence ou diesel, cylindré, renouvellement du parc roulant en fonction des avancées technologiques) et des facteurs d'émissions COPERT 4 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 deux scénarios suivants :

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

L'étude est de niveau 1 donc, conformément à la note méthodologique, **les polluants étudiés** sont :

- L'acroléine (C₃H₄O),
- Les oxydes d'azote (NO_x),
- Le dioxyde de soufre (SO₂),
- Le benzène (C₆H₆),
- Les particules PM10 (particules en suspension avec diamètre inférieur à 10 micromètres),
- Le chrome (Cr),
- Le formaldéhyde (CH₂O),
- Le 1,3-butadiène (C₄H₆),
- L'acétaldéhyde (C₂H₄O),
- Le nickel (Ni),
- Le cadmium (Cd),
- Le benzo(a)pyrène (BaP),
- L'arsenic (As),
- Le plomb (Pb),
- Le mercure (Hg),

- Le baryum (Ba).

12.8.2 Bilans des émissions sur le domaine d'étude

Le bilan des émissions de polluants sur la bande d'étude sont présentés dans les tableaux suivants, pour les deux scénarios étudiés.

RESULTATS DES EMISSIONS	ACTUEL	AVEC PROJET	IMPACT DU PROJET
NO _x (kg/j)	38,64	20,22	-47,68%
SO ₂ (kg/j)	0,37	0,39	4,17%
PM10 (kg/j)	3,05	2,84	-6,93%
PM2.5 (kg/j)	2,07	1,71	-17,26%
Plomb (g/j)	0,01	0,01	5,08%
Cadmium (g/j)	0,00	0,00	4,58%
Chrome (g/j)	0,03	0,03	13,32%
Nickel (g/j)	0,01	0,01	3,26%
Baryum (g/j)	0,08	0,09	12,88%
Arsenic (g/j)	0,00	0,00	5,25%
Mercure (g/j)	0,04	0,04	7,46%
Formaldéhyde (kg/j)	0,08	0,02	-73,52%
Acétaldéhyde (kg/j)	0,04	0,01	-73,35%
Acroléine (kg/j)	0,02	0,00	-74,41%
Benzène (kg/j)	0,09	0,02	-76,75%
1,3-Butadiène (kg/j)	0,02	0,01	-70,15%
Benzo(a)pyrène (g/j)	0,10	0,07	-25,13%

Tableau 20 : Résultats des émissions sur la bande d'étude et l'impact du projet

D'APRES LES RESULTATS, NOUS OBSERVONS :

UNE DIMINUTION DES EMISSIONS POLLUANTES EN SITUATION AVEC PROJET PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE, MALGRE UNE AUGMENTATION DE TRAFIC DE 13,56%. CES DIMINUTIONS SONT DUES A L'AMELIORATION DU PARC AUTOMOBILE D'ICI 2029.

12.8.3 Analyse des émissions polluantes à l'échelle du domaine d'étude

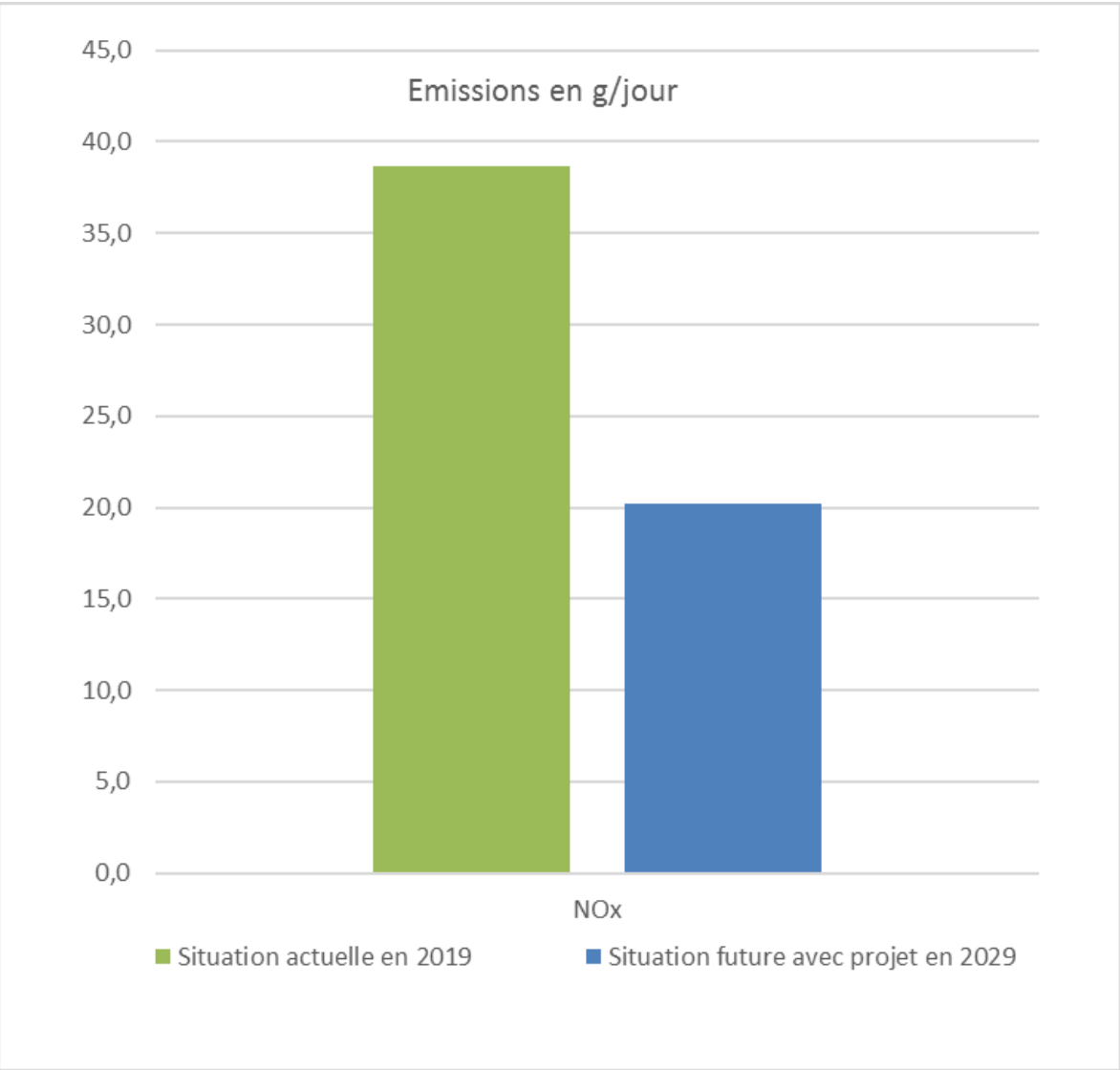


Figure 38 : Graphique des émissions des oxydes d'azote NO_x (source : IRIS conseil).

Pour les oxydes d'azote NO_x, les émissions seront en diminution en situation avec projet par rapport à la situation actuelle, malgré une augmentation de trafic de 13,56%. Ces diminutions sont dues à l'amélioration du parc automobile d'ici 2029.

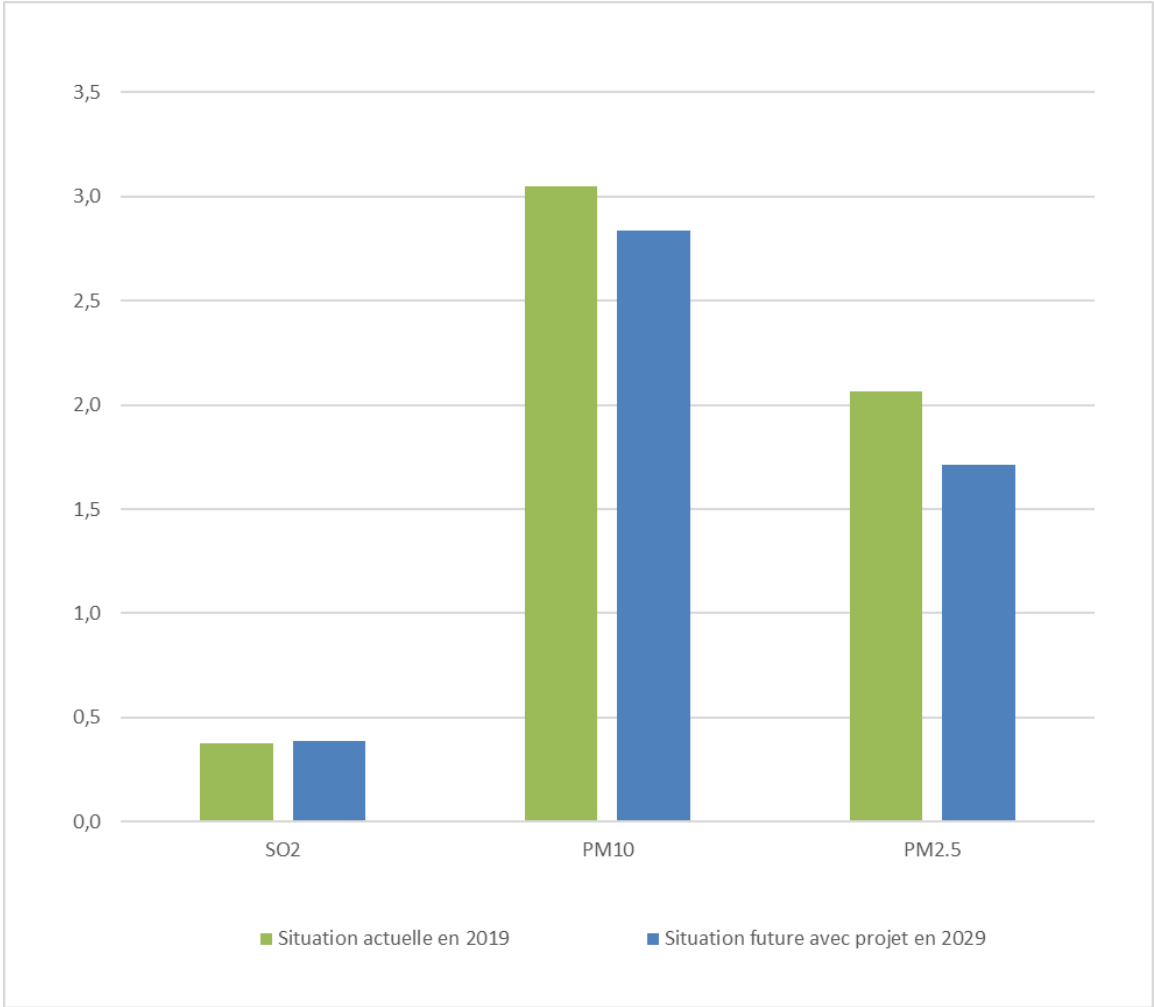


Figure 39 : Graphique des émissions du SO₂ et des particules (source : IRIS conseil).

Pour le dioxyde de soufre SO₂: nous observons une légère augmentation des émissions en situation future avec le projet par rapport à la situation actuelle. Ce polluant est présent dans le gasoil. Leurs émissions sont proportionnelles au trafic automobile qui est en augmentation entre ces deux situations.

Pour les particules PM10 et PM2,5, nous observons une diminution des émissions en situation avec projet par rapport à la situation actuelle malgré une augmentation de trafic de l'ordre de 13,56%. Ceci est lié à l'amélioration du parc automobile en situation future.

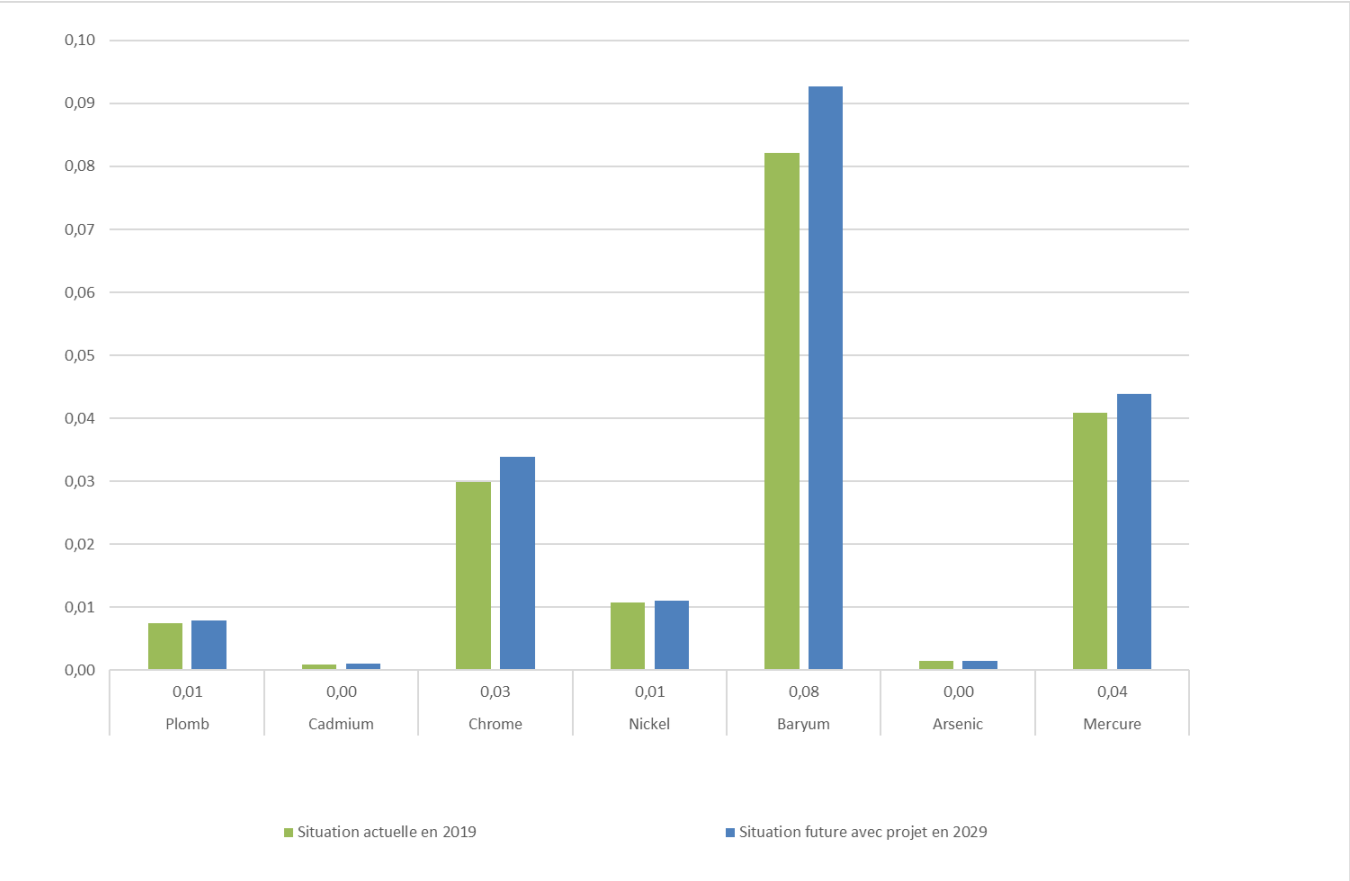


Figure 40 : Graphique des émissions des métaux lourds (source : IRIS conseil).

Pour le plomb, le nickel Ni, chrome Cr, arsenic As, baryum Ba, mercure Hg et le cadmium Cd, nous observons des augmentations de leurs émissions en situation future avec projet par rapport à la situation actuelle. Ces polluants sont présents dans les freins et pneus. Leurs émissions sont proportionnelles au trafic automobile qui est en augmentation entre ces deux situations.

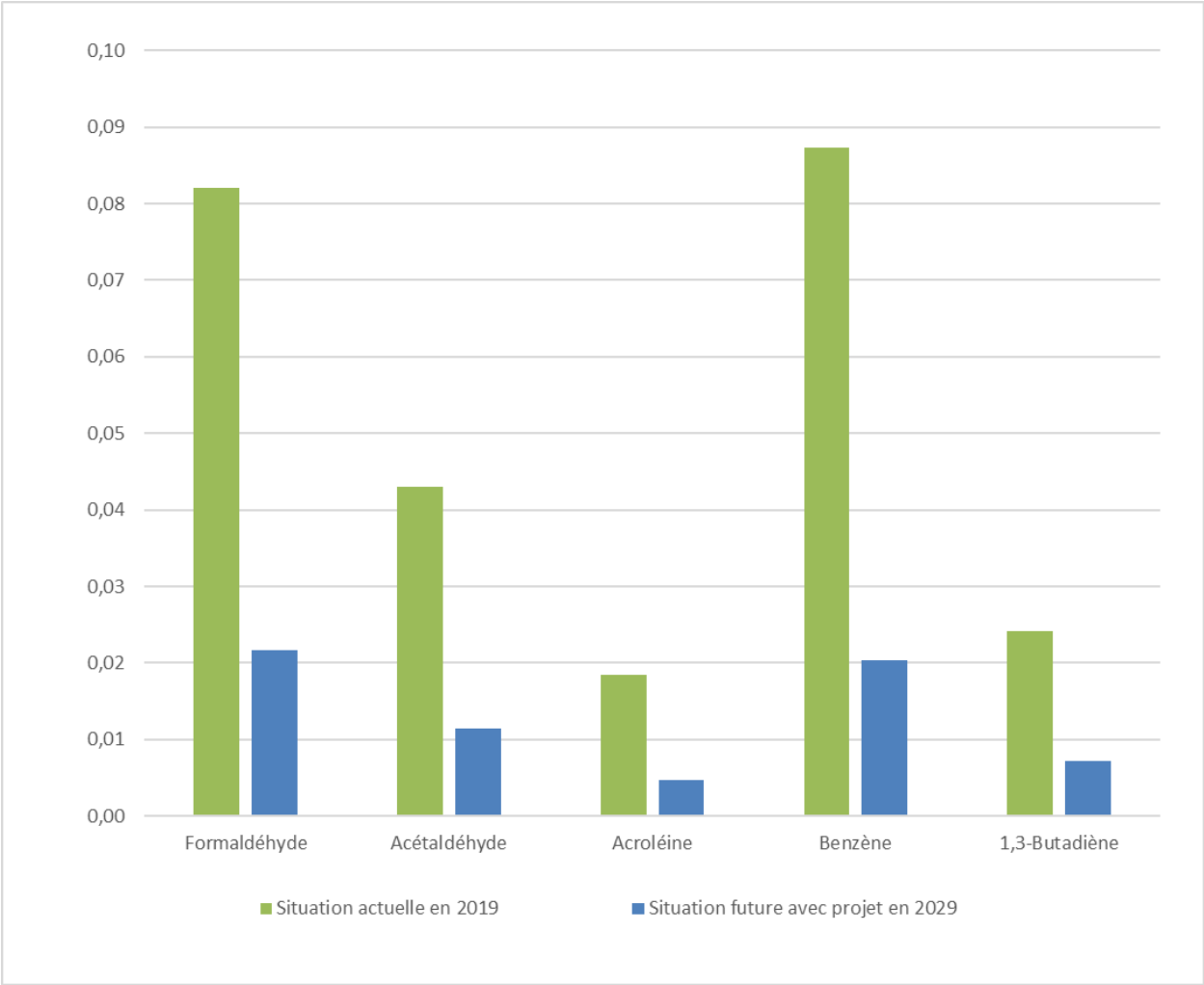


Figure 41 : Graphique des émissions des Composés Organiques Volatils (source : IRIS conseil).

Pour les composés organiques volatils, nous observons des diminutions de leurs émissions en situation future avec projet par rapport à la situation actuelle, malgré l'augmentation du trafic. Ces diminutions sont dues à l'amélioration du parc automobile d'ici 2029.

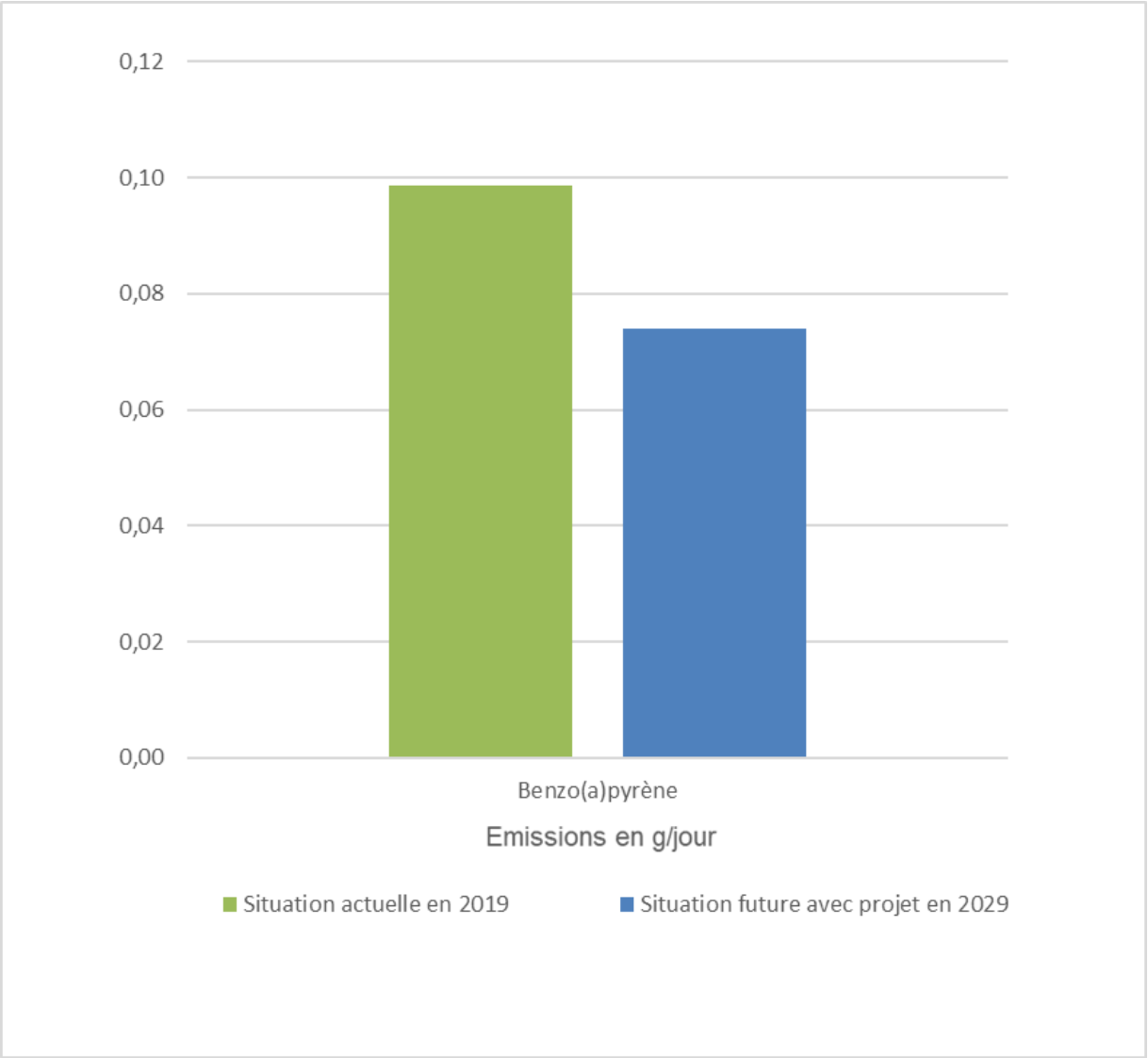


Figure 42 : Graphique des émissions du BaP (source : IRIS conseil).

Pour le Benzo(a)pyrène, les émissions polluantes en situation future avec projet sont en diminution par rapport à la situation actuelle, malgré l'augmentation du trafic. Ces diminutions sont dues à l'amélioration du parc automobile d'ici 2029.

12.8.4 Bilan de la consommation énergétique et des émissions de dioxyde de carbone sur la bande d'étude

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

RESULTATS DES EMISSIONS	ACTUEL	AVEC PROJET	IMPACT DU PROJET
CO ₂ (t/j)	4,72	5,22	10,57
Consommation énergétique en tonne équivalent pétrole/jour	14.96	16,54	10,57

Tableau 21 : Résultats de la consommation énergétique et des émissions de CO₂ sur la bande d'étude.

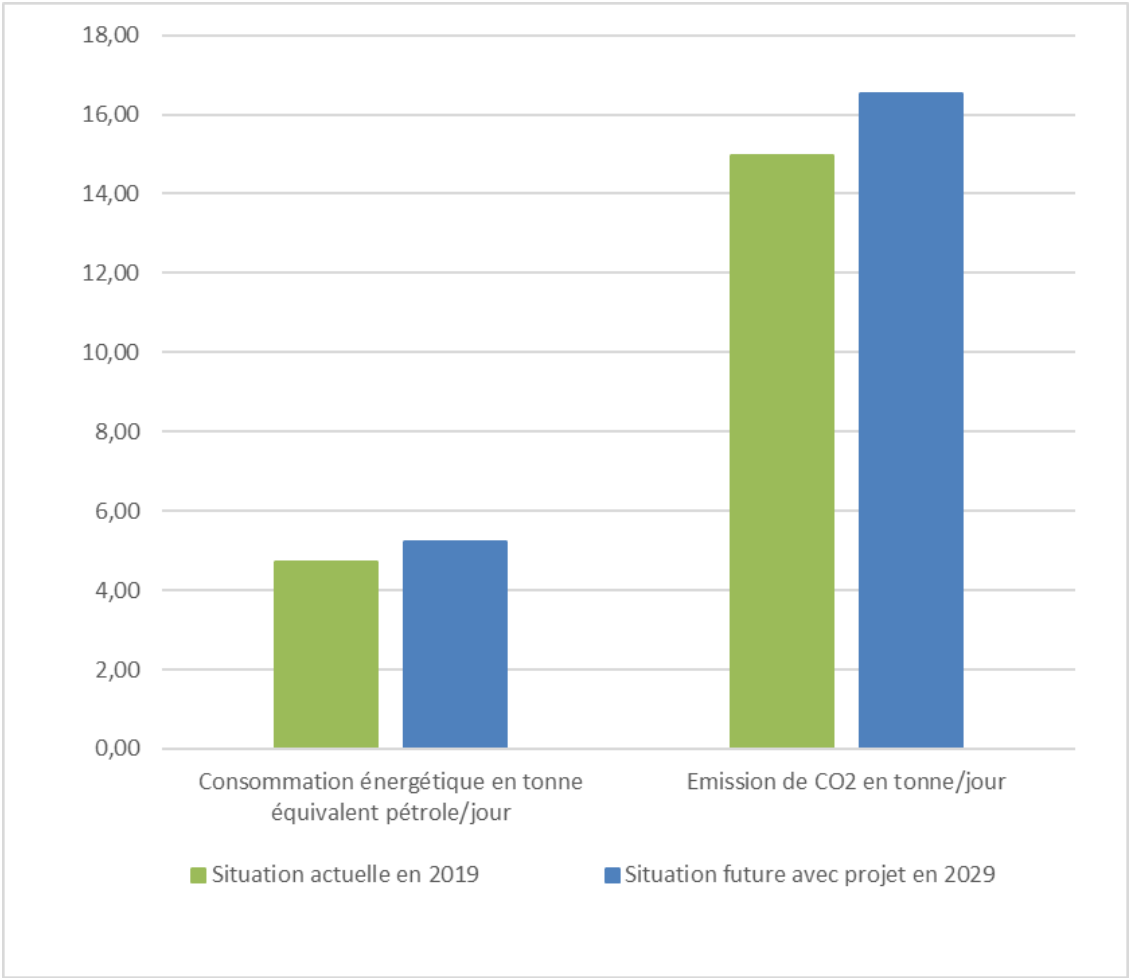


Figure 43 : Graphique de la consommation énergétique et des émissions de CO₂ (source : IRIS conseil).

ENTRE LA SITUATION FUTURE AVEC PROJET ET LA SITUATION ACTUELLE, LA CONSOMMATION DE CARBURANT ET LES EMISSIONS EN DIOXYDE DE CARBONE CO₂ AUGMENTENT CAR LE TRAFIC AUGMENTE. LA CONSOMMATION DE CARBURANT ET LES EMISSIONS EN DIOXYDE DE CARBONE CO₂ SONT PROPORTIONNELLES AUX TRAFICS AUTOMOBILES.

12.8.5 Calcul des couts collectifs

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.

Valeurs de référence

Valeurs de référence pour le calcul des couts 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 €2010 pour 100 véhicules et par km (€2010/100véh.km) :

€2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
VP diesel	20,4	5,5	2,2	1,6	1,1
VP essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VP GPL	3,5	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	32,3	8,7	3,4	2,4	1,6
VU diesel	33,7	9,1	3,5	2,5	1,6
VU essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
PL diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Deux roues	8,7	2,5	1,0	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Tableau 22 – coût de pollution atmosphérique en €/100 véh.km pour le mode routier – source instruction du gouvernement du 16 juin 2014

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.

€2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Fourchette (hab/km²)	> 4 500	1 500 – 4 500	450 – 1 500	37 - 450	< 37
Densité moyenne (hab/km²)	6 750	2 250	750	250	25

Tableau 23 – densité de population des zones traversées par l'infrastructure – source instruction du gouvernement du 16 juin 2014

Dans le cas de la présente étude, la densité de population au niveau du secteur du projet est de 3 094 hab/km² : la zone d'étude est donc de type urbain dense.

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

Pour les VP : 4,3 €/100 véh.km

Pour les PL : 37,0 €/100 véh.km

Valeurs de référence pour le calcul des couts 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 €2010		
2010	2025	Entre 2030 et 2050
32 €	32 €	+ 4,5% par an

Tableau 24 – coût de l'effet de serre (en €/tonne de carbone) – source instruction du gouvernement du 16 juin 2014

POUR L'HORIZON ACTUEL, 2019, NOUS RETIENDRONS LE PRIX DE LA TONNE DE CO2 DE 2010 : 32 €
POUR L'HORIZON FUTUR, 2029, NOUS RETIENDRONS EGALEMENT UN PRIX DE 32 € POUR LA TONNE DE CO2.

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 total en €/jour	Variation en €/jour	Variation € /an
Situation actuelle	129		
Situation future avec projet	143	14	4 986

Tableau 25 – coûts liés à la pollution atmosphérique (en €/jour) – source IRIS conseil

LES COUTS COLLECTIFS LIES A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE AUGMENTENT DE 14 € PAR JOUR ENTRE LA SITUATION FUTURE AVEC PROJET D'AMENAGEMENT PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE, SOIT 4 986€ 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 total en €/jour	Variation en €/jour	Variation € /an
Situation actuelle 2019	4 934		
Situation future avec projet en 2029	5 419	485	176 896

Tableau 26 – coûts liés à la pollution atmosphérique (en €/jour) – source IRIS conseil

LES COUTS COLLECTIFS LIES A L’EFFET DE SERRE AUGMENTENT DE 485 € PAR JOUR SOIT 176 896 € PAR AN EN SITUATION FUTURE AVEC PROJET D’AMENAGEMENT PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE, DU FAIT DE L’AUGMENTATION GENERALE DU NOMBRE DE VEHICULES SUR LE DOMAINE D’ETUDE.

13. 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 situations futures sur la bande d'étude. La modélisation s'est appuyée sur les émissions calculées.

13.1 Présentation générale du code utilise

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 atmosphériques 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).

13.2 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 ;
- ♦ Un modèle de dispersion de Briggs ;
- ♦ Le calcul des dépôts au sol et un appauvrissement par la pluie.

13.2.1 La formule des écarts-type (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.

Pour les sites urbanisés où le mélange vertical est très fort, la formule de Briggs (urbain) est retenue.

13.2.2 Caractéristiques des polluants

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

Polluants	PHASE DU POLLUANT	DIAMETRE DES PARTICULES (µm)	VITESSE DE DEPOT (cm/s)
Dioxyde d’azote NO ₂	gaz	-	-
Dioxyde d’azote SO ₂	gaz	-	0,6
Particules PM10	particules	10	1,3
Particules PM2,5	particules	2,5	0,6
Benzo(a)pyrène B(a)P	particules	1,3	0,05
Benzène	gaz	-	-
Formaldéhyde	gaz	-	-
Acétaldéhyde	gaz	-	-
Acroléine	gaz	-	-
1,3-butadiène	gaz	-	-
Chrome Cr	particules	5	0,5
Nickel Ni	particules	5	0,45
Cadmium Cd	particules	5	0,45
Plomb Pb	particules	5	0,3
Arsenic As	particules	5	0,22
Mercure Hg	gaz	-	0,05
Baryum Ba	particules	5	0,41

Tableau 27 – caractéristiques des polluants étudiés – source IRIS conseil

Pour tous les polluants, les résultats des calculs de dispersion seront exprimés en concentration moyenne annuelle : µg/m³.

13.2.3 Pollution de fond retenue pour chaque polluant

ESPECES	CONCENTRATION EN POLLUTION DE FOND (µm/m³)	SOURCE
Dioxyde d’azote NO ₂	17	Station Air Breizth-st-Yves
Dioxyde d’azote SO ₂	10	Concentration moyenne annuelle en Bretagne
Particules PM10	19	Station Air Breizth-Laennec
Particules PM2,5	13	Station Air Breizth-Laennec
Benzo(a)pyrène B(a)P	0,00012	Station Air Breizth-Pays-Bas
Benzène	1,22	Station Air Breizth-les Halles
Formaldéhyde	0	Aucune mesure
Acétaldéhyde	0	Aucune mesure
Acroléine	0	Aucune mesure
1,3-butadiène	0	Aucune mesure
Chrome Cr	0	Aucune mesure
Nickel Ni	0,0005	Station Air Breizth-Pays-Bas
Cadmium Cd	0,0001	Station Air Breizth-Pays-Bas
Plomb Pb	0,0015	Station Air Breizth-Pays-Bas
Arsenic As	0,0002	Station Air Breizth-Pays-Bas
Mercure Hg	0	Aucune mesure
Baryum Ba	0	Aucune mesure

Tableau 28 – concentrations de la pollution de fond intégrées dans les calculs – source IRIS conseil

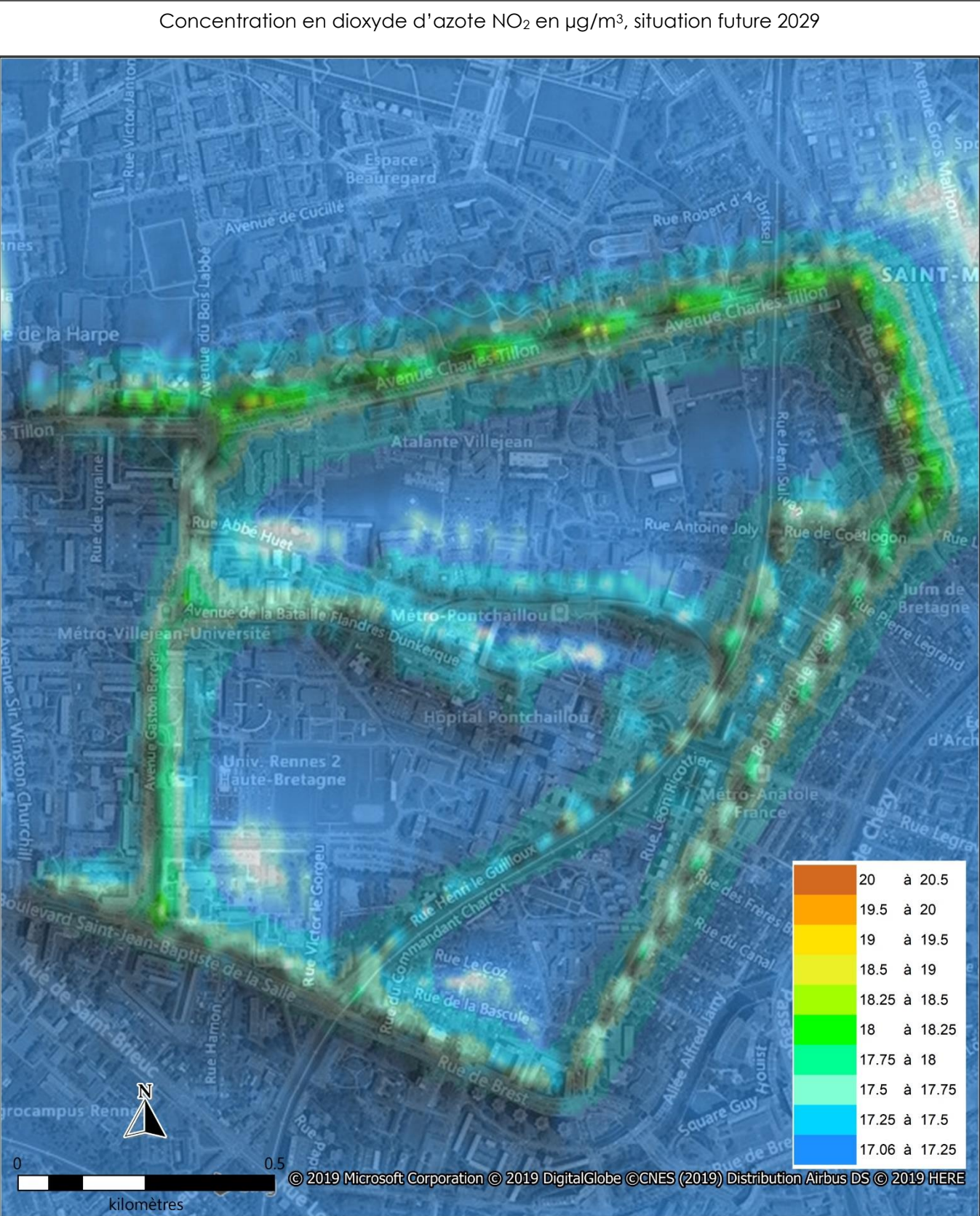
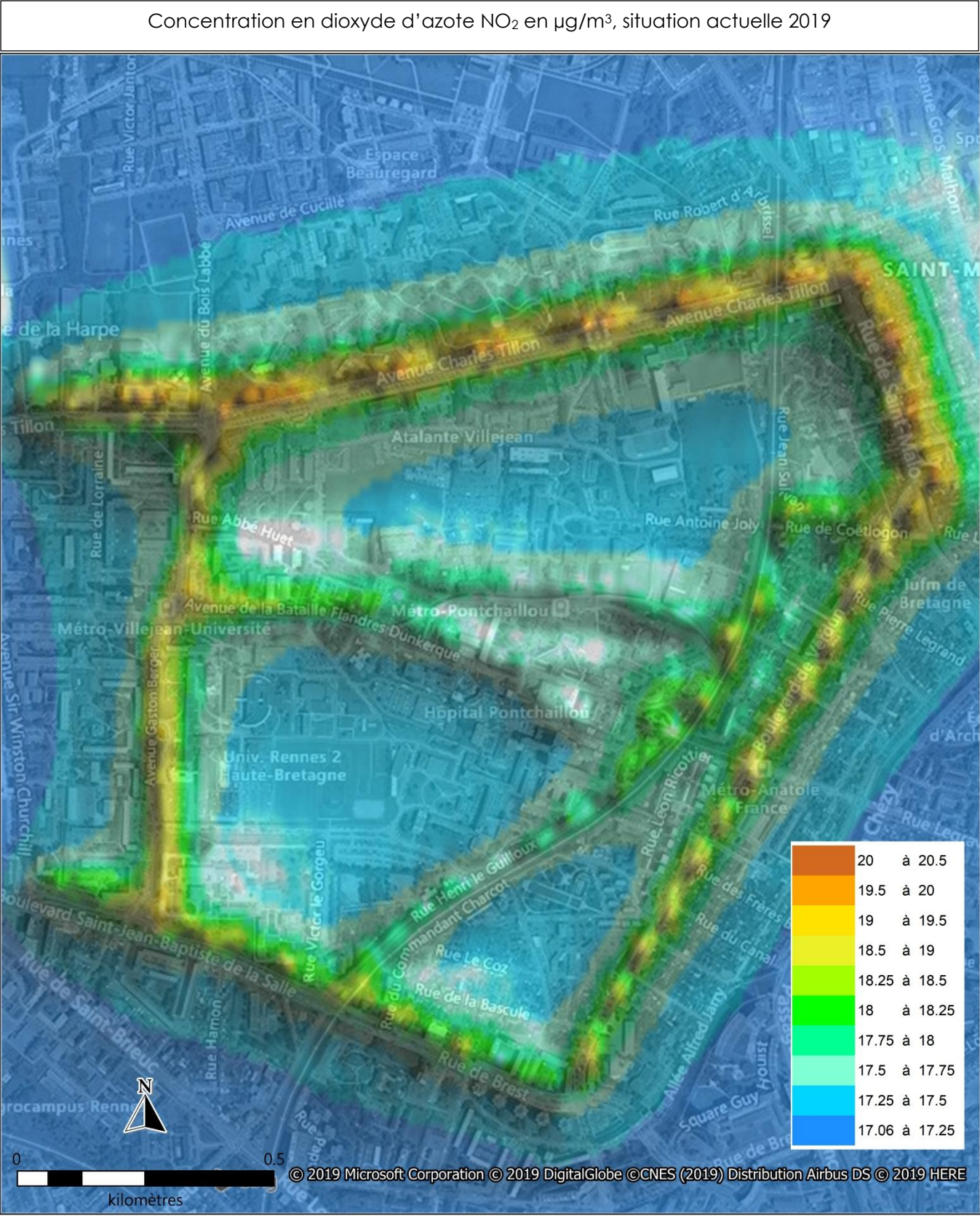
13.2.4 Résultats des simulations

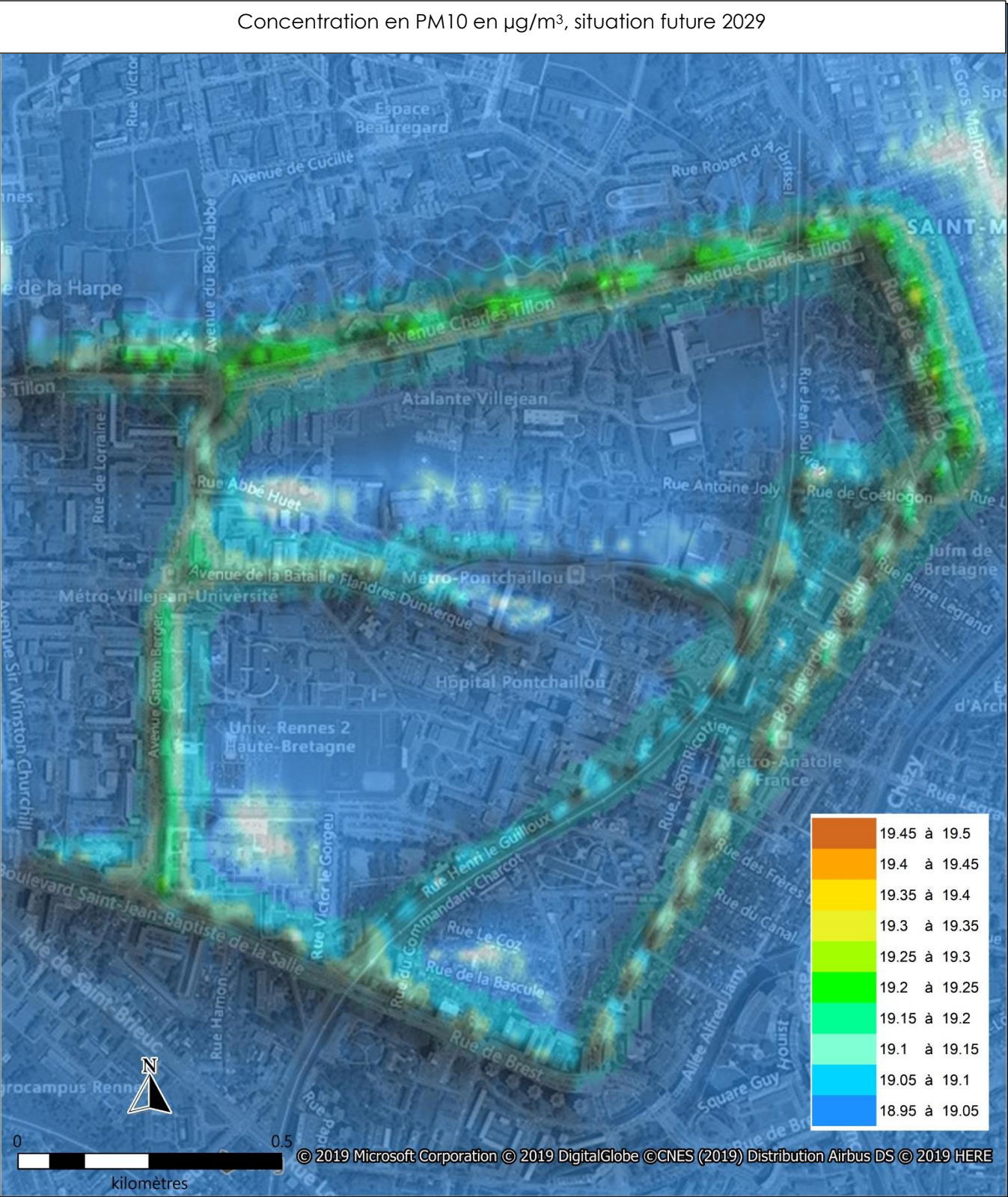
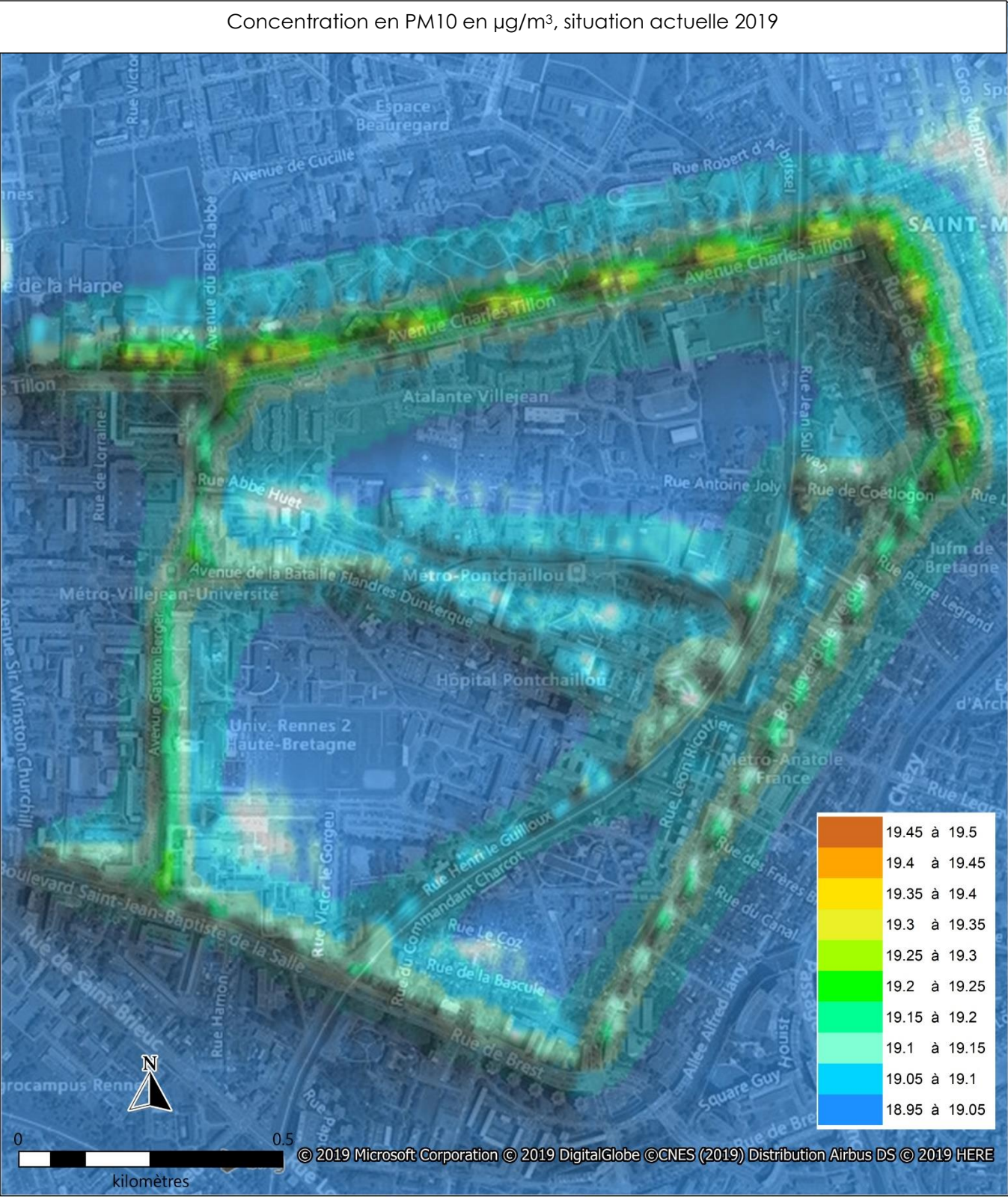
Les résultats sont présentés sous la forme suivante :

- ♦ Cartes des concentrations en moyenne annuelle pour le NO₂ et les particules PM10 superposées sur une photo aérienne.
- ♦ Tableaux des concentrations maximales de chaque polluant dans les différents scénarios sur le secteur.

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

D’APRES LES CARTES DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES POUR LE NO₂ ET LES PM10, NOUS CONSTATONS :
UNE DIMINUTION DES CONCENTRATIONS SUR L’ENSEMBLE DU DOMAINE D’ETUDE EN SITUATION FUTURE AVEC LE PROJET EN 2029 PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE EN 2019.
CETTE DIMINUTION EST LIEE A L’AMELIORATION DU PARC AUTOMOBILE D’ICI 2029.





Le tableau suivant donne, les concentrations moyennes sur l'ensemble du domaine d'étude et les écarts des niveaux de concentration entre la situation actuelle et la situation future avec projet.

Les valeurs limites et objectif de qualité sont aussi présentés.

Scénario	Concentrations µg/m³										Concentrations ng/m³						
	Dioxyde d'azote NO ₂	Benzène	Particules PM10	Particules PM2,5	Dioxyde de soufre SO2	Plomb Pb	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Acroléine	1,3-butadiène	Baryum Ba	Chrome Cr	Nickel Ni	Cadmium Cd	Benzo(a)pyrène	Arsenic As	Mercure Hg
Situation actuelle 2019	1.76E+01	1.22E+00	1.91E+01	1.30E+01	1.00E+01	1.50E+00	1.64E-03	8.61E-04	3.68E-04	4.85E-04	1.80E-05	5.79E-01	5.00E-01	1.00E-01	1.22E-01	2.00E-01	8.14E-01
Situation future 2029 avec projet	1.72E+01	1.21E+00	1.90E+01	1.31E+01	1.00E+01	1.48E+00	4.38E-04	2.31E-04	9.47E-05	1.45E-04	1.81E-05	6.59E-01	4.90E-01	1.00E-01	1.31E-01	2.00E-01	8.78E-01
Impact projet	-1.92%	-0.93%	-0.12%	0.18%	0.00%	-1.33%	-73.35%	-73.21%	-74.27%	-69.98%	0.71%	13.75%	-2.00%	0.00%	7.80%	0.00%	7.79%
Valeur limite	40	5	40	25	-	5,00E-01	-	-	-	-	-	-	2,00E-02	5,00E-03	1,00E-03	6,00E-03	-
Objectif de qualité	40	2	30	10	50	2,50E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 29 : Bilan des concentrations maximales relevé sur le site sensible le plus impacté et impact du projet.

D’APRES LE TABLEAU CI-DESSUS, SI NOUS NOUS FOCALISONS SUR LES PRINCIPAUX POLLUANTS, DIOXYDE D’AZOTE, BENZENE, **PM10**, FORMALDEHYDE, ACETALDEHYDE, ACROLEINE ET **1,3-BUTADIENE**, NOUS REMARQUONS :

- UNE DIMINUTION DES CONCENTRATIONS EN SITUATION FUTURE AVEC LE PROJET PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE. CETTE DIMINUTION PEUT ETRE EXPLIQUEE PAR L’AMELIORATION DU PARC AUTOMOBILE A L’HORIZON FUTUR.

POUR L’ENSEMBLE DES POLLUANTS, LES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS LE DOMAINE D’ETUDE NE DEPASSE PAS LES SEUILS REGLEMENTAIRES.

14. IMPACT SUR LA SANTÉ VIA L'INDICE POLLUTION-POPULATION IPP

Afin d'évaluer l'impact du projet sur la population, la méthode de l'indice IPP (indice d'exposition de la population à la pollution) a été appliquée. Cette méthode consiste à croiser les concentrations calculées aux données de population sur le maillage du domaine étudié.

Dans un premier temps, les effets des principaux polluants atmosphériques sont rappelés.

Puis dans un second temps, les résultats du couplage « concentration moyenne x population » sont fournis. **Le polluant utilisé pour la construction de l'IPP est le benzène** (retenu pour ses critères de toxicité de santé publique).

14.1 Origine et effets des polluants sur la santé

Les polluants atmosphériques se décomposent en deux catégories : les polluants primaires (SO₂, CO, benzène...) et les polluants secondaires formés à partir de polluants primaires sous l'action de réactions chimiques complexes (NO_x, O₃...). Les polluants les plus connus, ainsi que leurs effets sur la santé, sont rappelés ci-dessous.

- ♦ **Le dioxyde d'azote (NO₂)** : ce polluant, d'origine principalement automobile, est un gaz irritant qui provoque des troubles respiratoires, des affections chroniques et des perturbations du transport de l'oxygène dans le sang, en se liant à l'hémoglobine.
- ♦ **Le monoxyde de carbone (CO)** : ce polluant se combine avec l'hémoglobine du sang empêchant l'oxygénation de l'organisme. Il est à l'origine d'intoxications à dose importante ; il peut être mortel en cas d'exposition prolongée à des concentrations très élevées.
- ♦ **Les particules en suspension (PM10)** : ces particules de petite taille (diamètre inférieur à 10 µm) pénètrent facilement dans les voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent. Elles peuvent donc altérer la fonction respiratoire des personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques). De plus, elles peuvent véhiculer des composés toxiques comme les métaux lourds ou les hydrocarbures.
- ♦ **Le dioxyde de soufre (SO₂)** : ce polluant, d'origine principalement industrielle, est très irritant pour les muqueuses et les voies respiratoires. Il peut provoquer des œdèmes du poumon et des bronchites.
- ♦ **L'ozone (O₃)** : ce polluant secondaire provoque des irritations des voies respiratoires et de la muqueuse oculaire, surtout chez les enfants et les asthmatiques.
- ♦ **Le benzène** : cancérigène pour l'homme, il favorise l'apparition de leucémies. Plus précisément, il convient de signaler que le benzène est un hydrocarbure qui fait partie de la famille des composés aromatiques et des composés organiques volatils non méthaniques. Il représente un cas particulier, car sa toxicité reconnue l'a fait classer par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) parmi les « cancérigènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë groupe I, Classification du CIRC). Sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est notamment connue depuis longtemps. Elle touche toutes les lignées sanguines et peut se manifester par une anémie ou, plus rarement, une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs) ou une thrombopénie (plaquettes). Outre les expositions chroniques par inhalation, il a également été retenu pour les autres types d'effets et d'exposition (exposition aiguë et effets

non cancérigènes dans l'exposition chronique) en raison de son caractère prioritaire établi dans le Plan National Santé Environnement.

- ♦ **Les COV** sont les composés organiques s'évaporant dans les conditions normales de température (20°C) et de pression (1013 hPa). Ils connaissent de multiples usages. Ils sont à l'origine de la formation des photooxydants tels que l'ozone lui-même responsable de gêne respiratoire chez l'homme. Les COV peuvent aussi directement provoquer des irritations sensorielles (hydrocarbures et formaldéhydes). Des manifestations plus sévères telles que les troubles cardiaques (toluène, chloroforme) et digestifs ou les effets cancérigènes (benzène) et mutagènes, sont liés à des expositions chroniques ou intenses enregistrées dans le passé dans certaines ambiances de travail. Les concentrations relevées dans l'environnement sont très inférieures à ces atmosphères et n'entraînent pas d'expositions aiguës.

- ♦ **Les "métaux toxiques"** englobent l'ensemble des métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement. Dans l'air, ils se trouvent principalement sous forme particulaire et sont pour la plupart issus, des industries sidérurgiques, des incinérateurs de déchets et des procédés de combustion. Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires...

En petites quantités, le **nickel** est essentiel, mais à fortes doses il peut présenter un risque pour la santé. L'absorption de nickel augmente le risque de développer un cancer des poumons, du larynx et de la prostate. Elle peut induire nausées, vomissements et vertiges après une exposition au gaz, troubles de la respiration ou encore problèmes cardiaques.

L'exposition chronique au **cadmium** induit des lésions rénales pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. L'effet irritant observé dans certains cas d'exposition par inhalation est responsable de rhinites, pertes d'odorat, broncho-pneumopathies chroniques. Sur la base de données expérimentale, le cadmium est considéré comme un agent cancérigène.

14.2 Population

Le calcul de l'IPP sera réalisé sur le domaine d'étude.

14.3 Calcul de l'indice pollution-population IPP

14.3.1 Objet de l'IPP

L'Indice d'exposition de la Population à la Pollution (IPP) permet la comparaison entre les scénarios, avec un critère basé, non seulement sur les émissions, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

Cet outil est utilisé comme une aide à la comparaison et, en aucun cas, comme le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Conformément à la note méthodologique du 25 février 2005, le calcul de l'IPP est réalisé pour le benzène. Ce polluant est un « traceur » de la pollution d'origine automobile.

14.3.2 Méthodologie

Dans le cadre du calcul de l'IPP, à chaque maille du domaine d'étude, est affectée la densité de population correspondant à l'IRIS sur laquelle elle se situe. Le calcul de l'IPP est ensuite réalisé dans chacune des mailles (dimension de la maille 50m x 50m), en croisant la valeur de densité de population et la concentration calculée précédemment. Le résultat fournit un indicateur « d'exposition » de la population.

IPP maille = Population x Concentration moyenne

Les IPP, par maille les plus forts, correspondent, soit aux zones où la densité de population est la plus élevée, soit aux zones où les concentrations calculées sont les plus élevées, soit aux deux.

L'IPP cumulé représente la somme des IPP par maille des personnes soumises à la pollution d'origine routière.

14.3.3 Présentation des résultats

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 2019 et 2029.

Scénario	IPP benzène	Variation en %
Situation actuelle en 2019	33 800	
Situation future avec projet en 2029	33 491	-0,91

Tableau 30 – IPP cumulé et variation – source IRIS conseil

L'IPP CUMULE EN SITUATION FUTURE AVEC PROJET DIMINUE DE 0.91% PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE. CETTE AUGMENTATION EST LIEE A LA DIMINUTION DES CONCENTRATIONS DU BENZENE.

UNE VARIATION DE L'IPP INFERIEUR A 20% NE PERMET PAS DE CONCLURE QU'UN SCENARIO EST MEILLEUR EN TERMES D'IMPACT SANITAIRE. DONC LES SCENARIOS SONT IDENTIQUES.

Distribution du nombre de personnes 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.

Classe de concentration NO ₂	Situation actuelle 2019		Situation future 2029	
	Hbts	%	Hbts	%
Inférieure 18	24 697	89%	27 223	98.39%
Entre 18 et 19	2 465	9%	446	1.61%
Supérieure à 19	507	2%	0	0.00%
Total	27 669	100%	27 669	100%

Tableau 31 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration de NO₂

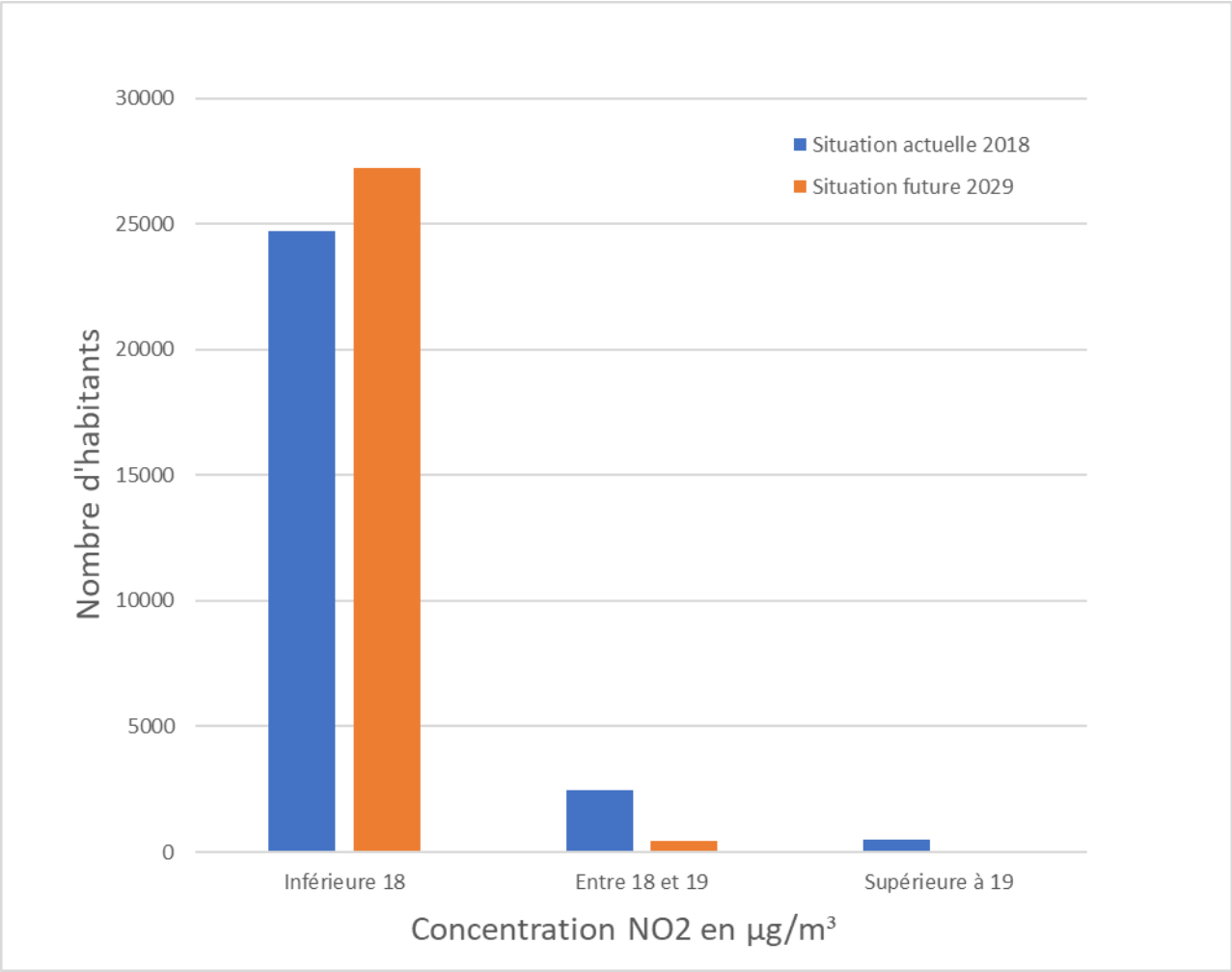


Figure 44 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration de NO₂

En situation actuelle 2019, 89 % de la population est exposée à une concentration en NO₂ inférieure à la valeur de 18 µg/m³.

En situation AVEC le projet en 2029, ce pourcentage s'élève à 98 % de la population exposée à une concentration en NO₂ inférieure à la valeur de 18 µg/m³.

LE SCENARIO AVEC LE PROJET EN 2029 EST DONC PLUS BENEFIQUE POUR LES HABITANTS QUE LE SCENARIO ACTUEL EN 2019.

15. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

Conformément à la circulaire du 25 février 2005, une évaluation quantitative des risques sanitaires a été réalisée au droit des lieux sensibles.

15.1 Méthodologie

L'évaluation quantitative 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 :

- 1. Identification des dangers qui consiste en l'identification la plus exhaustive possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable.
- 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.
- 3. Évaluation de l'exposition des populations qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de définir les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci.
- 4. Caractérisation des risques qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées. Par ailleurs, cette étape reprend des incertitudes évaluées à chacune des étapes.

15.1.1 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 les plus problématiques en raison de leur sensibilité 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 indirectes supplémentaires pour la population, notamment à travers son alimentation. Toutefois, dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires au droit des sites sensibles l'exposition par ingestion est considérée comme nulle étant donné le type d'activité.

L'absorption cutanée des polluants rejetés par les véhicules automobiles n'est pas retenue comme voie d'exposition à étudier dans la circulaire du 25 février 2005. 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.

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est réalisée au droit des sites sensibles localisés dans le domaine d'étude. La carte suivante présente les sites retenus pour l'EQRS.

Il a été recherché la présence de sites dits 'sensibles' à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude. Par lieux 'sensibles', on entend toutes les structures fréquentées par des personnes plus particulièrement sensibles aux effets de la pollution atmosphérique, à savoir :

- Les crèches ;
- Les écoles maternelles et élémentaires
- Les collèges ;
- Les stades et les centres sportifs en extérieur ;
- Les centres de soins ;
- Les résidences de personnes âgées.

Plusieurs sites sensibles ont été répertoriés dans la bande d'étude ou à proximité. Ils sont indiqués dans le tableau ci-après.

Type	N°	Nom	Adresse
Crèche	1	Crèche du CHU	Périmètre du CHU
École maternelle et élémentaire	2	École maternelle et élémentaire Joseph Lotte	1 rue Joseph Lotte
École élémentaire	3	École primaire Saint-Jean Bosco	4 rue Abbé Huet
Stade	4	Terrain de sports du lycée	15 avenue Charles Tillon
Stade	5	Terrain de sports du lycée	53 rue Antoine Joly
Stade	6	Stade Jesse Owens	Avenue du Pr. Léon Bernard
Résidence de personnes âgées	7	Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes	39 bd. de Verdun
Centre hospitalier	8	Village médical	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	9	Centre hépato-digestif	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	10	Centre cardio-pneumologique	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	11	Centre urgences réanimations	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	12	Bloc hôpital	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	13	Centre Eugène Marquis	Hôpital Pontchaillou
Centre hospitalier	14	BMT HC Jean Dausset	Hôpital Pontchaillou

Tableau 32 : liste des sites sensibles (source : Géoportail et CHU de Rennes)

La carte ci-après présente la localisation des sites sensibles listés dans le tableau.

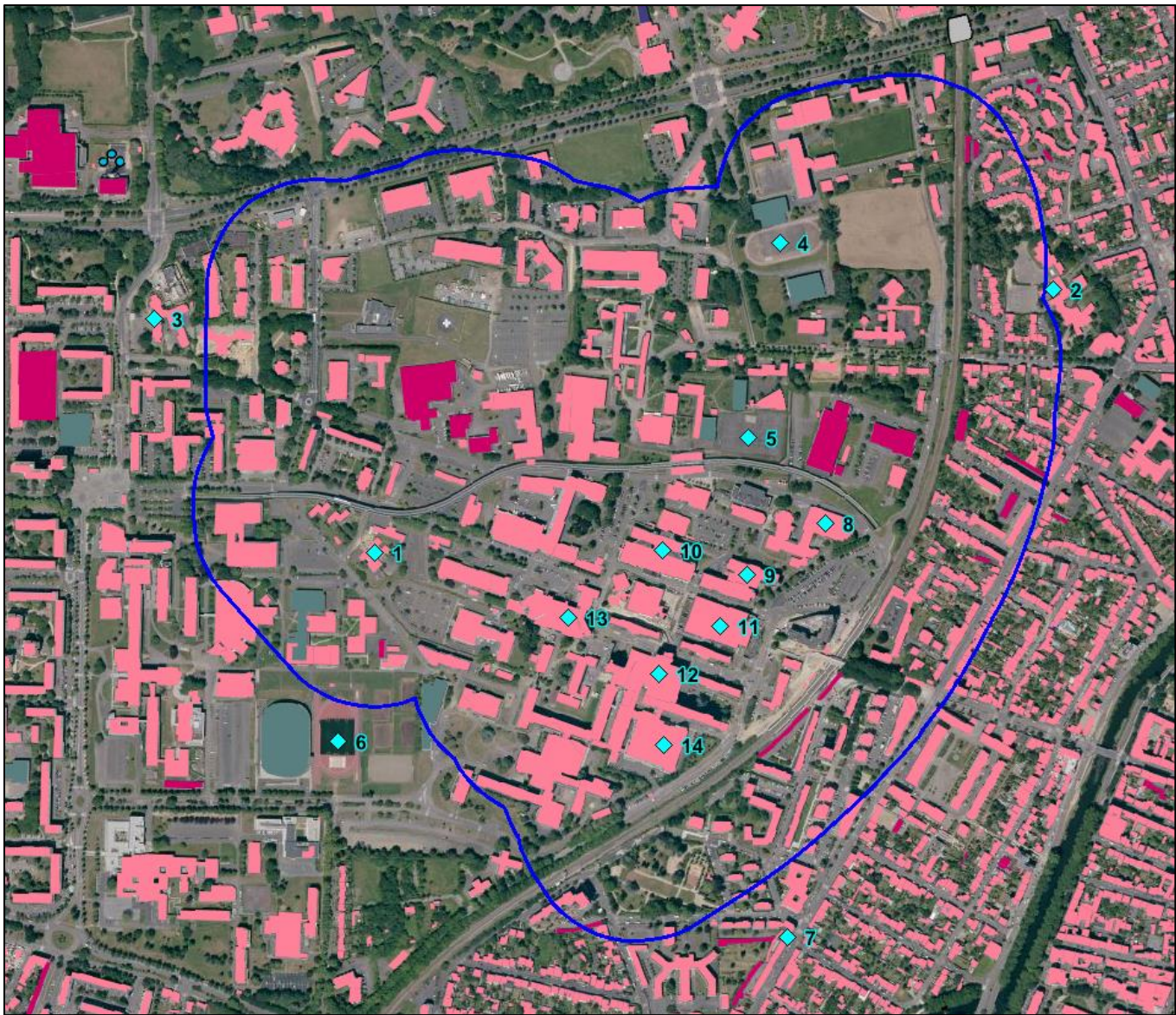


Figure 45 : Localisation des sites sensibles (source : Géoportail - IRIS conseil)

15.1.2 Identification des dangers par inhalation et choix des valeurs toxicologiques de référence (étapes 1 et 2)

Définition : toxicité, exposition et effet

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer différents types d'effet, en fonction de la durée d'exposition des cibles à ces substances et/ou des voies d'exposition :

- ♦ La toxicité aiguë d'une substance chimique correspond aux effets d'une exposition de courte durée à une dose (concentration) forte, généralement unique,
- ♦ La toxicité chronique correspond aux effets d'une administration répétée à long terme et à faibles doses. Ces doses sont insuffisantes pour provoquer un effet immédiat, mais la répétition de leur absorption sur une longue période de temps a des effets délétères.

L'évaluation des dangers des substances chimiques (ou identification des dangers consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces

effets peuvent être de différents types : systémiques généraux, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques. Cette évaluation peut mettre en évidence le fait que plusieurs substances considérées ont des effets communs sur le même organe cible, induits par le même mécanisme d'action. Dans ce cas, lors de la quantification du risque, le cumul des effets doit être envisagé. Aussi, dans le cadre des évaluations des risques, on distingue deux classes de substances :

- ♦ Les substances "à effets à seuil de dose" qui provoquent, au-delà d'une certaine dose absorbée, des dommages dont la gravité augmente avec cette dose. Ce sont les substances non cancérigènes ou cancérigènes non génotoxiques. Ces substances agissent proportionnellement à la dose reçue.
- ♦ Les substances "à effets sans seuil de dose" pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose absorbée avec une probabilité de survenue augmentant avec cette dose. Ce sont les substances cancérigènes génotoxiques.

AINSI, IL EST TRAITE :

- L'EXPOSITION AIGUË,
- L'EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION DE POLLUANTS NON CANCERIGENES,
- L'EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION DE POLLUANTS CANCERIGENES.

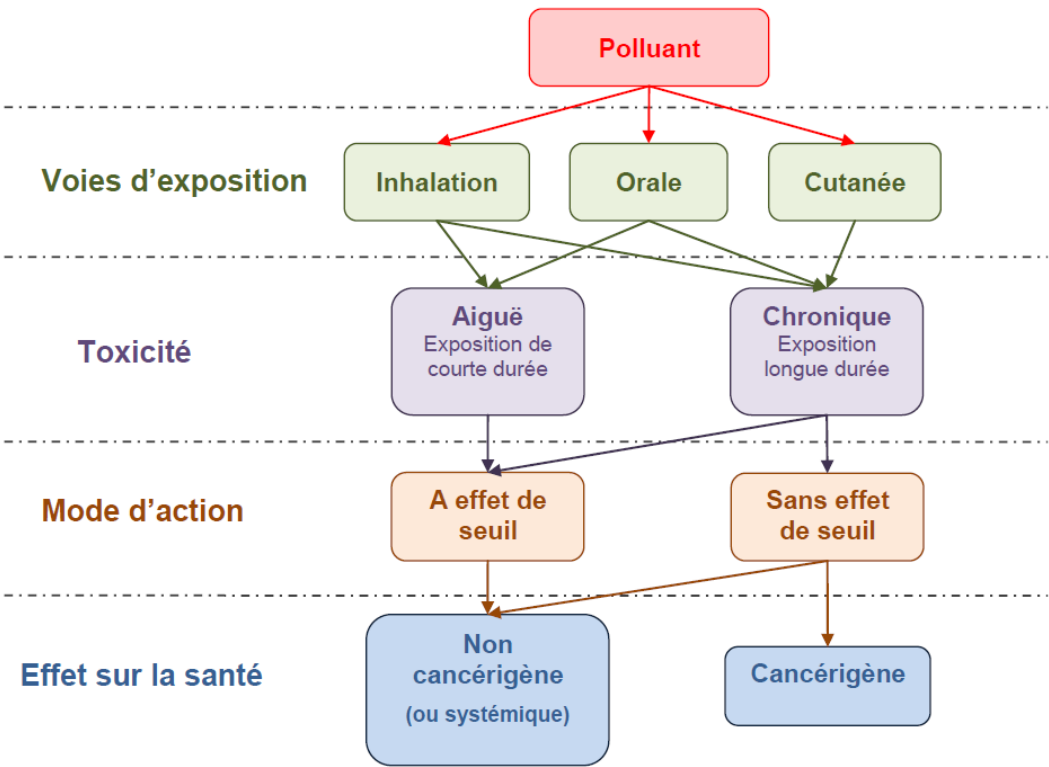


Figure 46 : évaluation du danger de polluant

Substance a risque aigu

Une substance à risque aigu a un impact sur la santé au-delà d'une certaine dose à court terme. Les effets sont souvent temporaires à moins qu'ils n'aient entraînés des effets irréversibles. Il n'est pas possible pour ce risque de définir une période d'exposition (très variable en fonction des polluants), il est choisi de comparer les valeurs toxicologiques de référence au centile 100 des teneurs modélisées. Cette valeur correspond à la valeur maximale pouvant apparaître sur le site étudié dans des conditions de dispersion défavorable.

Substance a effet non cancérigène

Une substance à effet non cancérigène (ou systémique) agit proportionnellement à la dose reçue. Ses effets sont généralement réversibles et une diminution de sa concentration dans l'organisme entraîne la disparition des symptômes. En dessous d'une certaine dose limite, appelée seuil de dose, la substance est jugée sans risque notoire pour la santé. Concernant les risques par inhalation, ce seuil de dose est appelé Concentration Admissible dans l'Air et s'exprime en µg/m³.

Substance a effet cancérigène

A l'inverse, une substance à effet cancérigène est susceptible d'entraîner des tumeurs malignes dégénérant en cancer dès l'absorption par l'organisme d'une molécule de cette substance (effets sans seuil). Les effets cancérigènes ne sont pas réversibles et les risques s'expriment en probabilité de survenue d'un cancer sachant que le risque n'est jamais nul. Toutefois, en dessous d'une probabilité de survenue d'un cancer de 10⁻⁵, soit 1 cas sur 100 000, les risques peuvent être considérés comme acceptables. Cette probabilité de 10⁻⁵ est souvent admise comme seuil d'intervention, notamment dans le cadre de la dépollution des sols, et est également utilisée par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air. Nous utiliserons donc ce seuil d'acceptabilité de 10⁻⁵ pour caractériser les risques cancérigènes. Concernant les risques par inhalation, l'Excès de Risque Unitaire correspond à la probabilité de survenue de cancer avec une concentration dans l'air pour un 1 µg/m³ de l'espèce considérée.

Choix des substances

Conformément aux recommandations du groupe d'experts de l'InVS, les polluants à étudier sont présentés dans le tableau ci-après par voies et types d'exposition.

Catégories de polluants	Substances	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérigènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérigènes
Oxydes d'azote	NO ₂	X		X
Oxydes de soufre	SO ₂	X		
Composés Organiques Volatils	Benzène	X	X	X
	Acroléine	X		X
	Formaldéhyde		X	X
	1,3-butadiène		X	X
	Acétaldéhyde		X	X
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Benzo(a)pyrène B(a)P		X	
Polluants	Particules Diesel		X	X

particulaires dont métaux lourds	Nickel Ni		X	X
	Cadmium Cd		X	X
	Arsenic As		X	
	Plomb Pb			X
	Chrome Cr		X	
	Mercure Hg *	* la prise en compte du baryum et du mercure n'est recommandée que pour l'analyse des risques par ingestion, dans le cas de présence de zones maraichères, arboricoles et autres potagers privés.		
	Baryum Ba *			

Tableau 33 : Voies et types d'exposition étudiés par polluant.

Les émissions des particules diesel ne sont pas calculées directement par les outils de calcul des émissions. De plus les concentrations de fond de cette classe de particule ne font pas l'objet de mesure in-situ par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Il a par conséquent été fait le choix de considérer les concentrations des particules PM2.5 comme représentatives de celles des particules diesel. Cette approche majore le risque car l'ensemble des PM2.5 ne sont pas émises par les moteurs diesel.

En plus des polluants précédemment étudiés dans le cadre de l'étude prévisionnelle, les résultats sur les PM10 et PM2.5 sont présentés bien qu'il n'existe pas de valeur toxicologique de référence. En effet, dans l'état actuel des connaissances, aucun organisme ne s'est prononcé sur la relation « dose-réponse ». Les calculs qui en découlent ne sont donnés qu'à titre indicatif et non pas de valeur sanitaire.

Le mercure et le baryum ne sont pas étudiés ici du fait de l'inscription du domaine d'étude dans un contexte urbain dense, où les zones maraichères, arboricoles sont absentes.

Ces polluants ont été calculés selon la même méthode que celle utilisée dans le cadre de l'étude prévisionnelle.

Méthodologie de sélection des VTR

La recherche et le choix des VTR pour la réalisation du volet sanitaire de l'étude Air et Santé est basée sur les recommandations de la circulaire DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

Ainsi, les différentes VTR ont été recherchées parmi les bases de données de l'OMS⁵, l'IPCS⁶, l'US EPA⁷, l'ATSDR⁸, l'OEHA⁹, Health Canada¹⁰, ou encore de RIVM¹¹.

Lorsqu'aucune VTR n'est proposée, la quantification des risques sanitaires n'est pas envisageable.

Lorsque plusieurs VTR sont proposées, nous avons suivi la méthodologie de la circulaire du 30 mai 2006 pour choisir la VTR à utiliser. Cette méthodologie consiste à sélectionner la VTR dans la première base dans laquelle elle est retrouvée en respectant la hiérarchisation suivante :

⁵ Organisation Mondiale de la Santé (international)

⁶ International Program on Chemical Safety (international)

⁷ United States – Environmental Protection Agency (Etats-Unis)

⁸ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis)

⁹ Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'EPA)

¹⁰ Santé Canada – Agence de la santé publique (Canada)

¹¹ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)

- ◆ Pour les substances à effets à seuil : successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA,
- ◆ Pour les substances à effets sans seuil : successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

Chaque instance possède sa propre méthode de caractérisation des VTR et sa propre dénomination de ces dernières. Les tableaux suivants fournissent les dénominations des VTR spécifiques à chaque organisme, ainsi que dans le cas des VTR « sans seuil », le calcul à effectuer pour déduire l'ERU (excès de risque de cancer pour une exposition chronique à une concentration de 1 µg/m³).

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR
EPA	RfC ou NAAQS	µg/m³	Reference Concentration ou National Ambient Air Quality Standard
ATSDR	MRL		Minimal Risk Level
OMS / IPCS	Valeur guide		-
Santé Canada	TC		Tolérable Concentration
RIVM	TCA		Tolérable Concentration Air
OEHHA	REL		Reference Exposure Level

Tableau 34 : Nature et dénomination des VTR à seuil selon les différentes instances

.Nom de la base	Abréviati on de la VTR	Unité	Signification de la VTR	Déduction de l'ERU en (µg/m³) ⁻¹
EPA	RSC	µg/m³	Risk Specific Concentration => concentration corres-pondant à un risque de cancer de 1 sur 100 000 (10 ⁻⁵)	ERU = 10 ⁻⁵ / RSC
OMS / IPCS	ERU	(µg/m³) ⁻¹	Excès de Risque Unitaire	-
RIVM	CR	µg/m³	Cancer Risk => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 10 000 (10 ⁻⁴)	ERU = 10 ⁻⁴ / CR
OEHHA	UR	(µg/m³) ⁻¹	Unit Risk => Excès de risque de cancer pour une exposition chronique de 1 µg/m³	ERU = UR

Tableau 35 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances.

Synthèse des dangers et des VTR sélectionnées par voie respiratoire

Les VTR sélectionnées sont reprises dans les tableaux suivants selon les différents effets :

- ◆ Exposition aiguë (tableau 36),
- ◆ Exposition chronique non cancérigène (tableau 37),
- ◆ Exposition chronique cancérigène (tableau 38).

Substanc e	Sourc e	Valeur en µg/m³	Organe cible / Effet critique	Anné e	Facteur d'incertitude	Type d'étude
Acroléine	ATSDR	6.98	Irritation oculaire	2007	100	-
NO ₂	OMS	200	Poumons	2003	2	Hommes
SO ₂	ATSDR	26	Système respiratoire	1998	9	Hommes
Benzène	ATSDR	29.2	Système immunologique	2008	300	Souris

Tableau 36 : VTR aiguës des substances par inhalation.

Substance	Source	Valeur en µg/m³	Organe cible / Effet critique	Année	Facteur d'incertitude	Type d'étude
Acroléine	EPA	0.02	Epithélium nasal	2003	1000	Rats
NO ₂ (1)	OMS	40	Système respiratoire	2003	-	-
Benzène	EPA	30	Système immunologique	2003	300	Hommes
Particules Diesel	EPA	5	Système respiratoire	2003	30	Rats
Formaldéhyde	ATSDR	9.84	Epithélium nasal	1999	30	Hommes
1,3-butadiène	EPA	2	Atrophie ovarienne	2002	1000	Souris
Acétaldéhyde	EPA	9	Epithélium nasal	1991	1000	Rats
Nickel Ni	ATSDR	0.09	Système respiratoire	2005	30	Rats
Cadmium Cd	ATSDR	0.01	Reins	2008	9	Hommes
Plomb Pb	OMS	0.5	Système neurologique et hématologique	1999	10 000	Hommes
PM10 (1)	OMS	20	Système cardiovasculaire	2000	-	Hommes
PM2.5 (1)	OMS	10	Système cardiovasculaire	2000	-	Hommes

(1) Composé ne disposant pas de VTR, la valeur indiquée est une valeur guide

Tableau 37 : VTR chroniques des substances non cancérigènes pour une exposition par inhalation.

Substance	Source	Valeur en (µg/m³) ⁻¹	Organe cible / Effet critique	Année	Type d'étude
Benzène	EPA	2.2.10 ⁻⁶ à 7.8.10 ⁻⁶	Leucémie	1998	Hommes
Particules Diesel	OMS	3.4.10 ⁻⁵	Poumons	1996	Rats
Chrome Cr	EPA	1.2.10 ⁻²	Poumons	1998	Hommes
Formaldéhyde	EPA	1.3.10 ⁻⁵	Epithélium nasal	1989	Rats
1,3-butadiène	EPA	3.3.10 ⁻⁵	Leucémie	2002	Hommes
Acétaldéhyde	EPA	2.2.10 ⁻²	Epithélium nasal	1998	Rats
Nickel Ni	OMS	3.8.10 ⁻⁴	Poumons	2000	Hommes
Cadmium Cd	EPA	1.8.10 ⁻³	Poumons	1987	Hommes
Benzo(a)pyrène B(a)P	OMS	8.7.10 ⁻²	Poumons	1998	Hommes
Arsenic As	EPA	4.3.10 ⁻³	Poumons	1998	Hommes

Tableau 38 : VTR chroniques des substances cancérigènes pour une exposition par inhalation.

15.1.3 Évaluation de l'exposition de la population (étape 3)

Matériels et méthode

De manière générale, l'exposition par inhalation d'une population est déterminée à partir du calcul de la Concentration Moyenne Inhalée (CMI) en chaque polluant, selon l'équation générale suivante :

CMI = (ΣCi × Ti) × F × (DE/Tm) Équation 1

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg/m³)

Ci : Concentration de polluant représentative de la période d'exposition (µg/m³)

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.

Scenario d'exposition

Il a été retenu comme scénario d'exposition de considérer les personnes résidentes et travaillant dans l'aire d'étude. Ce scénario majorant permet également de prendre en compte les personnes en transit et celles qui qu'y résident ou travaillent.

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).

Fréquence d'exposition (F)

Le scénario sélectionné dans les évaluations des risques sanitaires est de considérer une période de 30 jours (vacances et weekends) soit une présence dans l'aire d'étude de 335 jours (scénario classiquement choisi lors des EQRS). Sur une année, cela revient à prendre une fréquence d'exposition

(F) de 0,92 (335/365*24/24 = 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.

Le temps de résidence (DE) est considéré égal à 30 ans. Ce scénario souvent utilisé par US-EPA correspond également au temps de résidence des Français sans changement d'adresse selon une étude d'Electricité de France en 1998 (Nedellec et al.).

Synthèse des scénarios sélectionnés par typologie 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) :

CMIaiguë = CiP100

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg/m³)

CiP100 : Concentration en percentile 100 (µg/m³)

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) :

CMIchronique = CiMA × 0,92

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg/m³)

CiMA : Concentration inhalée en moyenne annuelle (µg/m³)

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).

CMIchronique = (CiMA × 0,92 × 30) / 70 = CiMA × 0,39

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg/m³)

CiMA : Concentration inhalée en moyenne annuelle (µg/m³)

Valeurs de pollution de fond

Conformément à la circulaire du 25 février 2005, la pollution de fond à laquelle est exposée la population doit être estimée à partir des mesures issues des réseaux de surveillance de la qualité de l'air, et plus particulièrement par des stations de fond.

Le tableau suivant récapitule les concentrations de fond qui caractérisent la zone d'étude

ESPECES	CONCENTRATION EN POLLUTION DE FOND (µm/m³)	SOURCE
Dioxyde d'azote NO ₂	17	Station Air Breizth-st-Yves
Dioxyde d'azote SO ₂	10	Concentration moyenne annuelle en Bretagne
Particules PM10	19	Station Air Breizth-Laennec
Particules PM2,5	13	Station Air Breizth-Laennec
Benzo(a)pyrène B(a)P	0,00012	Station Air Breizth-Pays-Bas
Benzène	1,22	Station Air Breizth-les Halles
Formaldéhyde	0	Aucune mesure
Acétaldéhyde	0	Aucune mesure
Acroléine	0	Aucune mesure
1,3-butadiène	0	Aucune mesure
Chrome Cr	0	Aucune mesure
Nickel Ni	0,0005	Station Air Breizth-Pays-Bas
Cadmium Cd	0,0001	Station Air Breizth-Pays-Bas
Plomb Pb	0,0015	Station Air Breizth-Pays-Bas
Arsenic As	0,0002	Station Air Breizth-Pays-Bas
Mercure Hg	0	Aucune mesure
Baryum Ba	0	Aucune mesure

Tableau 39 : Concentrations de la pollution de fond retenues.

Caractérisation des risques par inhalation (étape 4)

Méthodologie de calcul des concentrations moyenne d'inhalation

Le calcul des risques consiste à appliquer la relation dose-effet aux valeurs d'exposition estimées dans les étapes précédentes. Elle a pour but de connaître la possibilité d'apparition d'un effet dans une population (pour les effets non cancérogènes) ou d'obtenir l'excès de risque individuel (ERI), et éventuellement un nombre de cas de cancer en excès (NCE), attendus parmi la population exposée (pour les effets cancérogènes).

Les calculs de risque sont effectués, d'une part pour l'exposition globale à la pollution routière qui s'ajoute à la pollution de fond afin de caractériser l'exposition la plus réaliste de la population, et, d'autre part pour l'exposition au bruit de fond afin de déterminer la part de la pollution de fond générale sur la zone d'étude (considérée comme identique entre les 3 scénarii d'étude).

Effets avec seuils (non cancérogènes)

Méthodologie

Les polluants non cancérogènes répondent à un seuil de toxicité en dessous duquel on considère qu'il y a absence de risque sanitaire et au-dessus duquel on considère qu'il y a présence d'un risque sanitaire. Pour évaluer la présence ou non d'un risque sanitaire, on calcule un Ratio de Danger (RD) selon la formule suivante :

$$RD = \frac{CMI_{aiguë}}{VTR_{aiguë}}$$

$$RD = \frac{CMI_{chronique}}{VTR_{chronique}}$$

Avec :

RD : 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) (µg/m³)

VTR : Valeur Toxicologique de Référence aiguë ou chronique (µg/m³).

Le Ratio de Danger maximal est calculé à partir de la concentration maximale obtenue sur le site sensible. Dans le cas où le Ratio de Danger maximal est inférieur à 1, il est conclu que la population est théoriquement hors de toute possibilité d'apparition de danger. Lorsque celui-ci est supérieur ou égal à 1, un danger existe.

Pour les polluants ayant un impact sanitaire identique (même organe cible), il est possible de sommer les ratios de danger pour évaluer l'impact sur la santé liée à la co-exposition à plusieurs toxiques.

Ainsi, les ratios de danger du nickel, du NO₂ et des PM10 seront sommés pour l'évaluation des risques d'atteinte de la fonction respiratoire, et l'acroléine, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde pour les risques d'atteinte de l'épithélium nasal. Les particules PM10 et PM2.5 ont un impact sur les fonctions cardiovasculaire. Il a été choisi de réaliser un calcul de ratio de danger sur la base des valeurs guides de l'OMS. Le calcul présenté a été réalisé en sélectionnant non pas la somme des deux ratios de danger mais le plus important des deux. En effet, il n'existe pas d'étude montrant une additivité des risques pour ces deux classes de particule touchant les mêmes organes cibles.

Les ratios de danger aigu et chronique sont calculés pour chaque site sensible.

Risque aigu

Le tableau suivant présente les ratios de danger pour le risque aigu. Il ressort que l'ensemble des ratios sont inférieurs à 1. Les sites sensibles ne sont donc pas exposés à ce risque.

La colonne du tableau « RD – pollution de fond seule » présente le ratio de danger en ne prenant en compte que la pollution de fond.

IL RESSORT QUE LA CONCENTRATION DE FOND CONTRIBUE POUR UNE PART IMPORTANTE AUX RATIOS DE DANGER POUR SO₂ (100%), NO₂ (88%) ET BENZENE (100%).

				Ratio de Danger RD pour l'exposition aiguë aux sites sensibles													
				Repère													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Substance	Organe cible	RD pollution de fond seule	Scénario	Crèche	Ecole maternelle et élémentaire	Ecole élémentaire	Stade	Stade	Stade	Résidence de personnes âgées	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier
Acroléine	Irritation oculaire	0.00	Actuel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			AVEC projet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO ₂	Poumons	0.09	Actuel	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10	0.09	0.14	0.11	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
		0.08	AVEC projet	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
SO ₂	Système respiratoire	0.38	Actuel	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
			AVEC projet	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Benzène	Système immunologique	0.04	Actuel	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
			AVEC projet	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Tableau 33 : Ratio de Danger RD pour le risque aigu sur les sites sensibles

Risque chronique avec effet de seuil

Le tableau page suivante présente les résultats des calculs des Ratios de Danger pour les effets non cancérogènes par inhalation en exposition chronique.

Il détaille, pour chaque polluant, les ratios de danger obtenus par scénario ainsi que le ratio de danger imputable à la pollution de fond uniquement (première colonne). Les cases en rouge sont celles dont les RD sont supérieurs à 1, soit lorsqu'un effet sur la santé est constatable. Les références des sites utilisées pour leur localisation sur les cartes présentées précédemment sont récapitulées sur la première ligne.

Les ratios de danger pour les particules diesel sont systématiquement supérieurs à 1, ce qui signifie que des risques d'atteinte des fonctions respiratoires sont possibles, aussi bien pour le scénario « Actuel » que pour le scénario à l'horizon 2029 avec projet). Toutefois, pour ce polluant, la pollution de fond seule engendre déjà une situation à risque. En effet, la valeur de pollution de fond sélectionnée pour l'étude est élevée car il a été choisi d'utiliser celle des PM10. Ce choix est majorant car il prend en compte l'ensemble des particules inférieures à 10 microns qu'elles proviennent d'un moteur diesel ou non. Or, l'évaluation des risques sanitaires ne s'intéresse qu'aux particules diesel (les plus toxiques) qui ne représentent qu'une partie des particules fines totales. De ce fait, l'exposition est ici majorée.

Le RD calculé pour les PM2.5 (qui ne constitue pas l'expression d'un risque étant donné l'absence de VTR) est supérieure à 1. Ce ratio élevé résulte directement des concentrations de fond qui participent pour quasiment 100% à sa valeur.

En revanche, pour le reste des polluants, les ratios de danger sont quasiment systématiquement inférieurs à 1. Il n'y a donc pas de risque pour la santé humaine lié à ces polluants en exposition chronique par voie respiratoire pris individuellement.

CONCERNANT LE CUMUL DES RISQUES D'ATTEINTE DE LA FONCTION RESPIRATOIRE LIÉ À L'EXPOSITION SIMULTANÉE AU NO₂, AUX PARTICULES DIESEL ET AU NICKEL, L'ERS ABOUTIT À DES DÉPASSEMENTS DU RATIO DE DANGER. LES PARTICULES PRÉSENTENT À ELLES SEULES DES RATIOS DE DANGER SUPÉRIEURS À 1 POUR LES RAISONS EXPLIQUÉS PRÉCÉDEMMENT. À CE RATIO DE DANGER ÉLEVÉ, S'AJOUTENT CEUX DU NICKEL ET DU DIOXYDE D'AZOTE. ON PEUT RAPPELER LA MAJORATION DES RISQUES DANS LE CAS DES PARTICULES DU FAIT DE LA PRISE EN COMPTE DES PM10 POUR CARACTÉRISER LA POLLUTION DE FOND.

LE RISQUE SANITAIRE ASSOCIÉ À L'ÉPITHÉLIUM NASAL EST NON IDENTIFIÉ LA POLLUTION DE FOND POUR L'ACROLEINE, LE FORMALDÉHYDE ET L'ACÉTALDÉHYDE EST ÉGALE À 0 µg/m³. SON ÉVALUATION CORRESPOND À LA SOMME DES RATIOS DE DANGER DE L'ACROLEINE, DU FORMALDÉHYDE ET DE L'ACÉTALDÉHYDE.

				Ratio de Danger RD pour l'exposition chronique aux substances non cancérigène aux sites sensibles													
				Repère													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Substance	Organe cible	RD pollution de fond seule	Scénario	Crèche	Ecole maternelle et élémentaire	Ecole élémentaire	Stade	Stade	Stade	Résidence de personnes âgées	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier
Acroléine	Epithélium nasal	0.00	Actuel	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
			AVEC projet	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
NO ₂	Système respiratoire	0.39	Actuel	0.40	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.43	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
			AVEC projet	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40	0.39	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Benzène	Système immunologique	0.04	Actuel	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
			AVEC projet	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Particules Diesel (PM10)	Système respiratoire	3.50	Actuel	3.51	3.51	3.51	3.50	3.51	3.50	3.53	3.51	3.51	3.51	3.51	3.50	3.50	3.51
			AVEC projet	3.50	3.50	3.51	3.50	3.50	3.50	3.51	3.51	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Formaldéhyde	Epithélium nasal	0.00	Actuel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			AVEC projet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,3-butadiène	Atrophie ovarienne	0.00	Actuel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			AVEC projet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acétaldéhyde	Epithélium nasal	0.00	Actuel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			AVEC projet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nickel	Système respiratoire	0.01	Actuel	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
			AVEC projet	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cadmium	Reins	0.01	Actuel	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
			AVEC projet	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Plomb	Système neurologique et hématologique	0.00	Actuel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			AVEC projet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PM10	Système cardiovasculaire	0.87	Actuel	0.88	0.88	0.88	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.88
			AVEC projet	0.87	0.87	0.88	0.87	0.87	0.87	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
PM2.5	Système cardiovasculaire	1.20	Actuel	1.20	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
			AVEC projet	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.20	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
NO2+PM+Ni	Système respiratoire	3.89	Actuel	3.92	3.93	3.93	3.90	3.92	3.90	3.97	3.93	3.92	3.92	3.92	3.90	3.90	3.92
			AVEC projet	3.90	3.90	3.92	3.89	3.90	3.89	3.93	3.92	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
Acroléine+Formaldéhyde+Acétal déhyde	Epithélium nasal	0.00	Actuel	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
			AVEC projet	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
PM10+PM2.5	Système cardiovasculaire	2.07	Actuel	2.07	2.07	2.08	2.07	2.07	2.07	2.09	2.08	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
			AVEC projet	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08

15.2 Effet sans seuil (cancérigène)

15.2.1 Méthodologie

Les polluants à effets cancérigènes ne répondant pas à un seuil de dose, l'évaluation des risques sanitaires consiste à évaluer la probabilité pour une personne exposée à la pollution de l'infrastructure de développer un cancer. Cette probabilité est appelée Excès de Risque Individuel (ERI) et se calcule de la façon suivante :

$$ERI = CMI \times ERU$$

Avec :

ERI : Excès de Risque Individuel en nombre de cas de cancer (sans unité)

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

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

15.2.2 Résultats

Le tableau ci-après présente les résultats des Excès de Risque Individuel maximaux calculés pour chaque polluant cancérigène étudié. Les résultats sans prendre en compte les concentrations de fond sont également présentés en dernière ligne de chaque tableau.

L'analyse des Excès de risque par inhalation s'effectue par comparaison avec l'Excès de risque « acceptable » pris égal à 10^{-5} , soit 1 risque sur 100 000 de développer un cancer au cours de sa vie entière suite à une exposition à la pollution par inhalation (30 ans d'exposition pour le scénario choisi dans l'étude). Les ERI supérieurs à 10^{-5} sont indiqués en rouge dans le tableau suivant.

Concernant les particules diesel, le chrome et l'acétaldéhyde, les ERI calculés sont tous supérieurs au seuil d'acceptabilité de 10^{-5} .

Toutefois, il est à noter que la pollution de fond entraine un dépassement du seuil d'acceptabilité en étant responsable à elle seule d'ERI supérieurs à 10^{-5} .

COMME POUR LE CALCUL DES RATIOS DE DANGER LES EXCES DE RISQUE ENTRAINANT UNE EXPOSITION A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE NON ACCEPTABLE SONT DUS A LA POLLUTION DE FOND QUI NE DEPEND PAS UNIQUEMENT DES EMISSIONS ROUTIERES MAIS DU CONTEXTE LOCAL FORTEMENT URBANISE.

				Excès de Risque Individuel ERI pour l'exposition chronique aux substances cancérigène aux sites sensibles													
				Repère													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Substance	Organe cible	ERI pollution de fond seule	Scénario	Crèche	Ecole maternelle et élémentaire	Ecole élémentaire	Stade	Stade	Stade	Résidence de personnes âgées	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier	Centre hospitalier
Benzène	Leucémie	3.71E-06	Actuel	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06	3.71E-06
			AVEC projet	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06	3.68E-06
Particules Diesel (PM10)	Poumons	2.52E-04	Actuel	2.53E-04	2.53E-04	2.53E-04	2.52E-04	2.53E-04	2.52E-04	2.55E-04	2.53E-04	2.53E-04	2.53E-04	2.53E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.53E-04
			AVEC projet	2.52E-04	2.52E-04	2.53E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.53E-04	2.53E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.52E-04	2.52E-04
Chrome	Poumons	0.00E+00	Actuel	2.57E-09	3.39E-09	4.96E-09	2.07E-09	2.48E-09	1.43E-09	7.58E-09	4.42E-09	2.95E-09	2.50E-09	2.98E-09	2.40E-09	2.23E-09	2.61E-09
			AVEC projet	3.76E-09	3.76E-09	5.38E-09	2.27E-09	2.82E-09	1.79E-09	8.80E-09	5.05E-09	3.14E-09	2.92E-09	3.18E-09	2.48E-09	3.55E-09	3.30E-09
Formaldéhyde	Épithélium nasal	0.00E+00	Actuel	8.47E-09	1.04E-08	1.56E-08	6.39E-09	7.76E-09	4.56E-09	2.31E-08	1.36E-08	9.18E-09	7.96E-09	9.28E-09	7.55E-09	7.20E-09	8.06E-09
			AVEC projet	3.15E-09	2.56E-09	4.09E-09	1.65E-09	2.08E-09	1.37E-09	6.13E-09	3.63E-09	2.34E-09	2.25E-09	2.39E-09	1.85E-09	2.88E-09	2.37E-09
1,3-butadiène	Leucémie	0.00E+00	Actuel	6.64E-09	7.81E-09	1.19E-08	4.76E-09	5.87E-09	3.47E-09	1.74E-08	1.03E-08	6.90E-09	6.10E-09	6.96E-09	5.74E-09	5.56E-09	6.05E-09
			AVEC projet	2.77E-09	2.11E-09	3.50E-09	1.39E-09	1.78E-09	1.17E-09	5.19E-09	3.06E-09	1.99E-09	1.93E-09	2.03E-09	1.57E-09	2.52E-09	1.99E-09
Acétaldéhyde	Épithélium nasal	0.00E+00	Actuel	7.56E-06	9.27E-06	1.39E-05	5.68E-06	6.89E-06	4.06E-06	2.06E-05	1.21E-05	8.14E-06	7.09E-06	8.22E-06	6.73E-06	6.41E-06	7.17E-06
			AVEC projet	2.83E-06	2.27E-06	3.66E-06	1.47E-06	1.86E-06	1.23E-06	5.49E-06	3.23E-06	2.09E-06	2.02E-06	2.14E-06	1.65E-06	2.59E-06	2.11E-06
Nickel	Poumons	7.41E-08	Actuel	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.42E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08	7.41E-08
			AVEC projet	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.28E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08	7.26E-08
Cadmium	Poumons	7.02E-08	Actuel	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08
			AVEC projet	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08	7.02E-08
Benzo(a)pyrène	Poumons	4.07E-06	Actuel	4.14E-06	4.14E-06	4.17E-06	4.14E-06	4.14E-06	4.11E-06	4.24E-06	4.17E-06	4.14E-06	4.14E-06	4.14E-06	4.14E-06	4.14E-06	4.14E-06
			AVEC projet	4.48E-06	4.48E-06	4.51E-06	4.44E-06	4.44E-06	4.44E-06	4.55E-06	4.48E-06	4.44E-06	4.44E-06	4.48E-06	4.44E-06	4.48E-06	4.48E-06
Arsenic	Poumons	3.35E-07	Actuel	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07
			AVEC projet	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07	3.35E-07
Total		2.60E-04	Actuel	2.69E-04	2.71E-04	2.76E-04	2.66E-04	2.69E-04	2.64E-04	2.84E-04	2.74E-04	2.70E-04	2.69E-04	2.70E-04	2.67E-04	2.67E-04	2.69E-04
			AVEC projet	2.63E-04	2.63E-04	2.66E-04	2.62E-04	2.62E-04	2.62E-04	2.67E-04	2.65E-04	2.63E-04	2.63E-04	2.63E-04	2.62E-04	2.63E-04	2.63E-04
Total sans pollution de fond		2.60E-04	Actuel	2.69E-04	2.71E-04	2.76E-04	2.66E-04	2.69E-04	2.64E-04	2.84E-04	2.74E-04	2.70E-04	2.69E-04	2.70E-04	2.67E-04	2.67E-04	2.69E-04
			AVEC projet	2.63E-04	2.63E-04	2.66E-04	2.62E-04	2.62E-04	2.62E-04	2.67E-04	2.65E-04	2.63E-04	2.63E-04	2.63E-04	2.62E-04	2.63E-04	2.63E-04

15.2.3 Résultats Excès de Risque Collectif

Le calcul de l'Excès de Risque Collectif (ERC) peut être réalisé, il exprime la population concernée par cet excès (nombre de cas de cancer).

Le calcul de l'Excès de Risque Collectif se fait en multipliant l'Excès de Risque individuel par la population dans la bande d'étude :

ERC = ERI × population

Avec :

ERC : Excès de Risque Collectif (habitant)

ERI : Excès de Risque Individuel (sans unité)

15.2.4 Résultats de l'ERC

Pour le calcul de l'ERC, nous avons considéré la moyenne des ERI calculés au droit des sites sensibles.

Excès de Risque Collectif ERC substances cancérigène			
Scénario	ERI moyen	Population de la bande d'étude	ERC
Actuel	2.70E-04	12 587	4
AVEC projet	2.63E-04		3

Tableau 40 : Excès de Risque Collectif ERC pour le risque chronique avec effet cancérigène sur la population.

LE PROJET INDUIT UNE DIMINUTION DES CONCENTRATIONS DES POLLUANTS DANS L’AIR EN SITUATION FUTURE PAR RAPPORT A AUJOURD’HUI CE QUI A COMME CONSEQUENCE UN EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL (ERI) PLUS FAIBLE EN SITUATION FUTURE.

LA MULTIPLICATION DE L’ERI PAR LE NOMBRE D’HABITANT RESIDANT DANS LA BANDE D’ETUDE CONDUIT DONC A UN EXCES DE RISQUE COLLECTIF (ERC) PLUS FAIBLE EN SITUATION FUTURE PAR RAPPORT A LA SITUATION ACTUELLE.

L’ERC REPRESENTE UNE ESTIMATION DU NOMBRE DE CANCER EN EXCES QUI DEVRAIT SURVENIR AU COURS DE LA VIE DES HABITANTS RESIDANT DANS LA BANDE D’ETUDE.

16. 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.

16.1 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.

- ♦ La présente ERS a porté sur 16 substances recommandées par le groupe d'experts piloté par l'InVS. D'après le rapport Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières, réalisé par ce groupe de travail [InVS, 2004], d'autres substances sont émises par les infrastructures routières. La non-prise en compte de ces polluants dans la présente ERS constitue une sous-estimation des risques calculés. Cependant, le groupe d'experts a réalisé sa sélection de polluants en calculant pour chaque substance, un score associant les émissions (facteur d'émission) et la toxicité (VTR) de la substance, et en classant dans un 2^{ème} temps, tous les scores obtenus, de façon à hiérarchiser les polluants par ordre de dangerosité intrinsèque décroissante. Par conséquent, les substances toxiques étudiées dans la présente ERS sont à priori les plus pertinentes pour l'estimation des expositions et/ou des risques potentiels liés au trafic automobile sur la zone d'étude.
- ♦ Dans la présente étude, une addition des Ratio de Danger (RD) des substances pouvant entraîner des effets respiratoires a été réalisée, et ce, de façon à tenir compte de l'additivité potentielle des substances entraînant des effets identiques suivant le même mécanisme d'action. Cependant, les risques sanitaires liés aux mélanges de composés chimiques n'ont pas réellement été pris en compte dans l'ERS ; ceci constitue une sous-estimation des risques déterminés. Comme le rappelle l'INERIS dans le rapport Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques [INERIS, 2006], 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 actuelles menées dans les études d'impact des installations classées. D'autre part, les outils actuellement disponibles pour permettre de quantifier les risques pour la santé liés aux mélanges sont encore très limités.
- ♦ La voie d'exposition par contact cutané n'a pas été étudiée dans le cadre de cette ERS : ceci est à l'origine d'une sous-estimation des risques déterminés. Compte tenu du manque

actuel de connaissances sur l'estimation des risques liés à cette voie d'exposition (en particulier l'absence de VTR et les incertitudes associées à la transposition de VTR orales ou respiratoires pour construire des VTR pour la voie cutanée comme le rappelle la Circulaire n°DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006), l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air est difficile à prendre en compte.

16.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques

- ♦ Dans notre étude, en l'absence de données de budget espace-(activités)-temps disponibles localement et de données sur les concentrations d'exposition correspondant aux temps passés en dehors du domicile ou du lieu de travail, nous avons ramené par défaut la valeur de la fraction T_i de l'Équation 1 (correspondant au temps passé à la concentration C_i) à 1. Pour déterminer une valeur plus « réaliste » de T_i , il faudrait mener une enquête localement pour déterminer le temps passé en dehors de la zone d'étude. Ce travail a été réalisé dans une étude française et a montré que dans le cas de cette étude en particulier, les résultats de l'ERS pouvaient alors être minorés de 30% par rapport à une hypothèse « 100% du temps passé au domicile » [Boudet, 1999].
 - ♦ Dans le cadre de cette étude, l'exposition aiguë des populations aux polluants rejetés par les axes routiers a été considérée. Elle correspond à une exposition à des pics de concentrations de courte durée (généralement de quelques heures). Nous avons supposé pour ce type d'exposition que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'Équation 1) était égale à 1. Or, il est possible que des individus soient absents de la bande d'étude durant ces pics de concentration.
 - ♦ Pour le calcul des QD aigus liés aux émissions des axes routiers, ce sont les percentiles 100 (horaires ou journaliers) qui ont été considérés. Or, comme cela a été indiqué précédemment, il s'agit de la valeur maximale rencontrée pendant une heure (ou une journée) : la probabilité d'apparition de ces valeurs est donc faible.
- ♦ Pour la situation future AVEC projet en 2029, les niveaux de pollution de fond pris en compte dans la modélisation de la dispersion pour estimer les risques cumulés, sont les niveaux mesurés sur les stations Airbreizh. Or, il est probable que dans une dizaine d'années, les concentrations en polluants dans l'air soient inférieures à celles observées aujourd'hui. En effet, d'après l'instruction-cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport, les émissions polluantes devraient globalement diminuer de 5,5% par an sur la période 2000 - 2020 pour les véhicules légers, et de 6,5% pour les poids lourds, les bus et les cars.

16.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu

- ♦ L'établissement de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), pour la population entière 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 un grand nombre d'incertitudes qu'il est difficile de quantifier. Dans cette évaluation des risques, nous avons appliqué les recommandations du groupe d'experts piloté par l'InVS pour le choix des VTR à retenir pour la quantification des risques. Cependant, il faut noter que pour certains polluants, le groupe d'experts recommande de prendre en compte une valeur guide. Or, aucune quantification des risques sanitaires n'est possible avec une telle valeur (qui est construite à partir de différents critères : toxicité, faisabilité du respect de la valeur, etc.), seule une comparaison avec le niveau d'exposition peut être réalisée (cas de l'exposition chronique pour les effets à seuil de dose au NO₂, au cadmium et au plomb).
- ♦ Concernant les données humaines d'exposition, nous avons privilégié, quand cela était possible, les données les plus adaptées au contexte d'étude (données en population française, récentes, etc.). Cependant, l'utilisation de données d'exposition mesurées sur un échantillon (par définition, limité) d'individus, ou estimées, induisent nécessairement des incertitudes par rapport aux données d'exposition réelles. Ces incertitudes portent notamment sur la fréquence d'exposition F, le taux d'exposition Ti, la durée d'exposition DE, les rations alimentaires et les taux d'autoconsommation.
- ♦ En l'absence de données locales, la durée d'exposition considérée pour le calcul des risques cancérigènes a été prise égale à 30 ans (résultat de l'étude [Nedellec et al., 1998] sur la durée des abonnements privés à EDF). A noter que ce chiffre ne rend pas compte des personnes qui déménagent dans la même commune et qui restent donc exposées. D'après le GT GIC [ministère chargé de l'environnement, 2003], la durée d'exposition de 30 ans semble plutôt majorante au regard du temps de résidence moyen en France établi par le Ministère du Logement (1998), et qui est de 10,1 ans. Le GT GIC indique que l'étude référencée ne tient pas compte des disparités géographiques. Dans la bande d'étude considérée, l'habitat est majoritairement de type urbain. Aussi, en l'absence de données locales et compte tenu du type d'habitat présent, une durée d'exposition moyenne de 30 ans paraît raisonnable.
- ♦ Dans la présente ERS, il a été considéré que les concentrations atmosphériques en polluants à l'intérieur des bâtiments étaient identiques aux concentrations à l'extérieur des locaux et issues soit de la modélisation de la dispersion, soit des campagnes de mesures. Ceci constitue également une incertitude sur les risques déterminés.
- ♦ Pour estimer l'impact du projet, une étude de dispersion, basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants, a été réalisée. 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, pollution de fond, etc.).
- ♦ Les risques cumulés qui ont été calculés correspondent à des valeurs indicatrices, car ils ont été déterminés à partir de résultats de modélisation de la dispersion disponibles auxquels a été ajouté un niveau de fond « global » mesuré par les stations d'Airbreizh.

17. MESURES COMPENSATOIRES

17.1 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la qualité de l'air

La pollution atmosphérique liée à la circulation routière peut être limitée de deux manières :

- ♦ Réduction des émissions de polluants à la source
- ♦ Intervention au niveau de la propagation des polluants.

Les solutions de réduction des émissions polluants et des effets sur la santé sont des solutions non réalisables par le maître d'ouvrage dans le cadre de son projet. Seuls les pouvoirs politiques peuvent mettre en place de vraies solutions de réduction de polluants dans l'air : diminution de véhicule, incitation de remplacer les véhicules polluants par des véhicules plus propres.

Les émissions polluantes dépendent de l'intensité des trafics, de la proportion des poids lourds, de la vitesse des véhicules et des émissions spécifiques aux véhicules. Ainsi, outre par une modification technique sur les véhicules (par ailleurs en évolution permanentes), on peut limiter les émissions en modifiant les conditions de circulation (limitation des vitesses, restrictions pour certains véhicules...). La réduction des vitesses des véhicules peut être appliquée sur des sections routières soumises à des limitations de vitesses relativement élevées.

Par ailleurs, plusieurs mesures peuvent être mises en place, dans les projets routiers, pour jouer un rôle dans la limitation de la pollution atmosphérique à proximité d'une voie. Les remblais, la végétalisation des talus et les protections phoniques limitent la dispersion des polluants en facilitant sa dilution et sa déviation. De plus, la diffusion de la pollution particulaire peut, quant à elle, être piégée par ces écrans physiques (protection phonique) et végétaux (plantation).

17.2 Mesures envisagées pour réduire l'impact sur la santé

Les résultats de la présente étude sanitaire montrent que les émissions atmosphériques actuelles et futures (avec aménagement), peuvent être à l'origine d'effets sur la santé des populations présentes dans la bande d'étude. Bien qu'il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables à la pollution atmosphérique générée par le trafic automobile, des actions peuvent toutefois être envisagées pour limiter cette pollution, et de ce fait, les risques pour la santé des personnes exposées.

Les actions énoncées précédemment pour réduire les émissions polluantes à la source et limiter la dispersion de ces polluants participent également à la réduction des risques pour la santé des individus.

D'après les résultats de l'étude sanitaire, il existe des risques sanitaires pour la population résidente à proximité directe des axes routiers à forte circulation. Toutefois, ces risques ne sont pas majoritairement imputables aux émissions de l'axe du projet dans la mesure où ils dépendent principalement des niveaux de pollution de fond élevés sur le domaine d'étude.

18. 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.
- ♦ Les émissions considérées pendant ce chantier seront :
- ♦ Les poussières de terrassement,
- ♦ Les hydrocarbures,
- ♦ Le dioxyde d'azote NO₂,
- ♦ Le monoxyde de carbone CO.

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.

19. CONCLUSION

Dans le cadre du projet de reconstruction du CHU de Rennes, il est réalisé une étude air et santé pour caractériser les niveaux de pollution de l'air en situation actuelle et future avec l'aménagement.

Une campagne de mesure a été réalisée. Les mesures ont été réalisées en 5 sites réparties sur le périmètre du CHU de Rennes. Les polluants mesurés sont le dioxyde d'azote (NO₂), le benzène et les particules PM10.

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 plus clémentes : température plus chaude et moins de pluie comparativement à la moyenne observée entre 1980 à 2010 sur le mois de février sur la station de Rennes Saint-Jacques.

Les concentrations relevées par analyse de tubes passifs lors de cette campagne ont mis en évidence un dépassement de la valeur limite en NO₂ pour les deux sites à proximité d'axes routiers (points 2 et 5). Par ailleurs, les résultats des concentrations démontrent que plus on s'éloigne des routes et plus les concentrations sont faibles.

Concernant les concentrations de benzène, les concentrations relevées ne dépassent jamais les seuils réglementaires de la qualité de l'air. Ce polluant ne pose pas de problème même au droit du boulevard périphérique parisien où les trafics sont de l'ordre de 300 000 véh/j.

Les concentrations des particules PM10 sont en tout point supérieures aux seuils de la qualité de l'air (objectif de qualité et valeur limite).

La comparaison des résultats de la campagne de mesures aux concentrations en moyennes annuelles relevées par Air Breizh montre que les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont plus élevées.

Il faut noter que sur la quinzaine de la campagne de mesure, il y a eu un épisode de pollution aux particules (PM10 et PM2,5) intervenu les 26 et 27 février.

Au-delà des deux jours de pic de pollution, les stations permanentes d'Air Breizh ont dévoilé des concentrations de NO₂, PM10 et PM2,5 supérieures aux valeurs limites durant les quinze jours de la campagne de mesures.

Les dépassements des valeurs limites et l'épisode de pollution sont la conséquence de la persistance des conditions météorologiques anticycloniques avec des vents faibles qui ont favorisé l'accumulation des polluants particuliers.

Les sources à l'origine de l'épisode de pollution particulaire étaient multiples : trafic routier, chauffage résidentiel et agriculture (émissions d'ammoniac) ...

Pour prévoir les concentrations des polluants en situation actuelle et future, 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.

Les résultats des calculs montrent des concentrations en polluants en situation future avec le projet en 2029 sont plus faibles par rapport à la situation actuelle en 2019. Nous remarquons également que les

concentrations actuelles et futures ne dépassent pas les seuils réglementaires pour l'ensemble des polluants.

L'estimation de l'Indice Pollution/Population (indicateur sanitaire basé sur les données de population et sur les concentrations en benzène) montre que les scénarios sont équivalents (variation entre les scénarios inférieure à 1%).

Une **Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)** a été menée pour les quatorze sites sensibles présents dans au niveau de la zone d'étude.

L'EQRS met en évidence la survenue d'effets sanitaires liés aux particules diesel (PM10) et PM2.5. Ces effets sont dû très majoritairement à la pollution de fond en particules PM10 et PM2,5.

20. SYNTHÈSE ET ENJEUX

Atouts	Faiblesses
Concentration moyennes annuelles inférieures aux seuils règlementaire	Présence de population sensible sur le site
Opportunités	Menaces
Diminution des concentrations en situation future du fait de l'aménagement	Risque de survenue d'effets sanitaires liés aux particules diesel (PM10) et PM2.5

Enjeux :

- Réduire la place de l'automobile (voiries et parking en surface) au sein du CHU
- Réduire les concentrations en polluant
- Protéger la population sensible présente sur le secteur