



EPA ECOVALLEE PLAINE DU VAR

NICE PLAZA
455 PROMENADE DES ANGLAIS
BP 33257
06205 NICE CEDEX 3



SEGIC INGENIERIE

AGENCE MEDITERRANEE
528 boulevard du Mercantour
06200 NICE

Projet de création de la ZAC « Parc Méridia » Nice [Alpes-Maritimes/06]

Volet Air & Santé Analyse des impacts

TECHNISIM CONSULTANTS

316 rue Paul Bert

69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

technisim@wanadoo.fr

SOMMAIRE

1	CONTEXTE GENERAL	5
2	CONTEXTE LEGISLATIF	6
3	PRESENTATION SUCCINCTE DU PROJET	7
4	CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS	7
5	IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER	8
5.1	QUANTIFICATION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER	8
5.2	MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DE CHANTIER	9
5.2.1	Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins	9
5.2.2	Mesures de réduction des émissions de poussières.....	10
5.2.3	Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP	10
5.2.4	Charte Chantiers Verts	10
5.3	SYNTHESE	11
6	IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION.....	11
6.1	ÉMISSIONS PROVENANT DES BATIMENTS CREES	11
6.1.1	Généralités – émissions atmosphériques du secteur résidentiel et tertiaire.....	11
6.1.2	Émissions atmosphériques issues des bâtiments.....	19
6.1.3	Impacts du projet (secteurs résidentiel et tertiaire) sur la qualité de l'air	19
6.2	IMPACT DU TRAFIC LIE A L'EXPLOITATION DU PROJET	20
6.2.1	Indice VK	21
6.2.2	Évaluation des consommations énergétiques.....	22
6.2.3	Émissions atmosphériques du réseau d'étude.....	22
6.2.4	Simulation numérique de la dispersion atmosphérique	28
6.3	CONCLUSION DE L'IMPACT DU TRAFIC ROUTIER LIE AU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR.....	46
7	IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTE DES POPULATIONS	46
7.1	EXPOSITION DE LA FUTURE POPULATION DU PROJET AUX EMISSIONS FERROVIAIRES DU TRAMWAY	46
7.1.1	Estimation de la quantité de particules produites par le trafic ferroviaire du tramway.....	46
7.1.2	Composition des particules ferroviaires	47
7.1.3	Simulation numérique de la dispersion des émissions du tramway L3	47
7.1.4	Exposition aux particules PM10 cumulées (transport routier + tramway)	49
7.2	ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS].....	51
7.2.1	Hypothèses de travail retenues	52
7.2.2	Contenu et démarche de l'EQRS.....	52
7.2.3	Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuils - Quotients de danger	59
7.2.4	Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuils : Excès de Risque Individuel (ERI)	68
7.2.5	Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets aigus : comparaison avec les recommandations de l'OMS 70	
7.2.6	Incertitudes relatives à l'EQRS.....	71
7.3	SYNTHESE DE L'EQRS – IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE.....	73
8	IMPACTS DU PROJET SUR LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	73
8.1	GENERALITES.....	73

8.2	ÉMISSIONS DE GES DU RESEAU D'ETUDE (SECTEUR ROUTIER)	78
9	COUTS COLLECTIFS DES GAZ A EFFET DE SERRE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	79
9.1	COUTS LIES AUX EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	79
9.2	COUTS LIES AUX EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	80
10	EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET DES GES SUR LA SANTE ET LE CLIMAT	81
10.1	EFFETS GENERAUX DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE	81
10.2	CHANGEMENTS CLIMATIQUES	83
10.3	IMPACTS DIRECTS DES CANICULES ET DES FORTES CHALEURS SUR LA SANTE	84
10.4	IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES... 88	
10.5	IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MALADIES INFECTIEUSES ET VECTORIELLES	89
10.6	IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	91
11	EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA FAUNE, LA FLORE, LE SOL ET LES BATIMENTS	92
11.1	EFFETS SUR LES SOLS	92
11.2	EFFETS SUR LA VEGETATION	93
11.3	EFFETS SUR LA FAUNE	95
11.4	EFFETS SUR LES BATIMENTS	95
12	MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION ET DE COMPENSATION DES IMPACTS	96
12.1	MESURES D'EVITEMENT.....	97
12.2	MESURES DE REDUCTION	97
12.3	AMENAGEMENTS DU TERRITOIRE.....	98
12.4	LUTTE CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS	98
12.5	MESURES DE REDUCTION INTEGREES A LA PROGRAMMATION DU PROJET	98
13	CONCLUSION DE L'ANALYSE DES IMPACTS	100
14	ANNEXES	102
14.1	ANNEXE 1 – GLOSSAIRE.....	102
14.2	ANNEXE 2 – DONNEES TRAFICS CONSIDEREES DANS L'ETUDE.....	104
14.3	ANNEXE 3 – RESULTATS DES MODELISATIONS AU NIVEAU DES LIEUX VULNERABLES EXISTANTS EN L'ETAT ACTUEL (TRAFIC ROUTIER).....	107
14.4	ANNEXE 4 – EFFETS SANITAIRES DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	114

1 CONTEXTE GENERAL

Cette étude Air et Santé s'inscrit dans le cadre du projet de création de la ZAC « Parc Méridia » sur le territoire de la commune de Nice, dans le département des Alpes-Maritimes (06).

La première partie de l'étude (objet d'un précédent document) constitue l'état 'actuel' relatif à la qualité de l'air de la zone d'étude.

La seconde partie analyse les impacts du projet sur la qualité de l'air et sur la santé.

L'étude est menée conformément aux préconisations de la Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Il est bien entendu intégré le fait qu'il s'agit d'un projet d'aménagement urbain et non d'infrastructures routières. En pratique, la méthodologie de la note précitée est adaptable afin de répondre à une problématique d'aménagement, dans la mesure où l'activité induite par le projet va modifier les flux de trafic de la zone.

En outre, cette approche satisfait les services de l'État sur cette thématique qui prend de plus en plus d'ampleur avec notamment le renforcement du thème de la qualité de l'air dans les plans et programmes locaux.

L'OMS donne dès 1946 une définition étendue de la santé : « la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

Le guide « Agir pour un urbanisme favorable à la santé »¹ a pour but d'impulser une stratégie de décroissement qui se traduirait par l'adoption de choix d'aménagement favorables à la santé et minimisant les risques.

De nombreux facteurs liés à notre environnement physique, social et économique, influencent notre santé. Ils sont connus sous le terme de « déterminants de la santé ».

Il peut s'agir de facteurs individuels (âge, sexe, patrimoine génétique, comportement, ...), socio-économiques (accès au logement, à l'emploi, à la culture, à l'éducation, ...), environnementaux (qualité de l'air, de l'eau, de l'environnement sonore, ...), ou bien encore concernant les politiques urbaines (de transport, de l'habitat, ...).

La pollution atmosphérique a pour conséquence de modifier le bien-être de la société² et induit des coûts liés à ces nuisances.

Il s'avère que les effets de la pollution peuvent être soit directs, soit indirects :

- Effets indirects (sur l'environnement), en termes de dégradation :
 - Bâti
 - Agriculture, forêts
 - Écosystème
- Effets directs non sanitaires, en termes de nuisances :
 - Psychologiques
 - Olfactives
 - Esthétiques (visibilité)
- Effets directs sanitaires (mortalité, morbidité) :
 - Coûts directs concernant les :
 - Hospitalisations
 - Consultations
 - Traitements
 - Valorisation d'un décès
 - Coûts indirects :
 - Pertes productives associées
 - Aspects psychologiques
 - Douleur, désagrément et gêne physique
 - Effets induits chez les proches
 - Effets induits sur les activités de loisirs

¹ « Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts & outils » ; Guide EHESP/DGS, ROUÉ-LE GALL Anne, LE GALL Judith, POTELON Jean-Luc et CUZIN Ysaline, 2014. ISBN : 978-2-9549609-0-6

² Rapport d'information n°3772 enregistré le 19 mai 2016 à l'Assemblée nationale par le comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques sur l'évaluation des politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air

2 CONTEXTE LEGISLATIF

En France, la législation qui encadre la réalisation de l'étude Air et Santé 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 ;
- 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. Abrogé par le Décret 2005-935 2005-08-02 art. 8 sous réserves JORF 5 août 2005 (en tant qu'il s'applique en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Wallis-et-Futuna, dans les Terres australes et antarctiques françaises et à Mayotte) ;
- La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/12/1996 ;
- 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°2001-185 du 11/04/2001 relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;
- Le Décret 93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- 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 Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2, par son article 230 qui définit le champ d'application, les critères et le contenu des études d'impact, ainsi que les modalités de décision de l'autorité compétente ;
- Le Décret n° 2011-2019 du 29/12/11 qui porte réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements ;
- La Circulaire n°87-88 du 27 octobre 1987 relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées modifiée par la circulaire 2002-63 du 22 octobre 2002 relative aux modalités d'élaboration et d'approbation des dossiers concernant les opérations d'aménagement sur des autoroutes en service, complétant et modifiant la circulaire du 27 octobre 1987 et la directive du 27 octobre 1987 relatives à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées ;
- La Note technique NOR : TRET1833075N du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère des solidarités et de la santé du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;
- Le Code de l'environnement - Articles R221-1 à R221-3 - Définition des critères nationaux de la qualité de l'air ;

- L'Arrêté du 13/03/18 modifiant l'arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé, pris en application de l'article R. 221-4 du Code de l'environnement ;
- Le Décret n° 2016-849 du 28/06/16 relatif au Plan Climat-Air-Énergie Territorial ;
- Le Décret n° 2016-753 du 07/06/16 relatif aux évaluations des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques à réaliser dans le cadre des plans de déplacements urbains ;
- Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air, transposant la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 et décrivant les critères de qualité de l'air et de réduction des émissions de polluants dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et de protéger la santé humaine.

La présente étude est réalisée conformément à ces textes, et repose également sur les documents ci-dessous :

- 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 ;
- Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières de février 2019 (annexe de la Note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impacts des infrastructures routières) ;
- Guide « Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts & outils » ; Guide EHESP/DGS, ROUÉ-LE GALL Anne, LE GALL Judith, POTELON Jean-Luc et CUZIN Ysaline, 2014.

3 PRESENTATION SUCCINTE DU PROJET

Le projet est sis sur le territoire de la commune de Nice, à l'est de l'A8 [La Provençale] et du fleuve Var.

Ce projet fait partie de l'OIN (Opération d'Intérêt National) intitulée EcoVallée-Plaine du Var.



Figure 1 : Localisation du projet

Sur un périmètre d'environ une soixantaine d'hectares, la ZAC Parc Méridia comportera la création d'un ensemble immobilier de 5 450 logements, dont 30 % de logements sociaux, de deux vastes parcs urbains, ainsi que d'activités économiques et d'équipements publics.

4 CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS

La réalisation du projet va entraîner une modification des flux de déplacements sur la zone d'étude, et donc des trafics, dont les conséquences sur la qualité de l'air sont diverses :

- Lors de la phase chantier, les machines, l'utilisation de solvants et les opérations de construction sont autant de sources de pollution ;

Par ailleurs, la mise en service va modifier les :

- Conditions de circulation sur le secteur ;
- Émissions résidentielles et tertiaires liées principalement aux systèmes de chauffage utilisés.

Le contenu de l'analyse des impacts relatifs à la création de la ZAC « Parc Méridia » à Nice est basé et adapté à partir de la Note technique du 22 février 2019 concernant les études routières de niveau I et II, c'est-à-dire :

- Estimation des émissions de polluants sur le réseau d'étude ;
- Estimation des concentrations pour les polluants prenant part à l'évaluation des risques sanitaires
- Évaluation de l'exposition des futures populations aux émissions de particules liées au passage du tramway L3 sur le périmètre projet
- Cartographies des estimations concentrations modélisées en NO₂, PM10 et PM2,5 sur la zone d'étude
- Présentation bibliographique des effets sanitaires de la pollution automobile sur la population
- Monétarisation et analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances
- Mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts
- Impacts en phase chantier
- Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments
- Estimation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)
- Estimation de la consommation énergétique
- Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) au droit des lieux vulnérables et sur la zone d'étude

5 IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER

Les travaux de construction peuvent polluer l'environnement. Selon le type et la taille du chantier, les effets sont très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s'avérer importants.

Il importe en premier lieu de faire la distinction entre les différentes catégories d'émissions atmosphériques rencontrées sur un chantier :

- Les émissions à l'échappement des machines et engins : les moteurs à combustion des machines et engins rejettent des polluants tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils et les poussières fines ;
- Les émissions de poussières : les poussières sont générées lors des travaux d'excavation et d'aménagement, mais également lors du transport, de l'entreposage et du transbordement de matériaux sur le chantier. L'utilisation de machines et de véhicules soulève en permanence des tourbillons de poussière. Le traitement mécanique d'objets et les opérations de soudage libèrent également de la poussière ;
- Les émissions des solvants : l'emploi de solvants, ou de produits en contenant, engendrent des émissions de composés organiques volatils [COV] ;
- Les émissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques [HAP] : le bitume utilisé pour le revêtement des voies de circulation, les aires de stationnement et les trottoirs, émet des HAP dont certains sont cancérigènes.

5.1 QUANTIFICATION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER

Il s'avère malaisé de quantifier les émissions d'un chantier.

La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible, au niveau actuel de l'étude, de chiffrer avec exactitude les émissions atmosphériques du chantier.

Il est toutefois possible d'évaluer les principales émissions sous condition de disponibilité des données ad hoc.

Émissions de poussières

Les travaux de démolition et de construction sont générateurs de poussières. Selon le document de l'US EPA - AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources - Heavy Construction Operations, les chantiers produisent :

2,69 tonnes de poussières totales [TSP] par hectare et par mois d'activité.

Par défaut, il est utilisé ce facteur d'émission pour calculer les émissions de poussières générées par les chantiers de démolition/construction.

Étant donné l'avancement à ce jour de la définition du phasage des opérations d'aménagement du site, les surfaces et durées des opérations de démolition / construction ne sont pas définitivement connues.

En tout état de cause, l'estimation des émissions de poussière ne s'avère pas quantifiable à ce stade.

Émissions issues du trafic des poids lourds

Les engins de chantier génèrent des gaz d'échappement, mais en quantité négligeable par rapport à ceux émis par le trafic des poids lourds lié au chantier.

En l'absence de données disponibles à propos de la quantité de poids lourds générée par le chantier, le calcul des émissions générées par ce trafic ne s'avère pas réalisable à ce jour.

Approche qualitative des émissions liées aux activités des chantiers en l'absence de données calculatoires

Les données présentées dans ce chapitre proviennent essentiellement du document de l'ADEME « Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP - État des connaissances et mesures d'atténuation dans le bâtiment et les travaux publics en faveur de la qualité de l'air » (mars 2017).

Note : Le tableau immédiatement suivant regroupe les principaux polluants émis par type d'activité.

Il reprend les données de la Directive suisse « Protection de l'air sur les chantiers » qui énumère les activités liées aux travaux du BTP générant des émissions polluantes, ainsi que leur importance relative. Ce tableau s'appuie sur des expériences et des estimations effectuées lors de la rédaction de cette Directive.

Tableau 1 : Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction

Opérations générant des émissions dans les travaux du bâtiment et du génie civil	Émissions non issues des moteurs		Émissions des moteurs
	Poussières	COV, gaz (solvants, etc.)	NOx, CO, CO ₂ , particules, COV, HC, etc.
Installations de chantier, en particulier voies de circulation	+++	+	++
Défrichage	++	+	++
Démolition, démantèlement et démontage	+++	+	++
Protection des constructions : en particulier travaux de forage, béton projeté	++	+	++
Étanchéités des ouvrages en sous-sol et des ponts	++	+++	+
Terrassements (aménagement extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	+++	+	+++
Fouilles en pleine masse	+++	+	+++
Corrections de cours d'eau	+++	+	+++
Couches de fondation et exploitation de matériaux	+++	+	+++
Travaux de revêtement	++	+++	+++
Voies ferrées	++	+	+++
Béton coulé sur place	+	+	++
Excavations	+++	++	+++
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	+	+++	+
Béton, béton armé, béton coulé sur place (travaux de génie civil)	+	+	++
Travaux d'entretien et de protection du béton, forages et coupes dans le béton et la maçonnerie	+++	+	+
Pierre naturelle et pierre artificielle	++	+	+
Couvertures : étanchéités, revêtements	+	+++	+
Étanchéités et isolations spéciales	+	+++	+
Crépissages de façade : crépis et enduits de façade, plâtrerie	++	++	+
Peinture (extérieure et intérieure)	++	+++	+
Revêtements de sol, de paroi et de plafond en bois, pierre artificielle ou naturelle, plastique, textile et fibre minérales (fibres projetées)	++	++	+
Nettoyage du bâtiment	++	++	+
+ Faible ++ Moyenne +++Forte			

5.2 MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DE CHANTIER

Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures.

5.2.1 Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins

Deux types de mesure existent. Il s'agit de mesures d'ordre :

- Technique
- Comportemental

Les moteurs diesel et à allumage installés sur les engins mobiles non routiers (EMNR) comme les excavateurs, les bulldozers, les chargeurs frontaux, émettent des hydrocarbures, des oxydes d'azote, des particules et du monoxyde de carbone. En accord avec la politique environnementale de l'Union Européenne, l'objectif est de réduire progressivement les émissions et de faire disparaître les équipements polluants.

Le règlement 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 fixe des exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers. Ce nouveau texte abaisse les valeurs limites d'émission des moteurs destinés aux engins mobiles non routiers.

Les moteurs diesel, s'ils ne sont pas équipés de systèmes de filtres à particules efficaces, occasionnent des émissions de poussières fines particulièrement nocives pour la santé, dont des suies de diesel cancérigènes. L'utilisation d'un filtre à particules sur ces engins permet de réduire de 95 % la teneur en particules des gaz d'échappement.

L'entretien des machines peut également agir sur les émissions, étant donné que des machines mal entretenues génèrent davantage d'émissions atmosphériques.

Dans son document « Quelques bonnes pratiques sur chantier », l'APESA³ propose d'utiliser des carburants dits 'propres' en remplacement du diesel : le gaz de pétrole liquéfié [GPL], le gaz naturel pour véhicules [GNV], les carburants TBTS [Très Basse Teneurs en Soufre] ou encore l'émulsion Eau dans Gazole [EEG]. L'EEG est un mélange de diesel, d'eau, et d'agents émulsifiants. Le principal avantage de l'EEG est de permettre la réduction de 15 à 30 % des rejets de NOx et de 30 à 80 % des émissions de particules carbonées. Enfin l'utilisation d'équipements fonctionnant à l'électricité ou sur batterie plutôt qu'au gazoil ou autres carburants fossiles permet d'éviter l'émission de polluants locaux.

Les autres axes de réduction font appel au comportement des opérateurs.

³ L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine (Pau, Lescar, Bidart, Bordeaux)

Un bon entretien et un réglage approprié des engins selon les spécifications du constructeur permettent d'assurer leur fonctionnement optimal et par suite, de limiter leurs émissions.

Un moteur diesel consomme environ 4 litres/heure pour un ralenti à 1 000 tours/minute. Les changements de comportement des opérateurs sur chantier en vue de limiter les ralentis sont des moyens reconnus de réduction des émissions.

5.2.2 Mesures de réduction des émissions de poussières

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses.

Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis⁴ en a ainsi identifiées cinq :

- 1. Les opérations de démolition
- 2. La circulation des différents engins de chantiers
- 3. Les travaux de terrassement et de remblaiement

Et, dans une moindre mesure :

- 4. La découpe de matériaux divers (exemple tuyaux)
- 5. Les travaux de soudure

Afin de réduire ces émissions de poussières, certaines actions ciblées peuvent être réalisées :

- L'humidification du terrain, qui permet d'empêcher l'envol des poussières par temps sec en phase de terrassement
- L'utilisation de goulottes, pour le transfert des gravats
- Le bâchage systématique des camions
- La mise en place de dispositifs d'arrosage lors de toute phase ou travaux générateurs de poussières

5.2.3 Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP

Les émissions de composés organiques volatils (COV) peuvent notamment être réduites en :

- Utilisant, si possible, des produits contenant peu ou pas de solvants
- Refermant bien les tubes, pots et autres récipients immédiatement après usage pour que la quantité de solvant qui s'en échappe soit aussi minime que possible
- Utilisant les vernis, colles et autres substances le plus parcimonieusement possible selon les indications du fabricant

⁴ Institut Pasteur, 2004, "Étude des impacts environnementaux liés à la construction de la nouvelle parcelle", Département Hygiène, Sécurité et protection de l'Environnement.

Concernant les opérations de préparation du bitume, de revêtement et d'étanchéité, les mesures de réduction des émissions possibles sont les suivantes :

- Bannir des préparations thermiques des revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;
- Employer des bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;
- Employer des émulsions bitumineuses plutôt que de solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;
- Abaisser au maximum la température de traitement par un choix approprié des liants ;
- Utiliser des asphaltes coulés et des bitumes à chaud et à faibles émanations de fumées ;
- Employer des chaudières fermées munies de régulateurs de température ;
- Éviter la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;
- Aménager les postes de soudage, afin que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.

5.2.4 Charte Chantiers Verts

La charte « Chantiers Verts » définit les bonnes pratiques et les règles environnementales de fonctionnement du chantier. Elle fédère l'ensemble des intervenants du chantier (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises) autour des mêmes objectifs environnementaux, c'est-à-dire :

- Limiter les risques sur la santé des salariés ;
- Circonscrire les nuisances et risques causés aux riverains ;
- Réduire les pollutions de proximité lors du chantier et limiter ses impacts sur l'environnement ;
- Gérer les déchets et limiter les pollutions sur le site.

Cette charte fait partie des pièces contractuelles du marché de travaux. Elle doit être remise à chaque intervenant sur le chantier et signée par chacun.

En pratique, la garantie d'un « Chantier Vert » passe par différentes étapes :

- En amont de l'opération, il s'agit de réaliser des études préalables et des actions de concertation afin d'évaluer l'impact du chantier sur l'environnement, puis d'élaborer son programme. Le maître d'ouvrage fixe alors les objectifs environnementaux qui y sont liés.
- L'insertion par le maître d'œuvre d'un projet répondant au programme et tenant compte des études préalables. Il définit les processus, les choix techniques et les matériaux permettant de tenir les objectifs définis, qu'il retranscrit dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP).

5.3 SYNTHÈSE

De manière générale, les principales émissions atmosphériques sont les poussières, auxquelles s'ajoutent les gaz d'échappement produits par les engins de chantier.

Le calcul des émissions d'un chantier se révèle complexe (connaissance préalable des durées réelles de la phase chantier, des matériaux utilisés, du nombre d'engins et de passages de poids lourds, de la sensibilisation des opérateurs aux mesures de réduction des émissions, etc.).

La quantification des émissions d'un chantier appelant un nombre important de données, il est très difficilement possible, au stade actuel de l'étude, de chiffrer l'ensemble des émissions atmosphériques du chantier de réalisation du projet de création de la ZAC « Parc Méridia ».

Par ailleurs, afin de limiter les émissions atmosphériques provenant des chantiers, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures de réduction, dont la charte « Chantiers Verts ».

6 IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION

6.1 ÉMISSIONS PROVENANT DES BATIMENTS CRÉÉS

6.1.1 Généralités – émissions atmosphériques du secteur résidentiel et tertiaire

Les données de ce sous-chapitre proviennent intégralement des études du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique [CITEPA].

Selon ces études, la participation de ces secteurs dans les émissions totales de particules en France Métropolitaine est pratiquement constante sur la période 2010-2019⁵ et cela pour tous les types de particules (cf. graphiques ci-après).

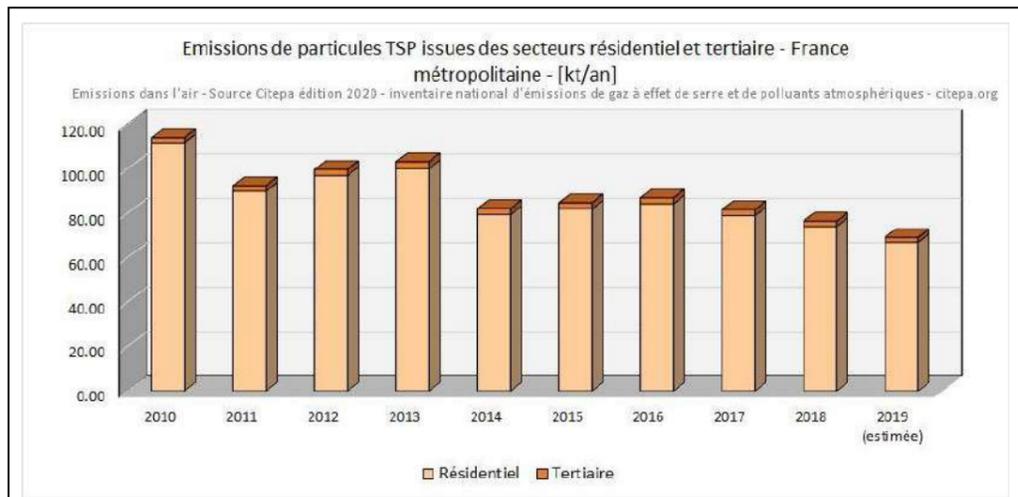
Il est constaté que ces secteurs représentent ensemble environ :

- Un tiers des émissions de particules PM10 et de carbone suie
- La moitié des émissions de particules PM2,5
- 65 % des émissions de particules PM1 (ultra fines)
- Mais seulement 8 à 10 % des émissions de particules TSP

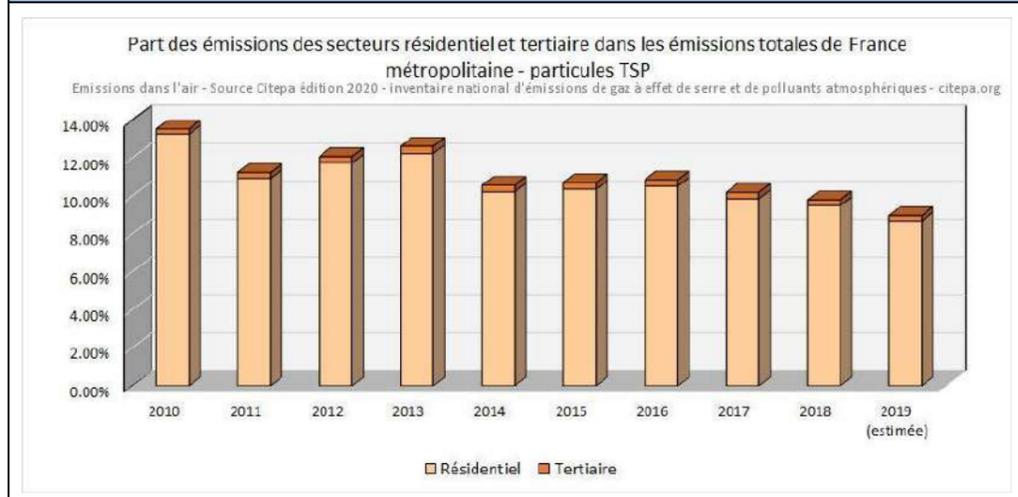
Il est également possible d'observer que le secteur résidentiel est beaucoup plus émetteur que le secteur tertiaire.

À noter que pour le carbone suie, la participation de ces deux secteurs est en hausse depuis 2010.

⁵ Données de l'année 2019 estimées

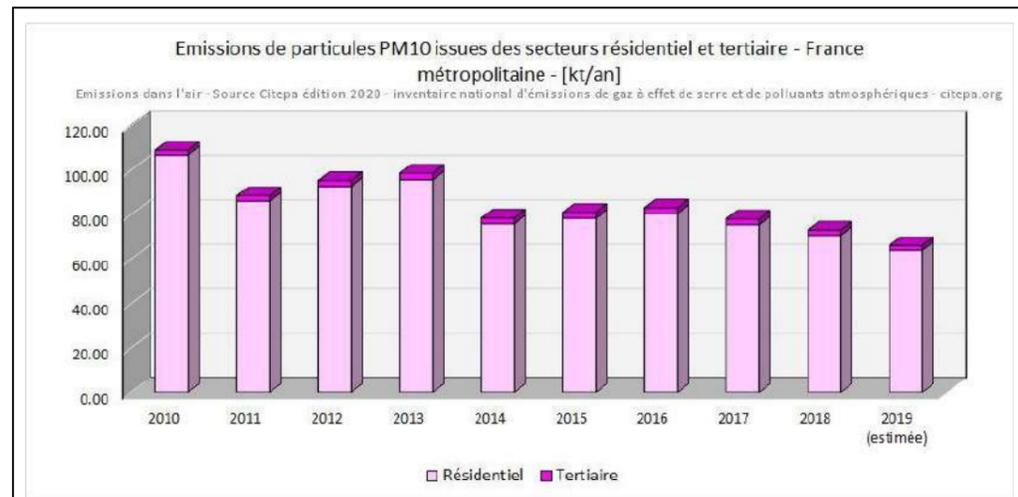


Émissions de TSP (kt/an) - Périmètre : France métropolitaine

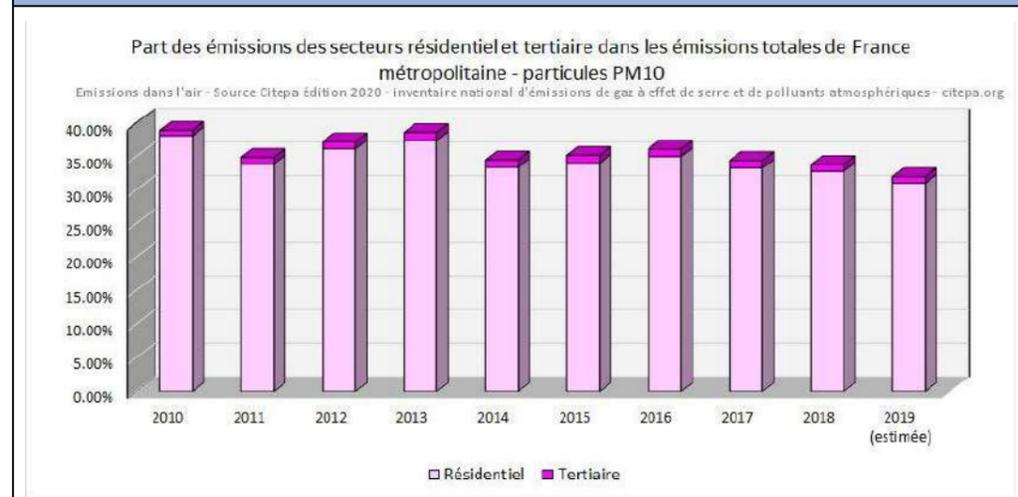


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 1 : Inventaires des émissions pour la France métropolitaine – Particules TSP - France métropolitaine

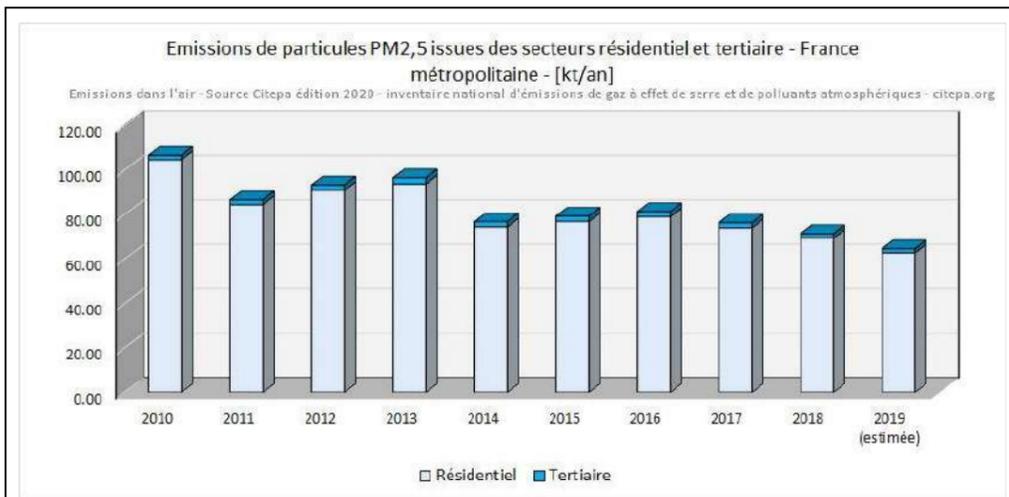


Émissions de PM10 (kt/an) - Périmètre : France métropolitaine

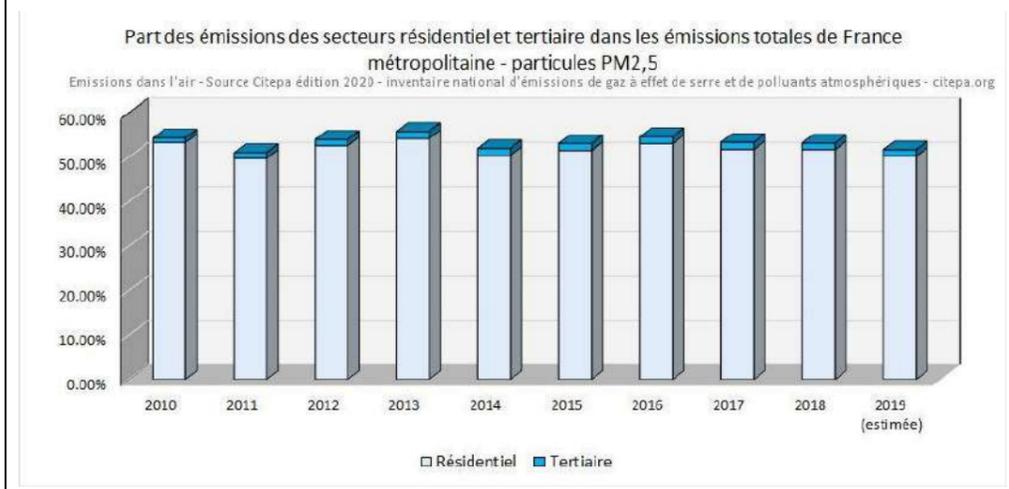


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 2 : Inventaires des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM10 - France métropolitaine

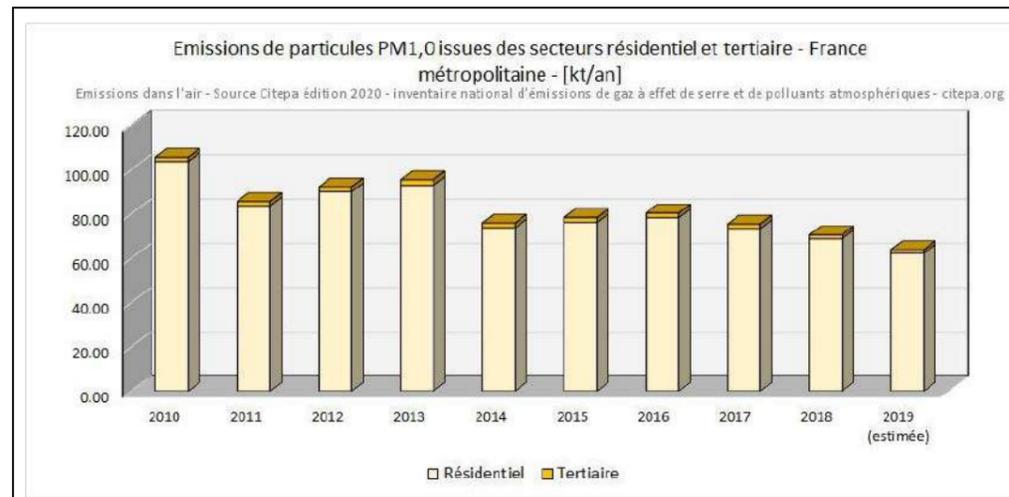


Émissions de PM2,5 (kt/an) - Périmètre : France métropolitaine

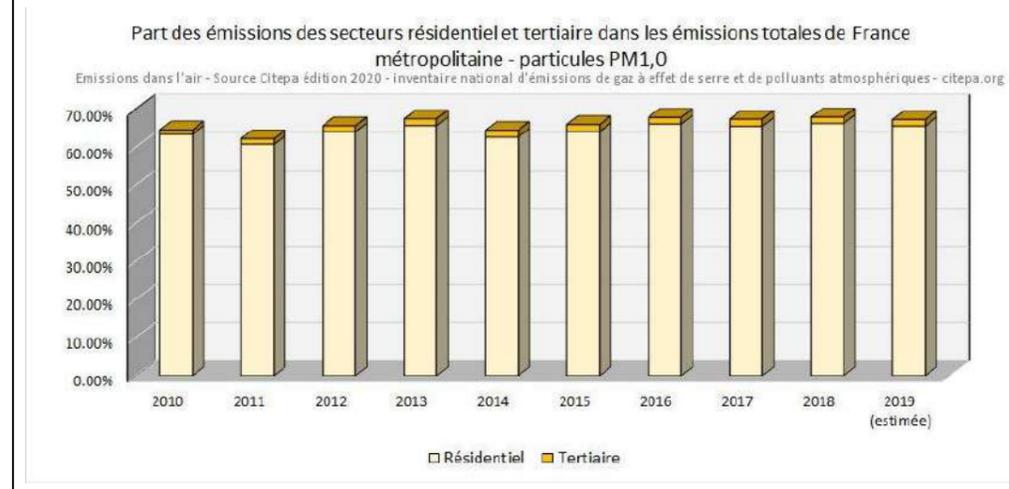


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 3 : Inventaires des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM2,5 - France métropolitaine

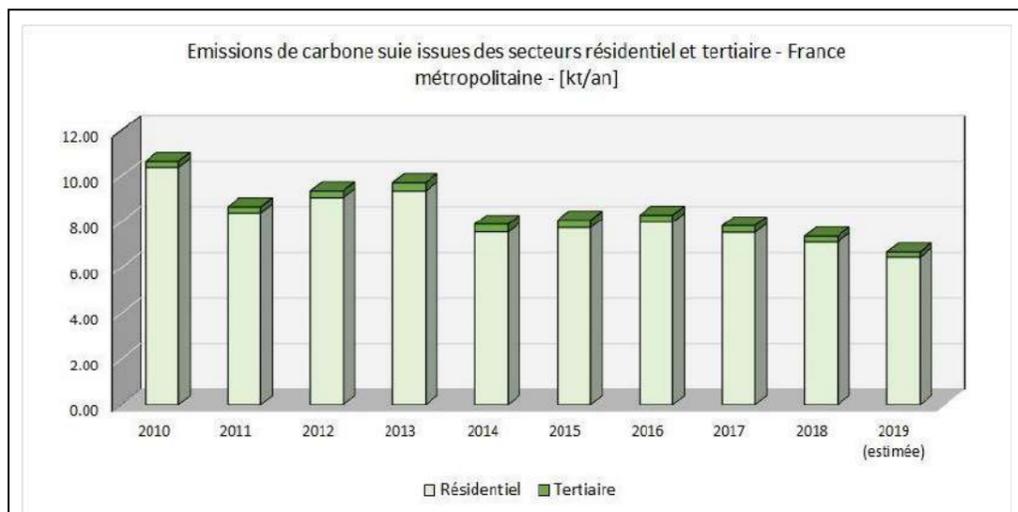


Émissions de particules PM1,0 (kt/an) - Périmètre : France métropolitaine

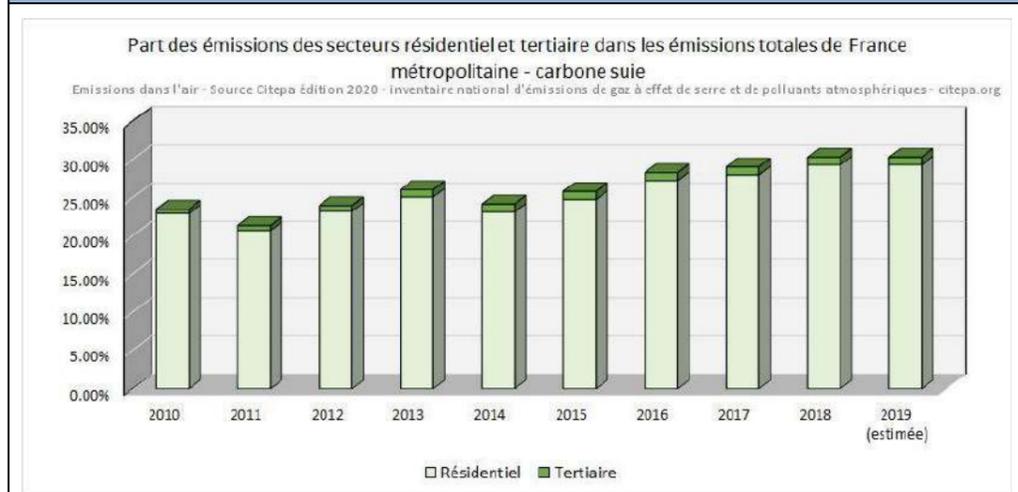


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 4 : Inventaires des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM1,0 - France métropolitaine



Émissions de carbone suie (kt/an) - Périmètre : France métropolitaine



Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 5 : Inventaires des émissions pour la France métropolitaine – Carbone suie - France métropolitaine

Les graphiques qui vont suivre illustrent les émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique et celles des métaux.

Ils représentent aussi la contribution du secteur résidentiel et tertiaire dans les émissions totales en France métropolitaine.

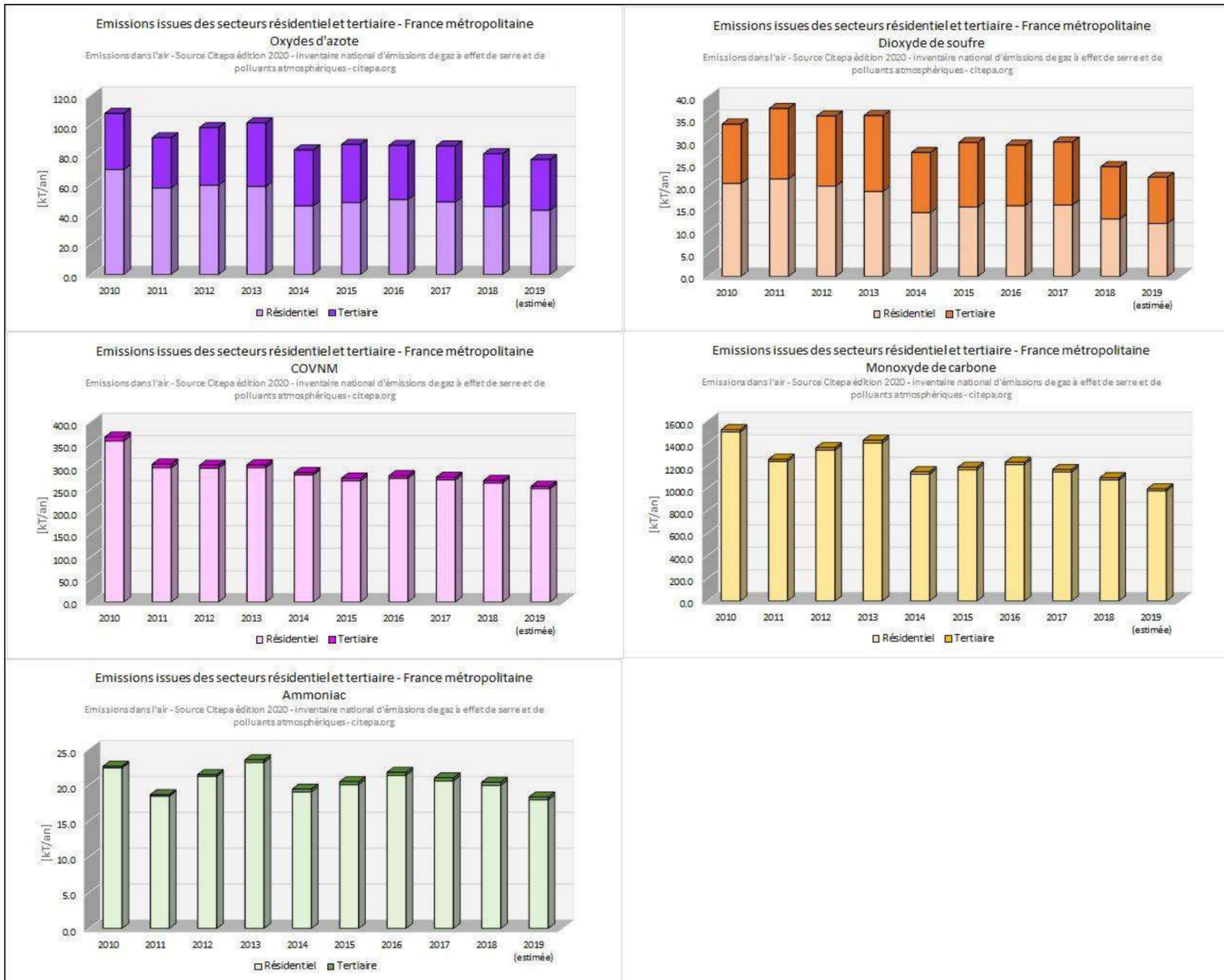


Figure 6 : Émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine

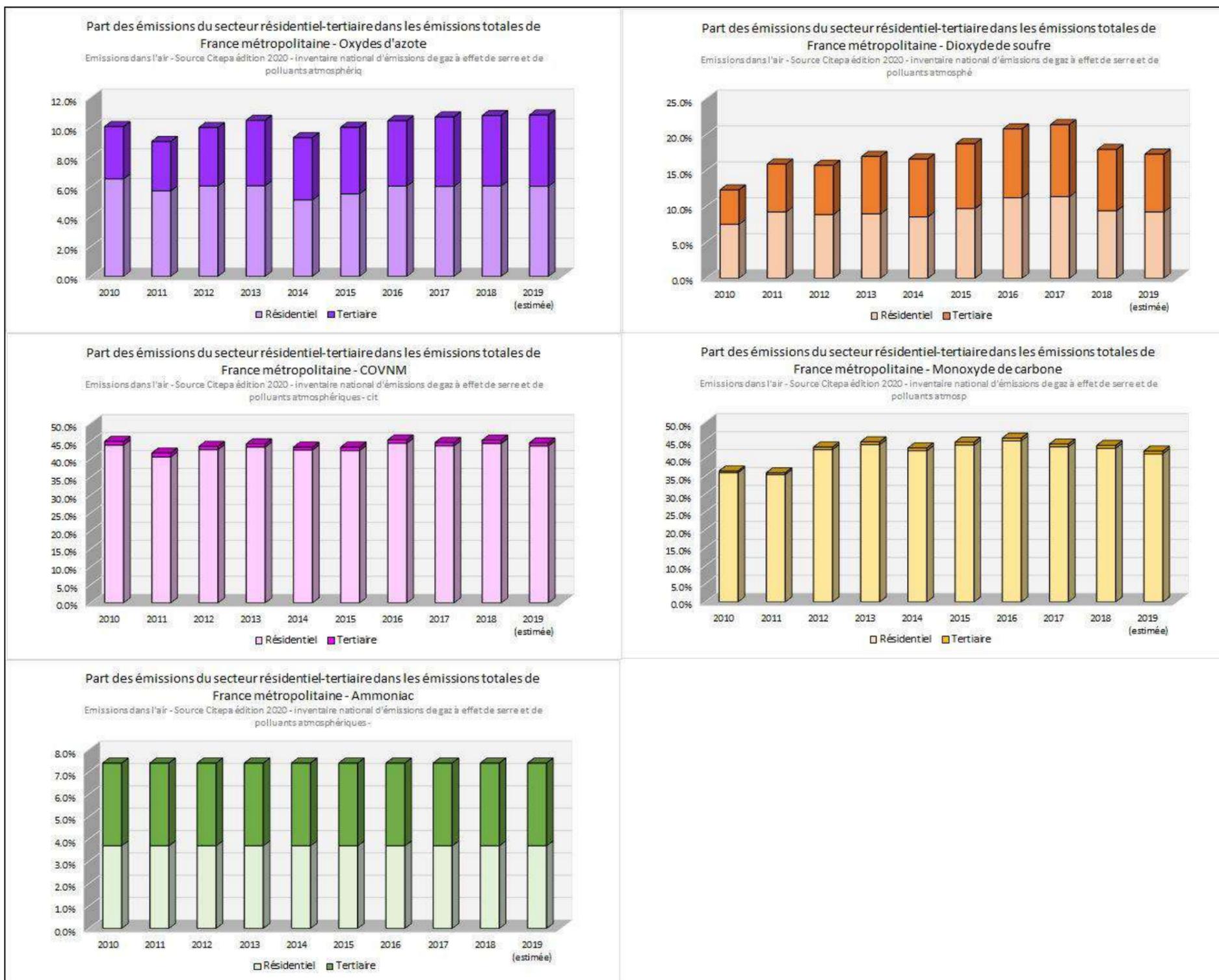


Figure 7 : Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique

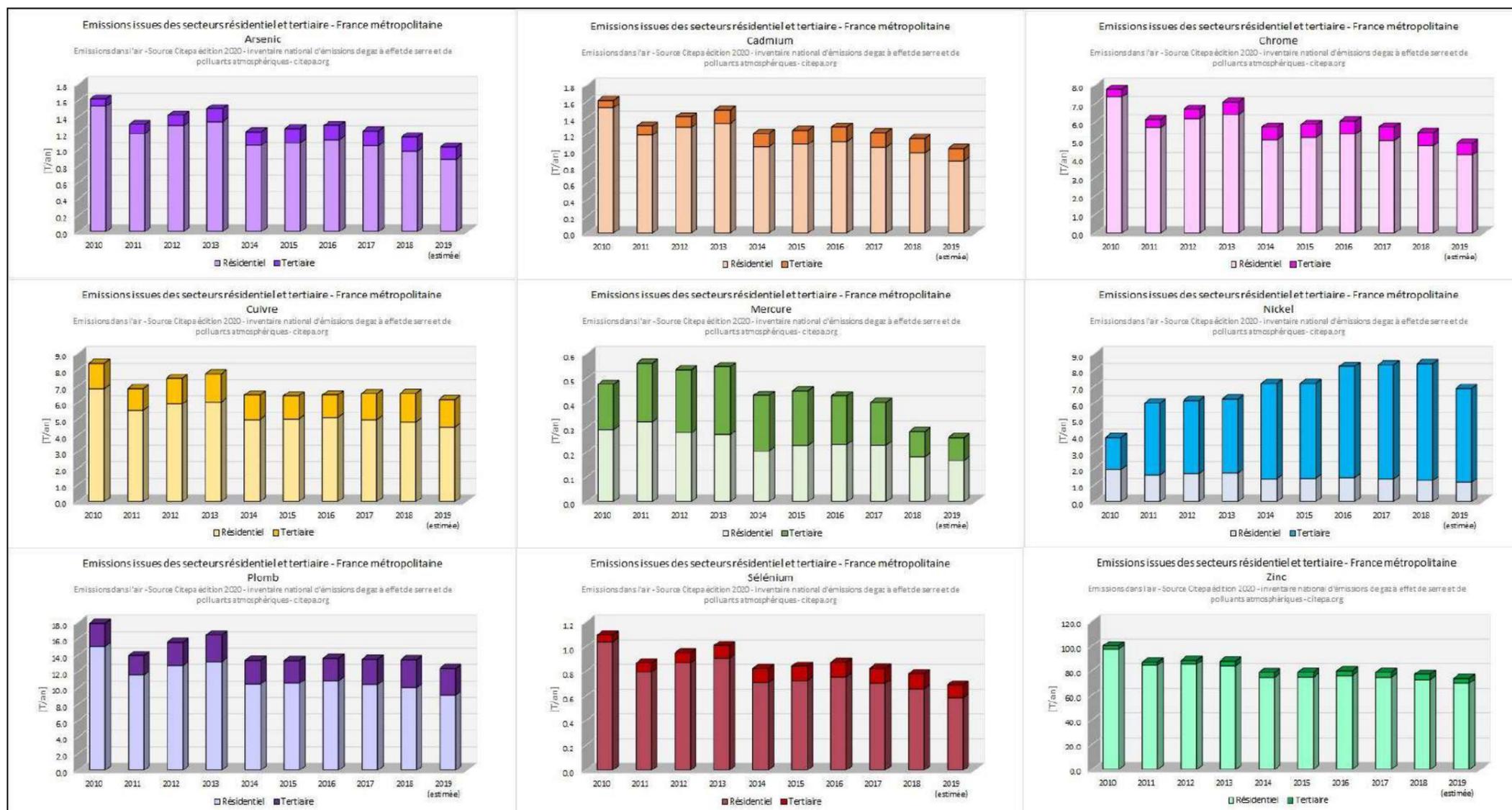


Figure 8 : Émissions des métaux provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine

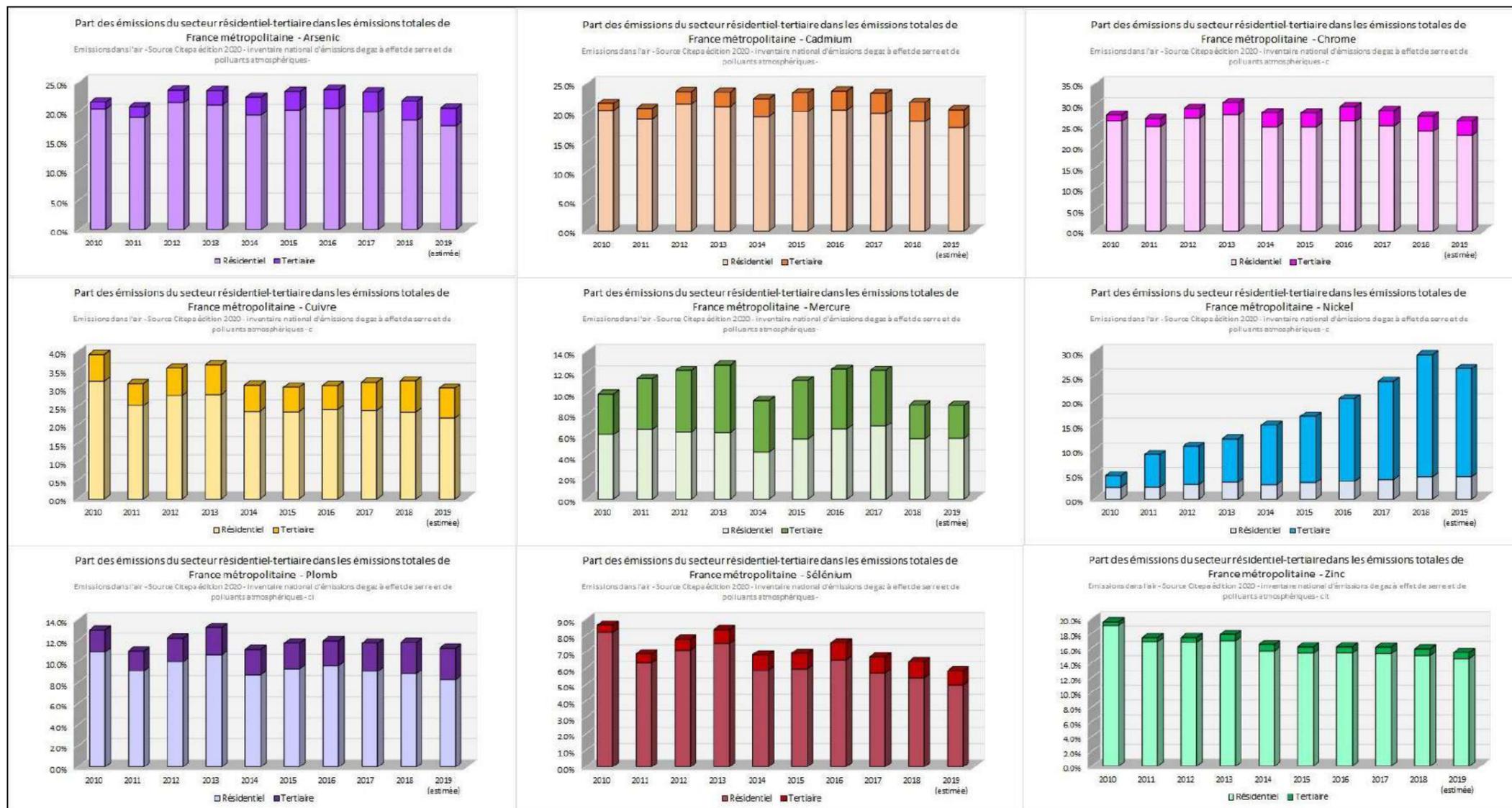


Figure 9 : Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – métaux

Les secteurs résidentiel et tertiaire représentent seulement 10 % des émissions d'oxydes d'azote en moyenne sur la période 2010-2019, MAIS 45 % des émissions de COVNM en moyenne sur la même période.

Ces secteurs représentent aussi :

- Entre 20 et 25 % des émissions d'arsenic, de cadmium et de nickel ;
- Entre 27 % et 31 % des émissions de chrome ;
- Environ 16 % des émissions de zinc ;
- Moins de 10 % des émissions de cuivre, de mercure, de plomb et de sélénium.

Enfin, principalement à cause du chauffage au bois/biomasse, les secteurs résidentiel et tertiaire contribuent à hauteur de 65 % aux émissions de HAP, en moyenne sur la période 2010-2019.

6.1.2 Émissions atmosphériques issues des bâtiments

Les bâtiments (résidentiels et tertiaires) engendrent des émissions polluantes majoritairement *via* les systèmes de :

- Chauffage (combustion d'énergie fossile) ;
- Ventilation.

Pour les systèmes de chauffage, les émissions proviennent de la combustion d'énergie fossile et diffèrent selon les combustibles utilisés. Ainsi, la combustion de biomasse ou de fioul génère des particules PM10 et PM2,5 avec des HAP et des dioxines/furanes, à l'inverse de la combustion du gaz naturel qui n'en émet presque pas.

Seuls les oxydes d'azote sont produits, quel que soit le combustible utilisé, puisqu'ils se forment à haute température à partir de l'azote de l'air.

Les systèmes de ventilation rejettent à l'extérieur l'air « pollué » issu de l'intérieur des bâtiments.

Les sources de pollution de l'air intérieur sont multiples.

Sont distinguées trois catégories principales :

- Les composés chimiques, en majorité des COV (toluène, formaldéhyde par exemple) ;
- Les facteurs physiques (particules, fibres minérales, radon) ;
- Les agents biologiques (champignons/moisissures, bactéries et virus).

Les émissions provenant de la ventilation sont dépendantes de plusieurs critères, soit les suivant :

- Usage des locaux ;
- Nombre de personnes fréquentant un bâtiment donné ;
- Matériaux de constructions ;
- Conditions environnantes ;
- Systèmes de ventilations/d'aération ;
- Température au sein des locaux et taux d'humidité.

Tous ces facteurs expliquent qu'il est malaisé de se prononcer sur la composition-type d'un rejet issu des ventilations.

Seules des mesures des rejets sont à même de les caractériser.

Néanmoins, des mesures techniques et réglementaires sont progressivement mises en place en vue de réduire à la fois la pollution à l'intérieur des bâtiments (comme par exemple, celle limitant le taux de solvants présent dans les peintures) et les rejets des systèmes de chauffage.

6.1.3 Impacts du projet (secteurs résidentiel et tertiaire) sur la qualité de l'air

Les bâtiments créés devront respecter *a minima* les prescriptions de la Réglementation Thermique 2012, voire la RE 2020 (RT 2020) [envisagée pour l'été 2021 : son application ayant été repoussée en raison de la crise sanitaire du Covid-19] dont le principal objectif est de ramener la performance énergétique de tous les bâtiments construits après 2020 à énergie positive.

Cela implique que les bâtiments construits devront premièrement être fortement isolés avec une réduction drastique des ponts thermiques et, ensuite, être équipés de chauffage à haute efficacité énergétique.

Ainsi, les émissions liées aux systèmes de chauffage seront limitées.

De même, compte tenu des réglementations visant à réduire les émissions de COV issus des meubles, des peintures et des produits ménagers, les émissions des ventilations seront modérées.

Par conséquent, les émissions polluantes liées aux bâtis devraient être restreintes et leurs impacts se révéler minimales - par rapport aux autres sources d'émissions déjà présentes - en particulier la circulation automobile.

6.2 IMPACT DU TRAFIC LIÉ À L'EXPLOITATION DU PROJET

Afin d'évaluer l'impact de la création de la ZAC « Parc Méridia », sur la qualité de l'air pour les horizons considérés, il est nécessaire de comparer les émissions dans l'air ambiant de composés indicateurs.

Les situations étudiées pour l'analyse des impacts afférents au projet sont les suivantes :

- Situation n°1 : Horizon actuel (année 2019) ;
- Situation n°2 : Horizon futur (année 2035) – Sans ZAC « Parc Méridia » – Situation Fil de l'Eau ;
- Situation n°3 : Horizon futur (année 2035) – Avec ZAC « Parc Méridia » – Situation projetée.

Au sens strict, le réseau d'étude pour un projet d'infrastructures routières, est composé des voies créées et/ou supprimées par le projet et des voies dont le trafic varie de +/- 10 % [axes dont le trafic est supérieur à 5 000 véh/jour] ou +/- 500 véhicules [axes dont le trafic est inférieur à 5 000 véh/jour] à l'horizon d'étude le plus lointain.

A l'égard du projet étudié (aménagement urbain), l'ensemble des brins dont les trafics ont été fournis sont pris en compte (cf. planche suivante).

Information : Les données concernant le trafic sont disponibles en détail et en annexe.

Pour chaque scénario, les éléments suivants sont utilisés comme données d'entrée par le modèle COPERT V pour la quantification de la consommation énergétique et des polluants générés au niveau des routes du réseau d'étude :

- Le trafic pour chaque tronçon exprimé en Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- La vitesse de circulation ;
- La longueur des brins routiers.

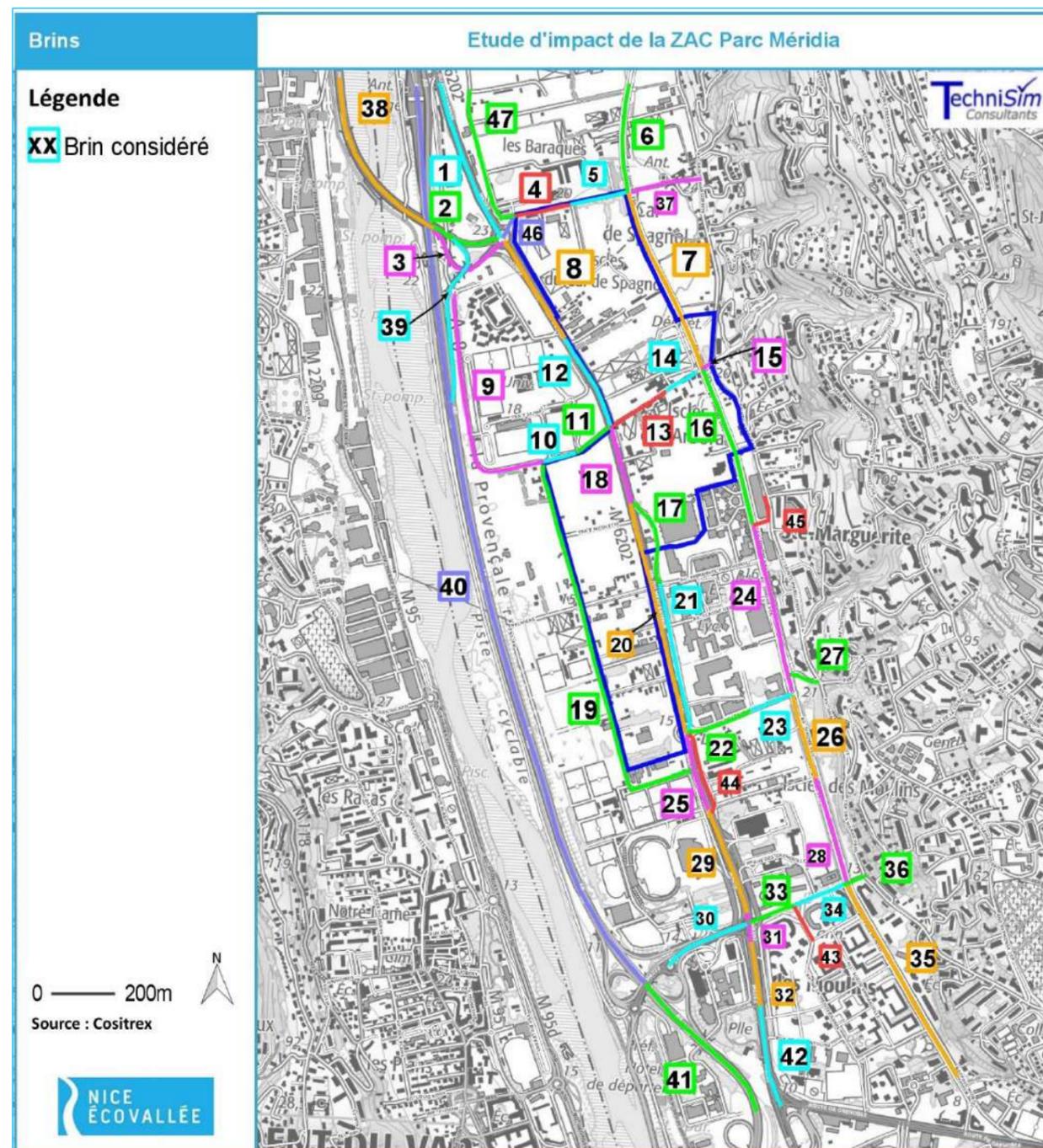


Figure 10 : Réseau d'étude

6.2.1 Indice VK

L'estimation des flux de trafic est réalisable avec l'indicateur « Véhicules-Kilomètres ».

Cet indice prend en considération non seulement le nombre de véhicules (trafic), mais également le trajet réalisé par ces mêmes véhicules.

Pour le scénario analysé et si l'on considère N tronçons routiers, l'indicateur VK est obtenu selon la formule suivante :

$$VK = \sum_{i=1}^{i=N} (V_i \times L_i)$$

Où :

VK = Nombre de « véhicules-kilomètres » [véhicules × km] ;

V_i = Nombre de véhicules sur le tronçon i [véhicules] ;

L_i = Longueur du tronçon i [km].

Le nombre VK permet alors l'estimation d'un flux de véhicules le long de leur parcours et des émissions potentielles consécutives à ce flux.

Les indices calculés sont synthétisés dans le tableau et la figure ci-après.

Tableau 2 : Indices VK du réseau d'étude

Indices VK		Véhicules Personnels (VP)	Véhicules Utilitaires Légers (VUL)	Poids Lourds (PL)	Tous véhicules (TV)
Situation N°1	2019 - Situation Actuelle	441 524	131 884	45 658	619 066
Situation N°2	2035 - Sans projet	497 131	148 494	50 974	696 599
Situation N°3	2035 - Avec projet	504 161	150 594	49 401	704 156

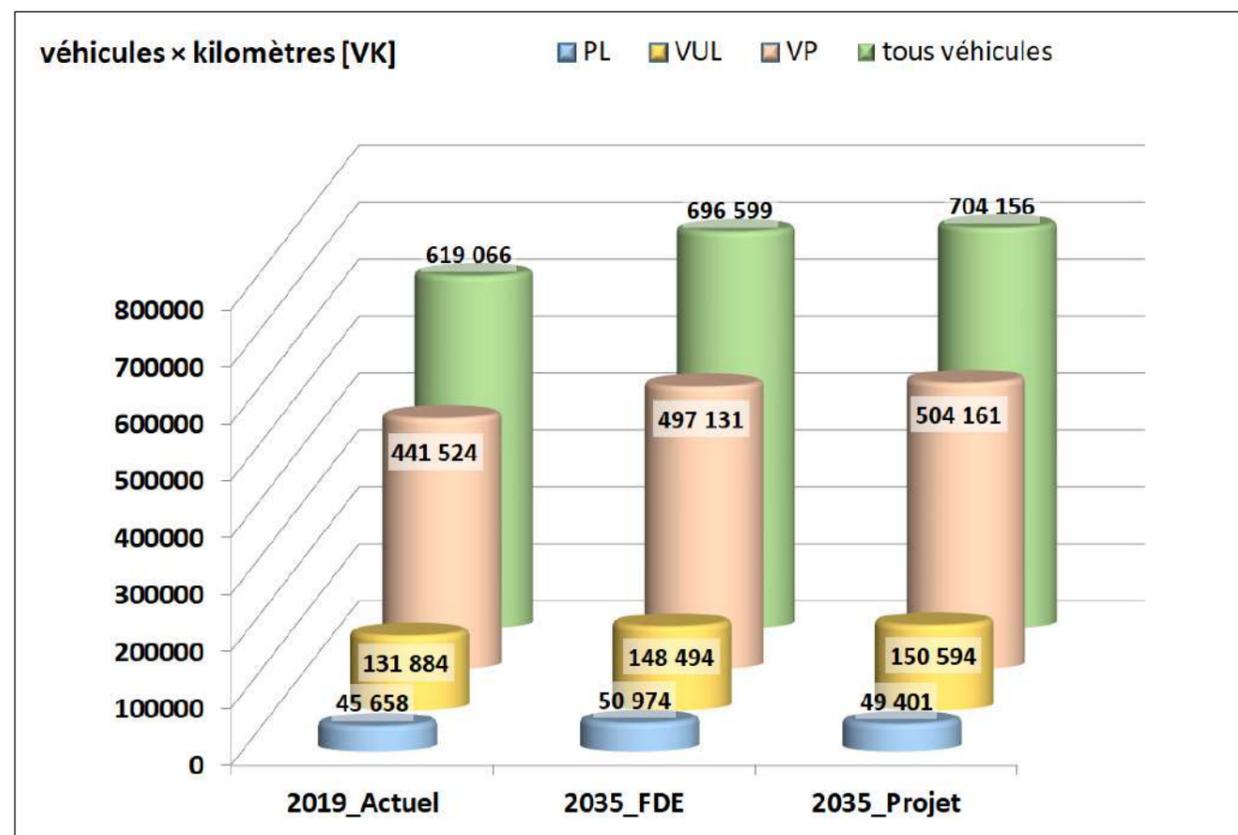


Figure 11 : Indices VK du réseau d'étude

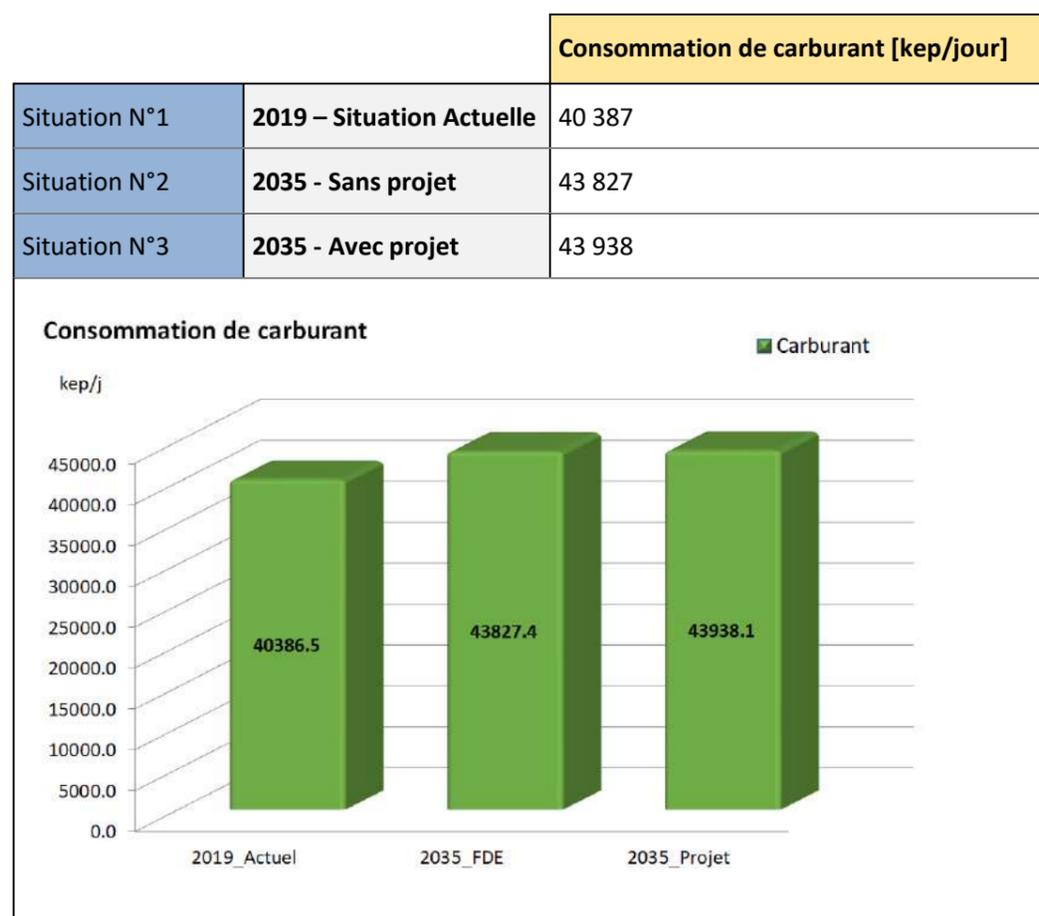
Au niveau du réseau d'étude - par rapport à la situation actuelle 2019 - les VK augmentent pour les situations futures au 'Fil de l'Eau' et 'Projet' (respectivement +12,5 % et +13,7 %).

La réalisation de l'aménagement va induire une légère augmentation des indices VK sur le réseau d'étude par rapport à la situation Fil de l'Eau (+1,1 % pour les VK TV).

6.2.2 Évaluation des consommations énergétiques

Le tableau et la figure ci-dessous représentent les consommations énergétiques moyennes calculées à partir des données trafics avec le logiciel COPERT V.

Tableau 3 : Consommation de carburant sur le réseau d'étude



Il est possible de constater que les consommations de carburant évoluent selon le même schéma tendanciel que les indices VK.

Par rapport à la situation 'actuelle', les consommations totales de carburant augmentent, sur le réseau d'étude, pour les situations futures au 'Fil de l'Eau' et 'Projet' (respectivement, +8,5 % et +8,8 %), à corrélérer avec l'augmentation des VK, en partie compensée par le renouvellement du parc automobile.

Sur le réseau d'étude, la mise en place du projet va entraîner une légère hausse de la consommation de carburant par rapport au scénario Fil de l'Eau, soit +0,3 %.

⁶ MEET : Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption - DG Transport, Commission Européenne - 1999.

6.2.3 Émissions atmosphériques du réseau d'étude

6.2.3.1 Méthodologie

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques est réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émissions du logiciel COPERT V.

COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un modèle élaboré au niveau européen (MEET⁶, CORINAIR, etc.) par différents laboratoires ou instituts de recherche sur les transports (INRETS, LAT, TUV, TRL, TNO, etc.). Diffusé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), cet outil permet d'estimer les émissions atmosphériques liées au trafic routier des différents pays européens. Bien qu'il s'agisse d'une estimation à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT s'applique, dans certaines limites, à des résolutions spatio-temporelles plus fines (1 heure ; 1 km²) et permet ainsi d'élaborer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier, que l'on appellera « brin », ou du réseau routier d'une zone précise ou d'une agglomération.

Ce modèle, développé sous l'égide de l'Agence Européenne de l'Environnement afin de permettre aux états membres d'effectuer des inventaires homogènes de polluants liés au transport routier, intègre l'ensemble des données disponibles aujourd'hui, et permet en outre le calcul de facteurs d'émission moyens sur une voie donnée ou un ensemble de voies, pour peu que les véhicules circulant sur cette voie constituent un échantillon représentatif du parc national.

COPERT V est capable d'utiliser le flux de véhicules sur chaque tronçon donné, soit par des comptages, soit par un modèle de trafic. Le flux total par tronçon est alors décomposé par type de véhicules selon la classification européenne PRE ECE, ECE et Euro. Cette ventilation utilise les données du parc automobile standard français déterminé en 2019 par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) pour l'intervalle 2015-2050.

Le système calcule les quantités de polluants rejetées par le trafic sur les différentes voies de circulation introduites dans le modèle.

Les émissions sont ainsi évaluées d'après les facteurs d'émission de méthodologies reconnues, principalement à partir du nombre de véhicules et de la vitesse de circulation, ainsi que de la longueur des trajets.

Les polluants considérés sont, en premier lieu, ceux de la Note technique du 22 février 2019.

Polluants de la Note technique du 22 février 2019 à considérer pour les émissions du réseau d'étude	Polluants de la Note technique du 22 février 2019 à ajouter pour l'ERS
Oxydes d'azote (NOx) Monoxyde d'azote (NO) Dioxyde d'azote (NO2) Particules PM10 Particules PM2,5 Monoxyde de carbone (CO) COVNM Benzène Dioxyde de soufre (SO2) Arsenic Nickel Benzo(a)pyrène (BaP)	16 HAP ⁷ dont le BaP 1,3-butadiène Chrome

Sont ensuite ajoutés les polluants recommandés par l'ANSES⁸, ainsi que les polluants dont les VTR sont connues.

Polluants issus de la recommandation ANSES de juillet 2012	Polluants dont les VTR sont connues
Ammoniac Dioxines Furanes Naphtalène Acétaldéhyde Acroléine Propionaldéhyde Ethylbenzène Formaldéhyde	Toluène Xylènes Cadmium Mercure Plomb Particules diesel à l'échappement

6.2.3.2 Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques du réseau d'étude

Le tableau immédiatement suivant dresse la liste des émissions journalières du réseau d'étude, sur la base du parc routier moyen français de l'IFSTTAR [Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux].

Tableau 4 : Émissions de polluants sur le réseau d'étude pour les scénarios traités

POLLUANTS	Unité	2019	2035	2035
		Situation actuelle Situation 1	Sans projet Situation 2	Avec projet Situation 3
Oxydes d'azote [éq. NO ₂]	[g/j]	3,86E+05	1,21E+05	1,22E+05
Monoxyde d'azote	[g/j]	1,80E+05	5,88E+04	5,93E+04
Dioxyde d'azote	[g/j]	1,10E+05	3,04E+04	3,07E+04
Monoxyde de carbone	[g/j]	1,89E+05	8,86E+04	8,97E+04
Dioxyde de soufre	[g/j]	3,20E+03	3,19E+03	3,19E+03
Ammoniac	[g/j]	3,58E+03	4,68E+03	4,79E+03
Particules PM10	[g/j]	2,53E+04	1,94E+04	1,95E+04
Particules PM2,5	[g/j]	1,83E+04	1,16E+04	1,16E+04
Particules à l'échappement	[g/j]	9,03E+03	1,24E+03	1,24E+03
COVNM	[g/j]	1,24E+04	2,42E+03	2,40E+03
Acétaldéhyde	[g/j]	4,29E+02	8,31E+01	8,13E+01
Acroléine	[g/j]	2,04E+02	3,39E+01	3,32E+01
Benzène	[g/j]	3,30E+02	4,98E+01	5,10E+01
1,3-butadiène	[g/j]	1,83E+02	5,40E+01	5,26E+01
Ethylbenzène	[g/j]	1,03E+02	2,07E+01	2,12E+01
Formaldéhyde	[g/j]	8,01E+02	1,53E+02	1,49E+02
Propionaldéhyde	[g/j]	1,15E+02	0,00E+00	2,24E+01
Toluène	[g/j]	5,18E+02	8,72E+01	8,96E+01
Xylènes	[g/j]	4,28E+02	8,55E+01	8,66E+01
16 HAP	[g/j]	8,48E+01	6,48E+01	6,53E+01
16 HAP en BaP équivalent	[g/j]	1,55E+00	1,19E+00	1,20E+00
Acénaphène	[g/j]	1,32E+01	6,50E+00	6,59E+00
Acénaphthylène	[g/j]	9,86E+00	4,86E+00	4,93E+00
Anthracène	[g/j]	1,56E+00	2,33E+00	2,34E+00
Benzo[a]anthracène	[g/j]	1,34E+00	9,44E-01	9,52E-01
Benzo[a]pyrène	[g/j]	7,66E-01	5,42E-01	5,47E-01
Benzo[b]fluoranthène	[g/j]	1,07E+00	8,88E-01	8,87E-01
Benzo[g,h,i]pérylène	[g/j]	1,50E+00	1,31E+00	1,33E+00
Benzo[k]fluoranthène	[g/j]	9,10E-01	7,21E-01	7,17E-01
Chrysène	[g/j]	2,73E+00	1,98E+00	1,97E+00
Dibenzo[a,h]anthracène	[g/j]	1,73E-01	1,03E-01	1,03E-01
Fluorène	[g/j]	1,83E+00	2,04E+00	1,98E+00
Fluoranthène	[g/j]	1,25E+01	1,01E+01	1,01E+01

⁷ Somme des HAP suivants : acénaphène, acénaphthylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène

⁸ AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - 12 juillet 2012

POLLUANTS	Unité	2019	2035	2035
		Situation actuelle Situation 1	Sans projet Situation 2	Avec projet Situation 3
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	[g/j]	7,64E-01	6,52E-01	6,57E-01
Phénanthrène	[g/j]	2,43E+01	2,29E+01	2,31E+01
Pyrène	[g/j]	1,16E+01	7,86E+00	7,90E+00
Benzo(j)fluoranthène	[g/j]	7,42E-01	1,18E+00	1,16E+00
Naphtalène	[g/j]	6,32E+02	4,43E+02	4,49E+02
Somme des métaux	[g/j]	7,82E-01	8,29E-01	8,31E-01
Arsenic	[g/j]	1,20E-02	1,23E-02	1,23E-02
Cadmium	[g/j]	8,02E-03	8,10E-03	8,12E-03
Chrome	[g/j]	2,55E-01	2,86E-01	2,86E-01
Mercuré	[g/j]	3,50E-01	3,66E-01	3,67E-01
Nickel	[g/j]	9,20E-02	9,15E-02	9,17E-02
Plomb	[g/j]	6,42E-02	6,53E-02	6,54E-02
Dioxines	[g/j]	5,67E-08	1,28E-08	1,30E-08
Furanes	[g/j]	8,42E-08	1,92E-08	1,94E-08

Tableau 5 : Évolution des émissions pour les principaux polluants sur le réseau d'étude

Émissions moyennes journalières	NOx	PM10	PM2,5	Particules à l'échappement	CO	SO ₂
Horizon 2035 Projet vs Fil de l'Eau	0,8%	0,4%	0,4%	0,6%	1,2%	0,2%
Fil de l'Eau 2035 vs Actuel 2019	-68,7%	-23,2%	-36,7%	-86,3%	-53,1%	-0,6%
Projet 2035 vs Actuel 2019	-68,5%	-22,9%	-36,4%	-86,2%	-52,6%	-0,4%
Émissions moyennes journalières	COVNM	Benzène	NO ₂	BaP	Arsenic	Nickel
Horizon 2035 Projet vs Fil de l'Eau	-0,9%	2,5%	1,1%	1,0%	0,2%	0,1%
Fil de l'Eau 2035 vs Actuel 2019	-80,5%	-84,9%	-72,3%	-29,3%	1,9%	-0,5%
Projet 2035 vs Actuel 2019	-80,7%	-84,6%	-72,0%	-28,6%	2,1%	-0,4%

Sur le réseau d'étude, il ressort que, à l'horizon 2035 :

- Les émissions polluantes pour les situations 'Fil de l'Eau' et 'Projet' diminuent par rapport à la situation actuelle pour les principaux polluants, sauf l'arsenic.

- La réalisation du projet va entraîner une légère hausse des émissions des principaux polluants (+0,1 % à +2,5 % en fonction du polluant) par rapport à la situation au Fil de l'Eau, à l'exception des COVNM dont les émissions diminuent en situation projet par rapport au Fil de l'Eau.

Cela est à corréliser avec l'augmentation des VK TV et la diminution des VK PL sur le réseau d'étude par rapport au scénario du Fil de l'Eau, induites par la mise en place de la ZAC Parc Méridia.

Tous polluants considérés et confondus dans cette étude (cf. listes précédentes), la réalisation de la ZAC Parc Méridia entraîne une évolution moyenne des émissions de polluants en hausse minime de +0,8 % par rapport au scénario Fil de l'Eau.

Comparativement à la situation actuelle 2019, l'évolution des émissions (tous polluants confondus dans cette étude) en situation projet est de -65,9 %.

Les polluants émis par la combustion tendent dans leur ensemble à diminuer drastiquement aux horizons futurs (Fil de l'Eau et Projet) à l'exception du SO₂ dont les émissions ne diminuent que très faiblement.

Les imbrûlés (COVNM) évoluent à la baisse de manière importante.

L'augmentation des trafics induite sur le réseau d'étude pour les situations au Fil de l'Eau et Projet à l'horizon futur (2035) par rapport à la situation actuelle, sera en grande partie compensée par la baisse des émissions, celle-ci étant liée au renouvellement du parc automobile. En effet, le remplacement des véhicules anciens par des véhicules plus récents et plus performants d'un point de vue environnemental grâce aux améliorations technologiques (par exemple, les systèmes d'épuration des gaz d'échappement) va générer la baisse des émissions des véhicules.

Quant aux polluants émis également par l'abrasion (usure des véhicules et des revêtements routiers), ces derniers voient leurs émissions diminuer de manière moins importante (PM10, PM2,5), voire augmenter comme pour l'arsenic, en raison de la hausse des VK.

Les diagrammes obtenus pour les principaux polluants émis par le trafic sur le réseau d'étude sont schématisés ci-après.

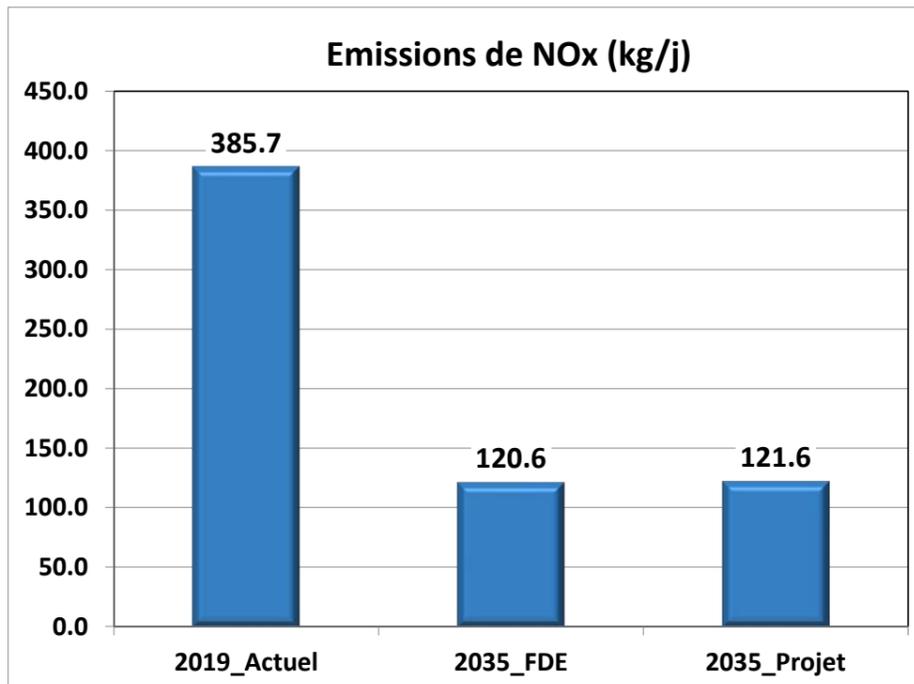


Figure 12 : Émissions d'oxydes d'azote (ég.NO₂) sur le réseau d'étude

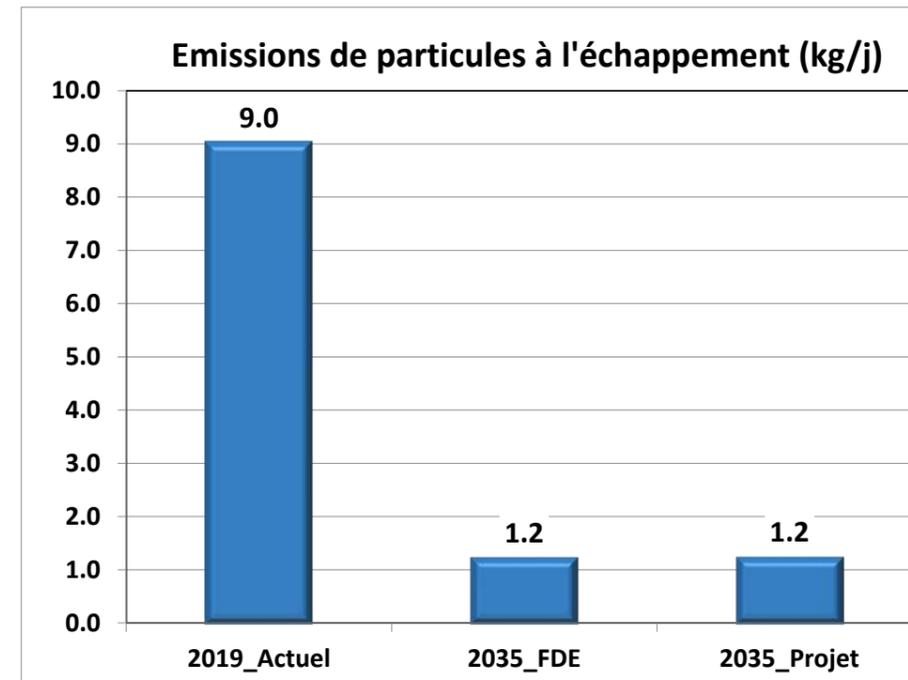


Figure 14 : Émissions de particules à l'échappement sur le réseau d'étude

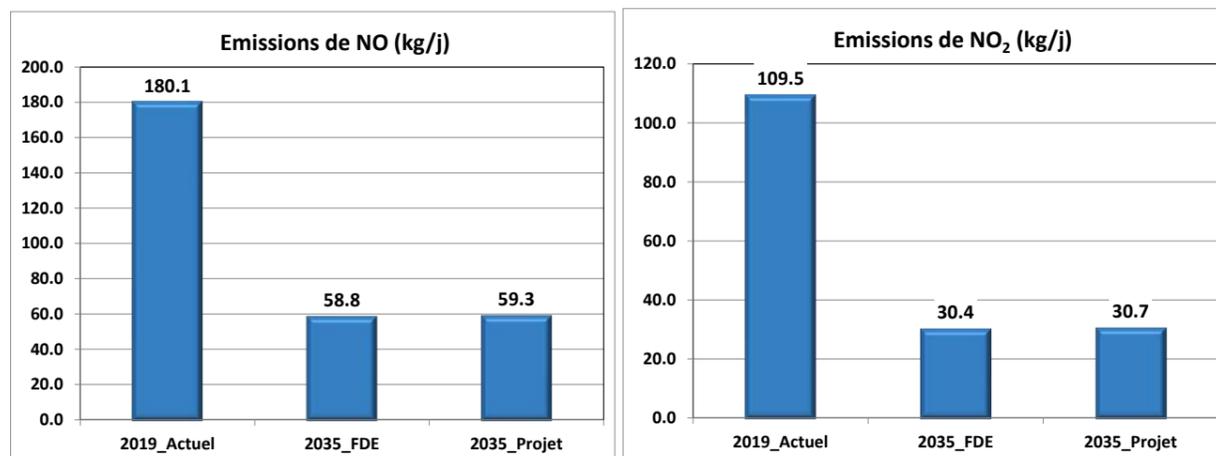


Figure 13 : Émissions de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote sur le réseau d'étude

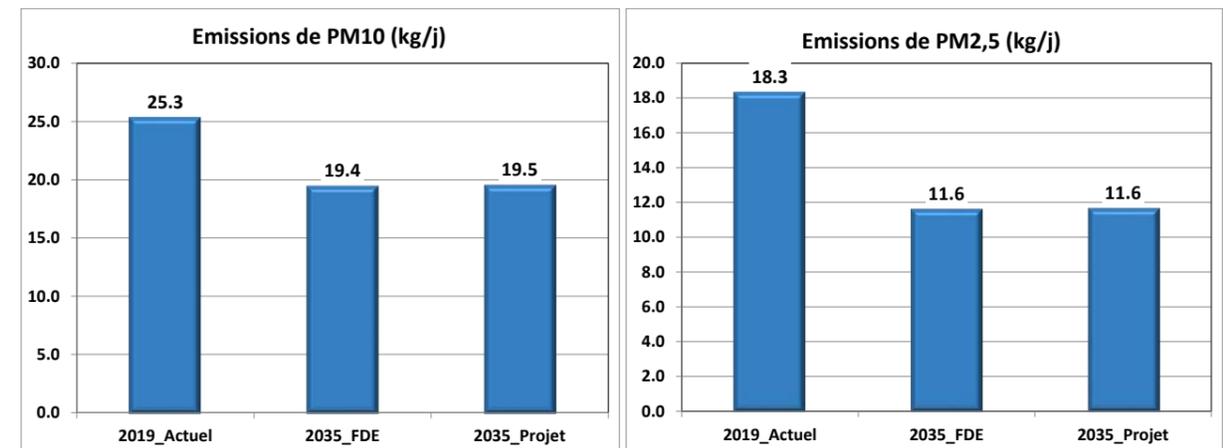


Figure 15 : Émissions de particules PM10 (à gauche) et PM2,5 (à droite) sur le réseau d'étude

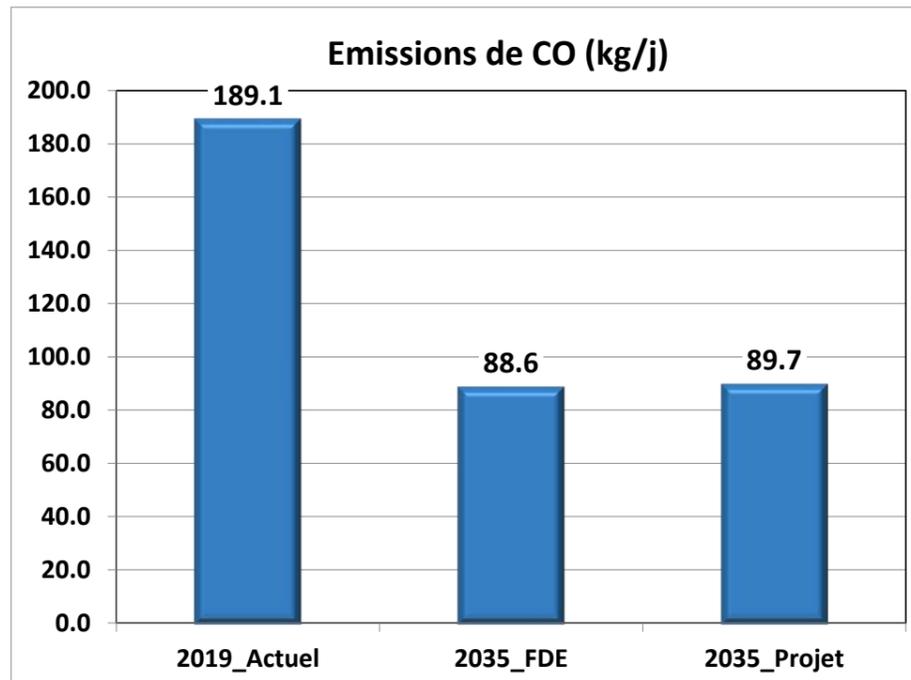


Figure 16 : Émissions de CO sur le réseau d'étude

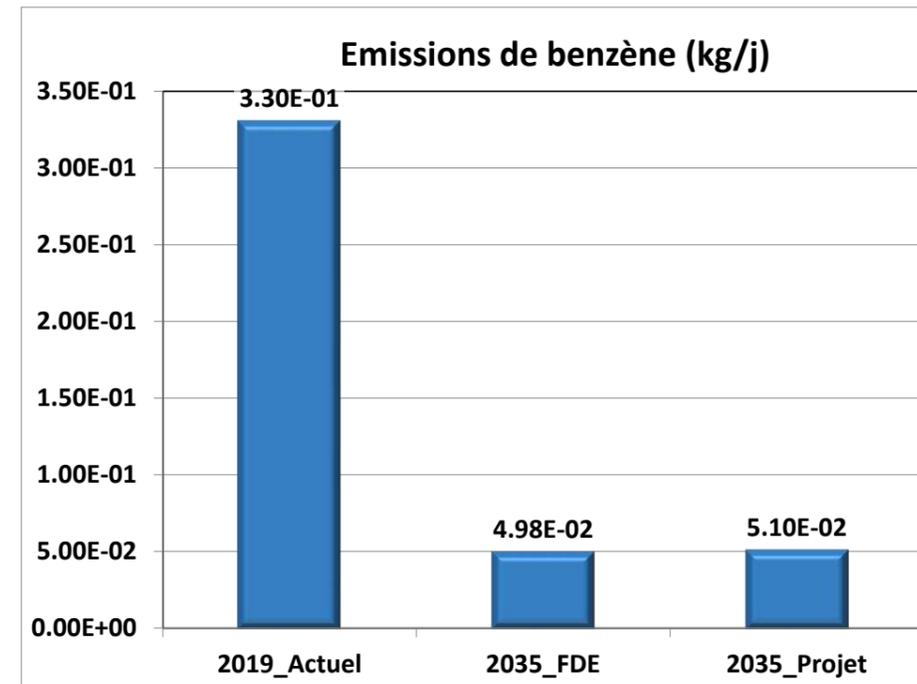


Figure 18 : Émissions de benzène sur le réseau d'étude

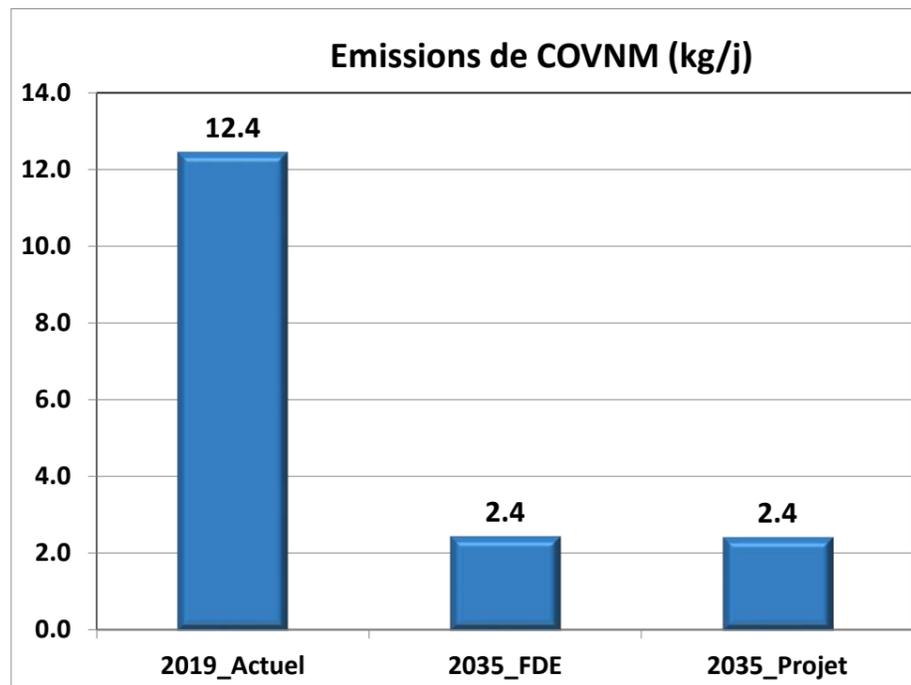


Figure 17 : Émissions de COVNM sur le réseau d'étude

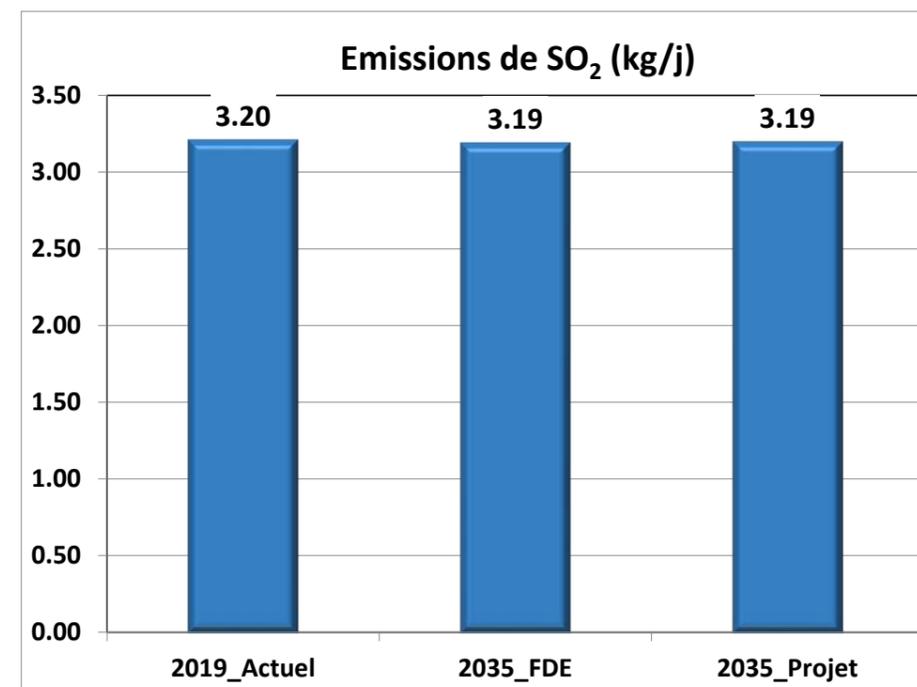


Figure 19 : Émissions de dioxyde de soufre sur le réseau d'étude

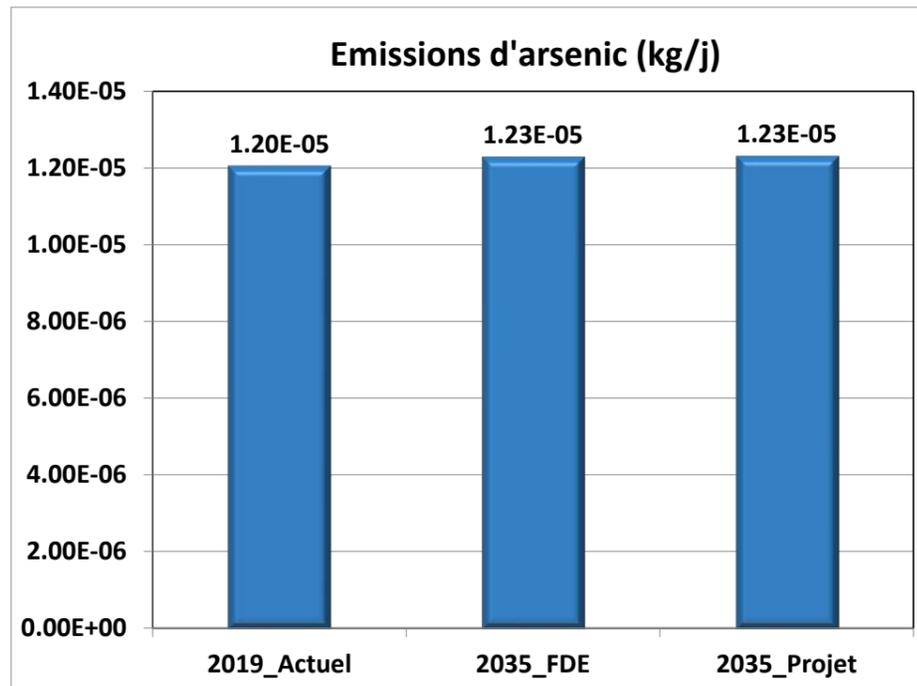


Figure 20 : Émissions d'arsenic sur le réseau d'étude

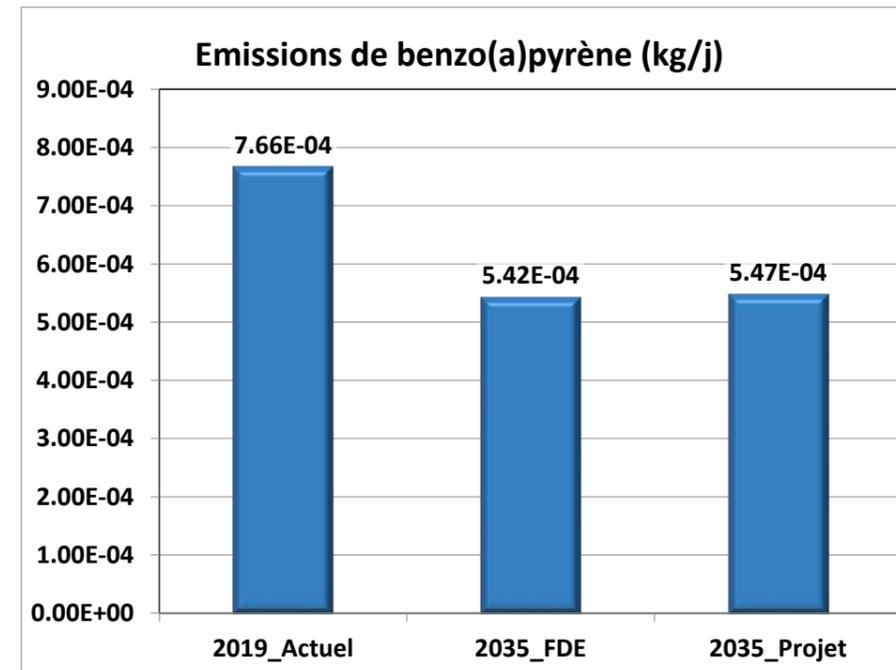


Figure 22 : Émissions de benzo(a)pyrène sur le réseau d'étude

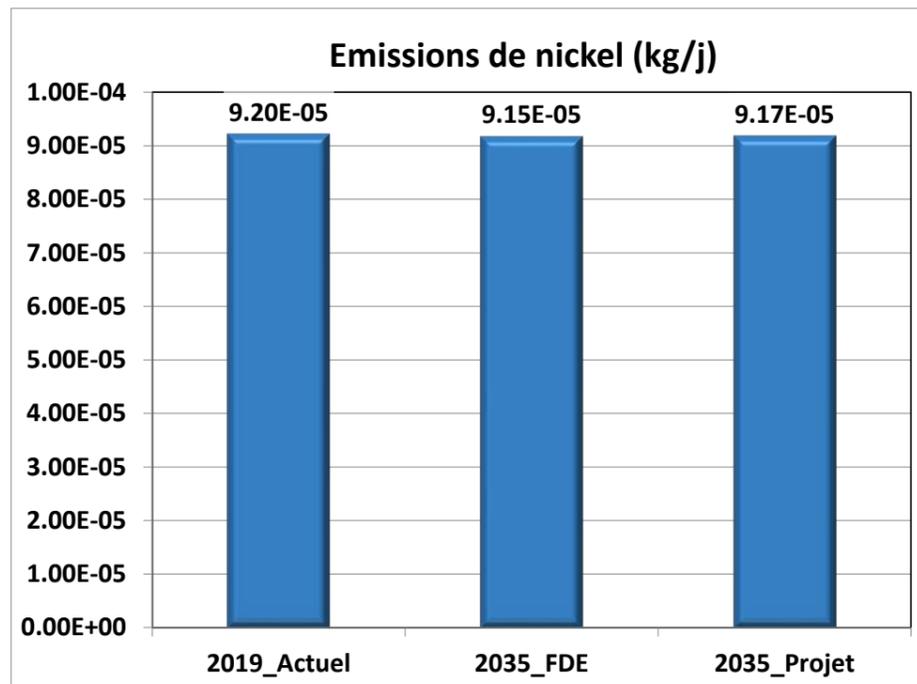


Figure 21 : Émissions de nickel sur le réseau d'étude

6.2.4 Simulation numérique de la dispersion atmosphérique

Pour mémoire, l'objectif de la simulation numérique est d'estimer les concentrations en polluants, aux alentours des sources et au niveau des populations / lieux vulnérables.

Ici, le modèle de dispersion atmosphérique utilisé est le logiciel AERMOD (US EPA / United States Environmental Protection Agency).

Les calculs de dispersion se basent sur des taux d'émissions prévisionnels, des données météorologiques et la topographie.

Méthodologie

Le modèle AERMOD est présenté par l'AERMIC (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) comme l'état de l'art parmi les modèles de dispersion de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce logiciel a, par ailleurs, été imposé comme modèle de dispersion de l'air obligatoire aux États-Unis pour toutes les études réglementaires.

C'est un modèle de type gaussien de dernière génération qui est basé sur la structure turbulente de la couche limite planétaire et des concepts d'échelles, incluant les terrains plats et complexes. Il détermine la vitesse du vent et la classe de stabilité qui donnent lieu aux concentrations maximales.

Cet outil suppose qu'il n'y a ni déposition lors du transport, ni réaction des polluants. Il permet de prédire des concentrations au sol de rejets gazeux non réactifs, ou de particules solides.

Par ailleurs, les avantages et les limites de ce type de logiciel sont connus et publiés.

AERMOD contient deux préprocesseurs (Aermet et Aermap) pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques.

L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations est la suivante :

$$C(x, y, z) = \frac{Q_m}{2 \cdot \pi \cdot u_{10} \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2(x)}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) \right]$$

- Avec C Concentration de polluants au point x,y,z (M/L³)
- Q Débit de la source de polluants en (M/T)
- U₁₀ Vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
- σ_y Écart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
- σ_z Écart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
- h Hauteur effective de la source de polluants (L)

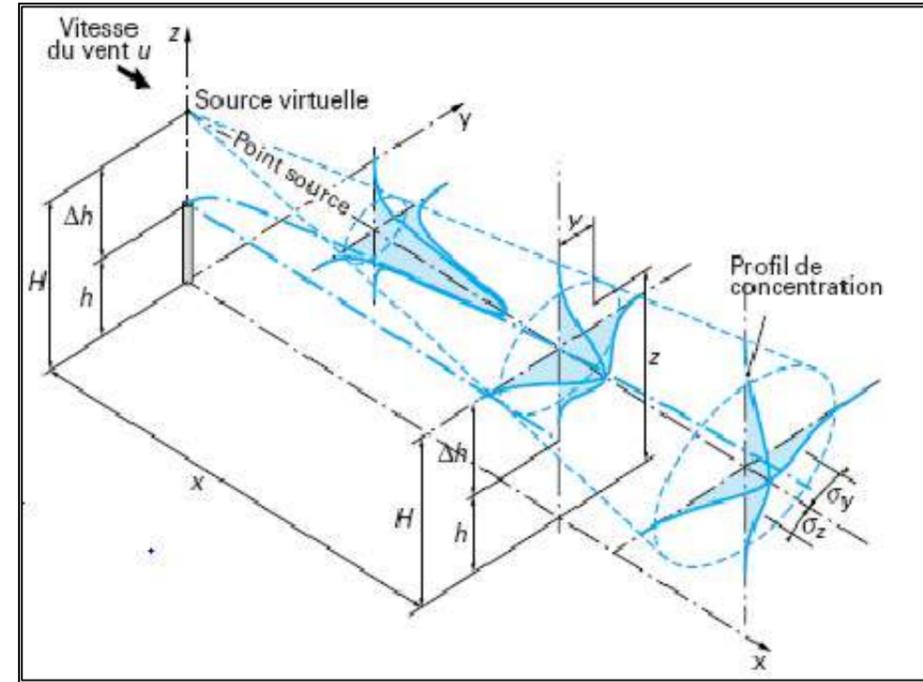


Figure 23 : Modélisation gaussienne d'un panache

La dispersion atmosphérique des polluants étant directement influencée par les conditions météorologiques, les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis par la station météorologique « Aéroport de Nice ».

Il s'agit des données horaires recueillies sur la durée de l'année 2008 complète, c'est-à-dire : du 1er janvier au 31 décembre. Cette durée permet d'obtenir une bonne représentativité statistique des situations météorologiques rencontrées sur une zone.

Par ailleurs, l'utilisation de données horaires permet d'assurer également une représentativité adéquate de l'évolution des paramètres.

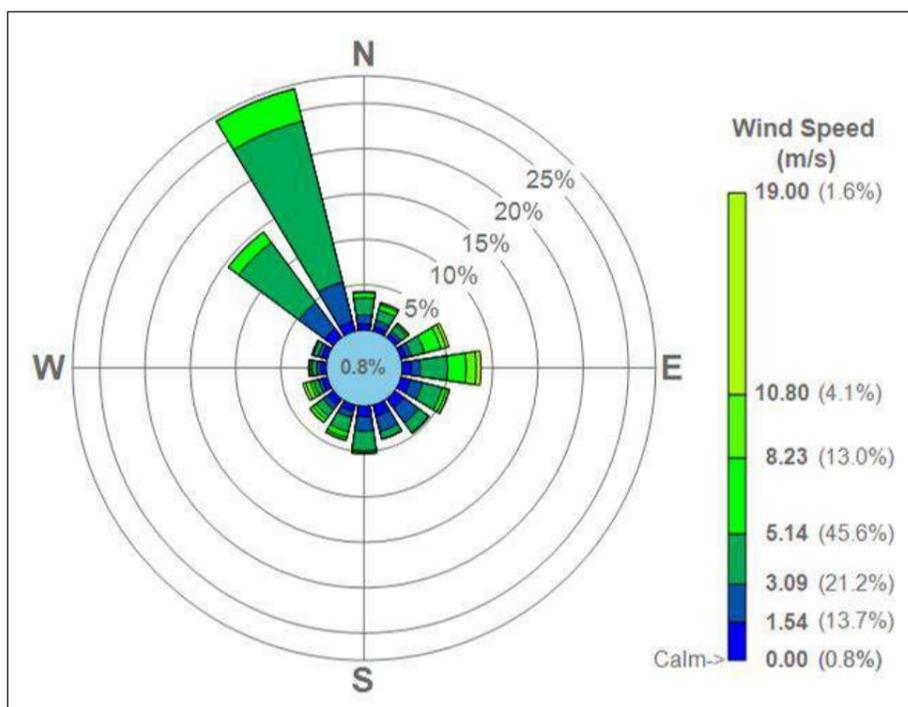


Figure 24 : Rose des vents utilisée pour les simulations

La topographie du terrain est intégrée au modèle à l'aide du préprocesseur Aermep.

Les hauteurs de terrain des nœuds du réseau de récepteurs constituent les données d'entrée nécessaires.

Les données topographiques ont été acquises auprès de l'IGN (résolution de 250 mètres jugée suffisante au regard de l'homogénéité du relief de la zone d'étude).

Le terrain considéré est un quadrilatère de 2 500 mètres sur 3 600 mètres.

Le terrain numérique obtenu est schématisé sur la planche immédiatement suivante.

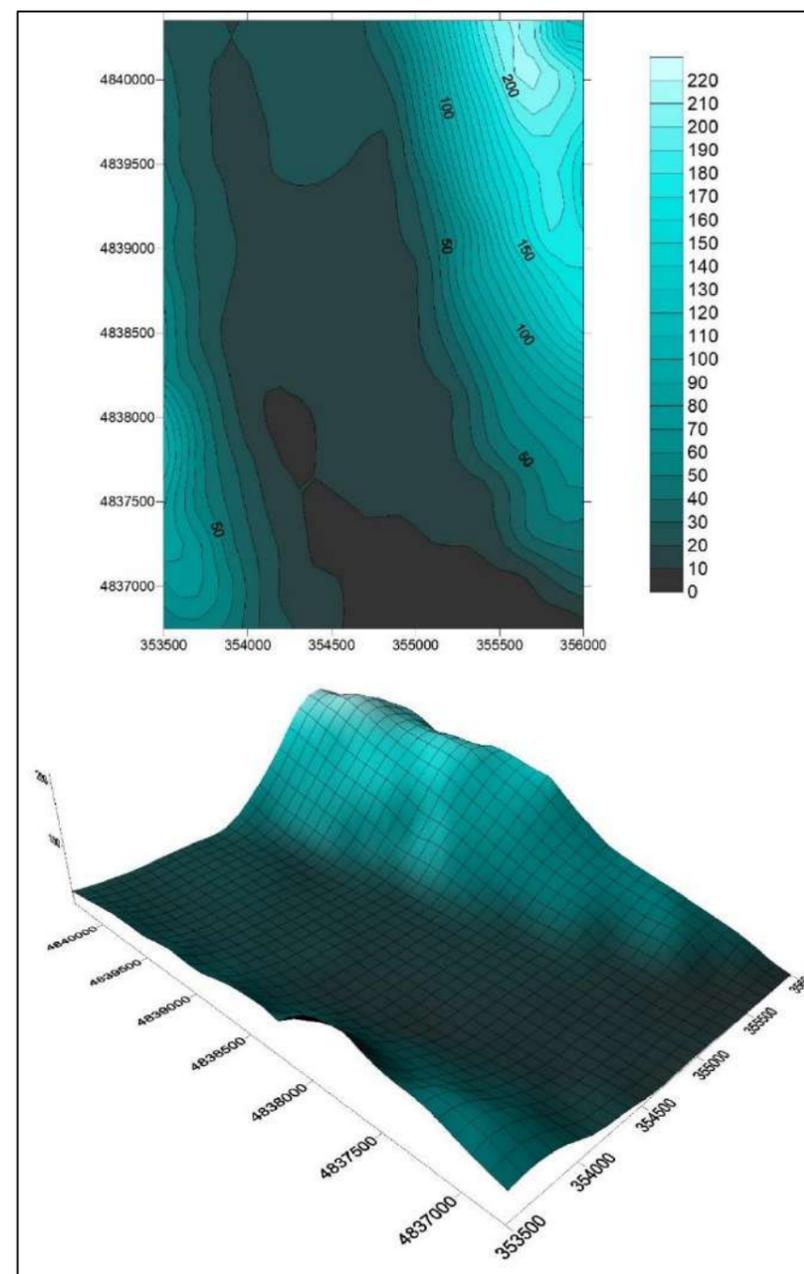
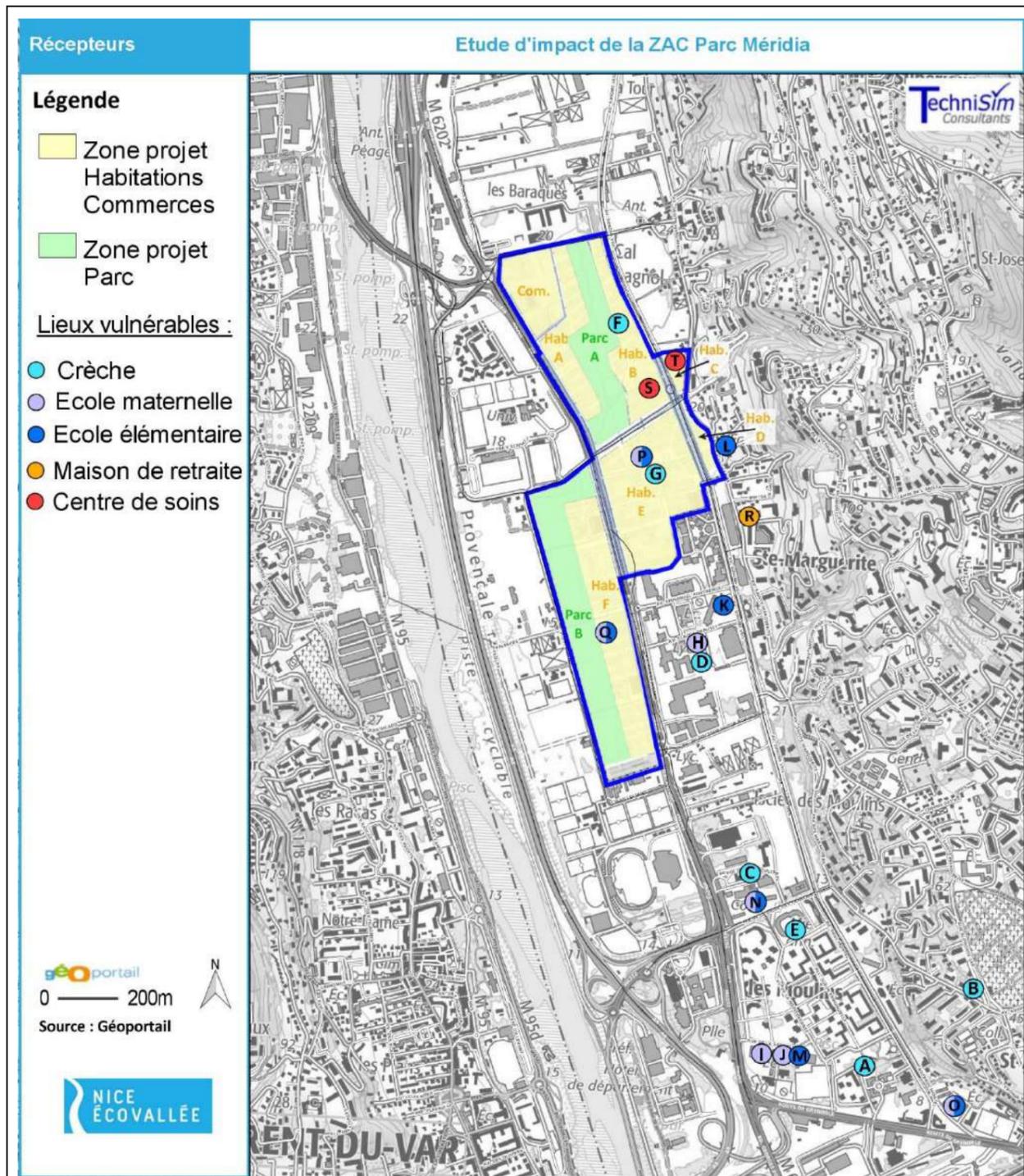


Figure 25 : Terrain numérique utilisé dans les modélisations

Les concentrations sont calculées en moyennes annuelles, journalières et horaires.

Elles sont relevées non seulement sur la grille de calcul mais aussi au niveau de récepteurs ponctuels (lieux vulnérables : crèches, écoles, maisons de retraite, centre de soins) et sur des grilles restreintes correspondant aux différents secteurs du périmètre projet.

Ces récepteurs sont repérés sur la planche qui va suivre.



Type d'établissement	Récepteur	Adresse / Dénomination / Effectif
CRECHES	A	9 rue Mère Thérèse - 06200 Nice - Crèche La Farandole (80 berceaux)
	B	30-34 Av. Henri Matisse - 06200 Nice - Crèche Les Petites Bulles ; people&baby (16 berceaux)
	C	6 rue des Grenouillères - 06200 Nice - Crèche Babilou Nice Grenouillères (60 berceaux)

	D	10 Av. Claude Debussy - 06200 Nice - Crèche l'Arbre bleu (100 berceaux)
	E	3 rue Joséphine Baker - 06200 Nice - Crèche Les Petits Loups (40 berceaux)
	F	Crèche faisant partie de la programmation Parc Méridia
	G	Crèche faisant partie de la programmation Parc Méridia
ÉCOLES MATERNELLES	H	Avenue Claude Debussy - 06200 Nice - École maternelle Les Pervenches (139 élèves)
	I	2 rue de la Santoline - 06200 Nice - École maternelle Bois de Boulogne 1 (95 élèves)
	J	2 rue Santoline - 06200 Nice - École maternelle Orchidées (73 élèves)
ÉCOLES ELEMENTAIRES	K	15 rue Claude Debussy - 06200 Nice - École élémentaire privée International School of Nice (245 élèves)
	L	290 av. Ste Marguerite - 06200 Nice - École élémentaire Verne (179 élèves)
	M	Rue Santoline - 06200 Nice - École élémentaire Bois Boulogne 1 (221 élèves)
ÉCOLES	N	194 Bd du Mercantour - 06200 Nice - École mat. Digue des Français (224 élèves)
		26 Traverse de la Digue des Français - 06200 Nice - École élémentaire Digue des Français 1 (174 élèves)
		18 Traverse de la Digue des Français - 06200 Nice - École élémentaire Digue des Français 2 (192 élèves)
	O	4 boulevard Paul Montel - 06200 Nice - École maternelle Moulins (142 élèves) - École élémentaire Moulins (200 élèves)
	P	Groupe scolaire faisant partie de la programmation Parc Méridia
Q	Groupe scolaire faisant partie de la programmation Parc Méridia	
MAISON DE RETRAITE	R	272 av Sainte Marguerite - 06200 Nice - EHPAD les Jardins de Sainte Marguerite (40 lits)
CENTRE DE SOINS	S	Pôle santé en projet
	T	Extension Pôle santé en projet
ZONES PROJET	Hab_A	Zone d'habitation en projet
	Hab_B	Zone d'habitation en projet
	Hab_C	Zone d'habitation en projet
	Hab_D	Zone d'habitation en projet
	Hab_E	Zone d'habitation en projet
	Hab_F	Zone d'habitation en projet
	Com.	Zone commerciale en projet
Parc A	Espace vert en projet	
Parc B	Espace vert en projet	

Figure 26 : Emplacement des récepteurs ponctuels et zones sur la grille de calcul

Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul

Résultats des simulations

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à hauteur d'Homme.

Ils sont obtenus pour chaque scénario de modélisation considéré, et reportés dans les tableaux immédiatement suivants.

Remarque importante : Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins du trafic de la zone d'étude. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération.

Concentrations relevées au niveau des lieux vulnérables présents en l'état actuel

Information : Les tableaux de résultats des concentrations modélisées au niveau de chaque lieu vulnérable sont disponibles en annexe.

Tableau 6 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

MAX Grille de calcul	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	5,33E+01	1,54E+01	1,62E+01
	Heure	2,36E+02	6,15E+01	6,11E+01
Particules PM10	Année	1,21E+01	1,05E+01	1,06E+01
	Jour	3,90E+01	2,92E+01	2,93E+01
Particules PM2,5	Année	8,94E+00	6,28E+00	6,35E+00
	Jour	1,57E+00	1,59E+00	1,61E+00
	Heure	5,17E+00	5,07E+00	5,09E+00
Dioxyde de soufre	Année	1,38E+01	1,32E+01	1,27E+01
	Jour	7,30E+02	3,47E+02	3,54E+02
	Heure	1,73E-01	2,84E-02	2,93E-02
Monoxyde de carbone	Année	3,14E-05	3,27E-05	3,30E-05
Benzène	Année	3,72E-04	2,78E-04	2,92E-04
Plomb	Année	5,88E-06	6,14E-06	6,21E-06
B[a]P	Année	3,92E-06	4,06E-06	4,10E-06
Arsenic	Année	4,50E-05	4,58E-05	4,63E-05
Cadmium				
Nickel				

Tableau 7 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

MAX Grille de calcul	Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	2,11E+00	2,67E+00	2,77E+00
PM à l'échappement	Année	4,59E+00	6,49E-01	6,75E-01
COVNM	Année	6,21E+00	1,27E+00	1,30E+00
Acétaldéhyde	Année	2,14E-01	4,31E-02	4,32E-02
Acroléine	Année	1,01E-01	1,75E-02	1,75E-02
Butadiène (1,3)	Année	9,30E-02	2,82E-02	2,82E-02
Éthylbenzène	Année	5,45E-02	1,15E-02	1,22E-02
Formaldéhyde	Année	4,00E-01	7,93E-02	7,95E-02
Toluène	Année	2,81E-01	4,90E-02	5,13E-02
Xylènes	Année	2,22E-01	4,59E-02	4,80E-02
16 HAP*	Année	4,14E-02	3,31E-02	3,42E-02
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	7,60E-04	6,11E-04	6,29E-04
Naphtalène	Année	3,04E-01	2,41E-01	2,49E-01
Chrome	Année	1,25E-04	1,43E-04	1,45E-04
Mercuré	Année	1,71E-04	1,83E-04	1,86E-04
Dioxines	Année	2,76E-11	7,01E-12	7,20E-12
Furanes	Année	4,10E-11	1,05E-11	1,07E-11
PM2,5	Jour	2,89E+01	1,74E+01	1,75E+01
NOx (éq. NO ₂)	Année	1,90E+02	6,17E+01	6,44E+01
Propionaldéhyde	Année	5,63E-02	1,18E-02	1,18E-02

* Dont le BaP

Concentrations maximales relevées sur le périmètre projet

Tableau 8 : Concentrations maximales relevées sur le périmètre projet pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

MAX périmètre projet	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Dioxyde d'azote	Année	4,56E+01	1,22E+01	1,28E+01
	Heure	1,87E+02	4,79E+01	5,06E+01
Particules PM10	Année	1,13E+01	8,85E+00	9,03E+00
	Jour	3,30E+01	2,61E+01	2,67E+01
Particules PM2,5	Année	7,93E+00	5,26E+00	5,37E+00
Dioxyde de soufre	Année	1,35E+00	1,28E+00	1,30E+00
	Jour	3,96E+00	3,81E+00	3,87E+00
	Heure	1,12E+01	1,04E+01	1,03E+01
Monoxyde de carbone	Heure	7,30E+02	3,13E+02	3,31E+02
Benzène	Année	1,73E-01	2,84E-02	2,93E-02
Plomb	Année	2,71E-05	2,63E-05	2,66E-05
B[a]P	Année	3,25E-04	2,22E-04	2,33E-04
Arsenic	Année	5,08E-06	4,95E-06	5,01E-06
Cadmium	Année	3,38E-06	3,27E-06	3,31E-06
Nickel	Année	3,88E-05	3,69E-05	3,73E-05

Tableau 9 : Concentrations maximales relevées sur le périmètre projet pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

MAX périmètre projet	Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Ammoniac	Année	2,11E+00	2,67E+00	2,77E+00
PM à l'échappement	Année	3,49E+00	5,27E-01	5,43E-01
COVNM	Année	6,21E+00	1,21E+00	1,17E+00
Acétaldéhyde	Année	2,08E-01	3,45E-02	3,10E-02
Acroléine	Année	9,87E-02	1,39E-02	1,25E-02
Butadiène (1,3)	Année	8,79E-02	2,26E-02	2,00E-02
Éthylbenzène	Année	5,45E-02	1,15E-02	1,22E-02
Formaldéhyde	Année	3,89E-01	6,37E-02	5,73E-02
Toluène	Année	2,81E-01	4,90E-02	5,13E-02
Xylènes	Année	2,22E-01	4,59E-02	4,80E-02
16 HAP*	Année	3,54E-02	2,57E-02	2,68E-02
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	6,47E-04	4,74E-04	4,87E-04
Naphtalène	Année	2,76E-01	1,90E-01	2,03E-01
Chrome	Année	1,08E-04	1,15E-04	1,17E-04
Mercuré	Année	1,48E-04	1,48E-04	1,50E-04
Dioxines	Année	2,40E-11	5,57E-12	5,93E-12
Furanes	Année	3,57E-11	8,33E-12	8,87E-12
PM2,5	Jour	2,32E+01	1,55E+01	1,59E+01
NOx (éq. NO ₂)	Année	1,61E+02	4,94E+01	5,16E+01
Propionaldéhyde	Année	5,47E-02	9,25E-03	8,21E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur F : crèche projet Parc Méridia

Tableau 10 : Concentrations relevées au niveau du récepteur F pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur F	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Dioxyde d'azote	Année	1,02E+01	2,93E+00	2,97E+00
	Heure	5,58E+01	1,61E+01	1,66E+01
Particules PM10	Année	2,44E+00	1,98E+00	1,99E+00
	Jour	9,11E+00	6,78E+00	6,78E+00
Particules PM2,5	Année	1,74E+00	1,18E+00	1,18E+00
Dioxyde de soufre	Année	3,00E-01	3,03E-01	3,03E-01
	Jour	1,13E+00	1,10E+00	1,09E+00
	Heure	3,30E+00	3,41E+00	3,44E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,07E+02	1,00E+02	1,02E+02
Benzène	Année	3,81E-02	6,64E-03	6,82E-03
Plomb	Année	6,01E-06	6,21E-06	6,21E-06
B[a]P	Année	7,28E-05	5,27E-05	5,34E-05
Arsenic	Année	1,13E-06	1,17E-06	1,17E-06
Cadmium	Année	7,51E-07	7,71E-07	7,71E-07
Nickel	Année	8,62E-06	8,71E-06	8,71E-06

Tableau 11 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur F pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur F	Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Ammoniac	Année	4,46E-01	6,23E-01	6,38E-01
PM à l'échappement	Année	8,10E-01	1,22E-01	1,23E-01
COVNM	Année	1,33E+00	2,54E-01	2,50E-01
Acétaldéhyde	Année	4,29E-02	7,69E-03	7,35E-03
Acroléine	Année	2,04E-02	3,12E-03	2,99E-03
Butadiène (1,3)	Année	1,79E-02	4,98E-03	4,73E-03
Éthylbenzène	Année	1,20E-02	2,63E-03	2,70E-03
Formaldéhyde	Année	8,02E-02	1,42E-02	1,35E-02
Toluène	Année	6,12E-02	1,20E-02	1,24E-02
Xylènes	Année	4,90E-02	1,06E-02	1,07E-02
16 HAP*	Année	7,98E-03	6,19E-03	6,25E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,46E-04	1,13E-04	1,14E-04
Naphtalène	Année	6,11E-02	4,45E-02	4,54E-02
Chrome	Année	2,39E-05	2,72E-05	2,73E-05
Mercuré	Année	3,28E-05	3,49E-05	3,49E-05
Dioxines	Année	5,37E-12	1,30E-12	1,32E-12
Furanes	Année	7,98E-12	1,94E-12	1,97E-12
PM2,5	Jour	6,51E+00	4,04E+00	4,04E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,57E+01	1,17E+01	1,18E+01
Propionaldéhyde	Année	1,13E-02	2,08E-03	1,98E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur G : crèche projet Parc Méridia

Tableau 12 : Concentrations relevées au niveau du récepteur G pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur G		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,45E+01	4,03E+00	4,14E+00
	Heure	6,94E+01	1,85E+01	1,91E+01
Particules PM10	Année	3,49E+00	2,78E+00	2,81E+00
	Jour	1,09E+01	8,71E+00	8,78E+00
Particules PM2,5	Année	2,48E+00	1,66E+00	1,67E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,27E-01	4,22E-01	4,24E-01
	Jour	1,35E+00	1,32E+00	1,33E+00
	Heure	4,09E+00	3,92E+00	3,91E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,61E+02	1,16E+02	1,20E+02
Benzène	Année	5,52E-02	9,47E-03	9,91E-03
Plomb	Année	8,54E-06	8,65E-06	8,70E-06
B[a]P	Année	1,03E-04	7,27E-05	7,46E-05
Arsenic	Année	1,60E-06	1,63E-06	1,63E-06
Cadmium	Année	1,07E-06	1,07E-06	1,08E-06
Nickel	Année	1,23E-05	1,21E-05	1,22E-05

Tableau 13 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur G pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur G		Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	6,54E-01	8,89E-01	9,27E-01
PM à l'échappement	Année	1,14E+00	1,70E-01	1,73E-01
COVNM	Année	1,93E+00	3,66E-01	3,58E-01
Acétaldéhyde	Année	6,22E-02	1,11E-02	1,04E-02
Acroléine	Année	2,95E-02	4,49E-03	4,24E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,64E-02	7,23E-03	6,74E-03
Éthylbenzène	Année	1,74E-02	3,72E-03	3,90E-03
Formaldéhyde	Année	1,16E-01	2,04E-02	1,93E-02
Toluène	Année	8,90E-02	1,72E-02	1,80E-02
Xylènes	Année	7,13E-02	1,51E-02	1,55E-02
16 HAP*	Année	1,12E-02	8,54E-03	8,71E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,05E-04	1,57E-04	1,59E-04
Naphtalène	Année	8,60E-02	6,13E-02	6,35E-02
Chrome	Année	3,40E-05	3,79E-05	3,82E-05
Mercurure	Année	4,66E-05	4,86E-05	4,88E-05
Dioxines	Année	7,58E-12	1,79E-12	1,85E-12
Furanes	Année	1,13E-11	2,67E-12	2,77E-12
PM2,5	Jour	7,79E+00	5,18E+00	5,23E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,09E+01	1,62E+01	1,66E+01
Propionaldéhyde	Année	1,65E-02	3,00E-03	2,81E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur P : Groupe scolaire projet Parc Méridia

Tableau 14 : Concentrations relevées au niveau du récepteur P pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur P		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,60E+01	4,48E+00	4,63E+00
	Heure	7,82E+01	2,09E+01	2,16E+01
Particules PM10	Année	3,86E+00	3,11E+00	3,16E+00
	Jour	1,24E+01	9,93E+00	1,00E+01
Particules PM2,5	Année	2,74E+00	1,85E+00	1,88E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,72E-01	4,69E-01	4,74E-01
	Jour	1,52E+00	1,50E+00	1,51E+00
	Heure	4,61E+00	4,42E+00	4,43E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,95E+02	1,30E+02	1,34E+02
Benzène	Année	6,19E-02	1,08E-02	1,13E-02
Plomb	Année	9,44E-06	9,61E-06	9,71E-06
B[a]P	Année	1,13E-04	8,09E-05	8,35E-05
Arsenic	Année	1,77E-06	1,81E-06	1,82E-06
Cadmium	Année	1,18E-06	1,19E-06	1,21E-06
Nickel	Année	1,35E-05	1,35E-05	1,36E-05

Tableau 15 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur P pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur P		Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	7,37E-01	1,01E+00	1,06E+00
PM à l'échappement	Année	1,26E+00	1,89E-01	1,93E-01
COVNM	Année	2,16E+00	4,10E-01	4,04E-01
Acétaldéhyde	Année	6,92E-02	1,23E-02	1,16E-02
Acroléine	Année	3,28E-02	4,98E-03	4,72E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,93E-02	8,03E-03	7,50E-03
Éthylbenzène	Année	1,96E-02	4,23E-03	4,45E-03
Formaldéhyde	Année	1,29E-01	2,27E-02	2,14E-02
Toluène	Année	9,99E-02	1,96E-02	2,07E-02
Xylènes	Année	7,99E-02	1,71E-02	1,77E-02
16 HAP*	Année	1,24E-02	9,48E-03	9,72E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,27E-04	1,74E-04	1,78E-04
Naphtalène	Année	9,53E-02	6,84E-02	7,12E-02
Chrome	Année	3,76E-05	4,21E-05	4,26E-05
Mercurure	Année	5,15E-05	5,40E-05	5,45E-05
Dioxines	Année	8,39E-12	2,00E-12	2,08E-12
Furanes	Année	1,25E-11	2,99E-12	3,11E-12
PM2,5	Jour	8,81E+00	5,91E+00	5,97E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,63E+01	1,80E+01	1,85E+01
Propionaldéhyde	Année	1,83E-02	3,32E-03	3,12E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur Q : Groupe scolaire projet Parc Méridia

Tableau 16 : Concentrations relevées au niveau du récepteur Q pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur Q		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,64E+01	4,44E+00	4,50E+00
	Heure	5,45E+01	1,47E+01	1,48E+01
Particules PM10	Année	3,83E+00	2,89E+00	2,88E+00
	Jour	1,03E+01	7,89E+00	7,90E+00
Particules PM2,5	Année	2,76E+00	1,72E+00	1,72E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,81E-01	4,68E-01	4,66E-01
	Jour	1,27E+00	1,24E+00	1,24E+00
	Heure	3,18E+00	3,09E+00	3,07E+00
Monoxyde de carbone	Heure	1,93E+02	8,72E+01	8,90E+01
Benzène	Année	5,17E-02	7,70E-03	7,93E-03
Plomb	Année	9,64E-06	9,60E-06	9,54E-06
B[a]P	Année	1,15E-04	7,94E-05	8,03E-05
Arsenic	Année	1,81E-06	1,80E-06	1,79E-06
Cadmium	Année	1,20E-06	1,19E-06	1,18E-06
Nickel	Année	1,38E-05	1,35E-05	1,34E-05

Tableau 17 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur Q pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur Q		Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	5,73E-01	7,25E-01	7,44E-01
PM à l'échappement	Année	1,34E+00	1,82E-01	1,83E-01
COVNM	Année	1,93E+00	3,67E-01	3,56E-01
Acétaldéhyde	Année	6,59E-02	1,24E-02	1,18E-02
Acroléine	Année	3,12E-02	5,06E-03	4,80E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,83E-02	8,09E-03	7,60E-03
Éthylbenzène	Année	1,62E-02	3,16E-03	3,26E-03
Formaldéhyde	Année	1,23E-01	2,28E-02	2,16E-02
Toluène	Année	8,14E-02	1,36E-02	1,40E-02
Xylènes	Année	6,71E-02	1,31E-02	1,32E-02
16 HAP*	Année	1,27E-02	9,49E-03	9,55E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,32E-04	1,75E-04	1,75E-04
Naphtalène	Année	9,47E-02	6,50E-02	6,62E-02
Chrome	Année	3,84E-05	4,20E-05	4,18E-05
Mercuré	Année	5,26E-05	5,38E-05	5,36E-05
Dioxines	Année	8,50E-12	1,89E-12	1,92E-12
Furanes	Année	1,26E-11	2,82E-12	2,87E-12
PM2,5	Jour	7,28E+00	4,69E+00	4,70E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,80E+01	1,77E+01	1,78E+01
Propionaldéhyde	Année	1,76E-02	3,41E-03	3,22E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur S : Pôle santé projet Parc Méridia

Tableau 18 : Concentrations relevées au niveau du récepteur S pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur S		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,08E+01	3,11E+00	3,19E+00
	Heure	6,00E+01	1,62E+01	1,67E+01
Particules PM10	Année	2,58E+00	2,12E+00	2,14E+00
	Jour	9,34E+00	7,88E+00	8,06E+00
Particules PM2,5	Année	1,83E+00	1,26E+00	1,28E+00
Dioxyde de soufre	Année	3,16E-01	3,21E-01	3,23E-01
	Jour	1,13E+00	1,15E+00	1,17E+00
	Heure	3,49E+00	3,47E+00	3,44E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,18E+02	9,94E+01	1,02E+02
Benzène	Année	4,16E-02	7,43E-03	7,70E-03
Plomb	Année	6,32E-06	6,57E-06	6,62E-06
B[a]P	Année	7,69E-05	5,61E-05	5,73E-05
Arsenic	Année	1,19E-06	1,24E-06	1,24E-06
Cadmium	Année	7,90E-07	8,16E-07	8,21E-07
Nickel	Année	9,07E-06	9,22E-06	9,27E-06

Tableau 19 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur S pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur S		Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	4,92E-01	6,96E-01	7,20E-01
PM à l'échappement	Année	8,45E-01	1,30E-01	1,32E-01
COVNM	Année	1,43E+00	2,73E-01	2,70E-01
Acétaldéhyde	Année	4,56E-02	8,05E-03	7,70E-03
Acroléine	Année	2,18E-02	3,27E-03	3,13E-03
Butadiène (1,3)	Année	1,89E-02	5,22E-03	4,95E-03
Éthylbenzène	Année	1,31E-02	2,92E-03	3,03E-03
Formaldéhyde	Année	8,53E-02	1,49E-02	1,42E-02
Toluène	Année	6,70E-02	1,35E-02	1,40E-02
Xylènes	Année	5,33E-02	1,17E-02	1,19E-02
16 HAP*	Année	8,41E-03	6,55E-03	6,67E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,53E-04	1,20E-04	1,22E-04
Naphtalène	Année	6,48E-02	4,76E-02	4,90E-02
Chrome	Année	2,52E-05	2,88E-05	2,91E-05
Mercuré	Année	3,45E-05	3,69E-05	3,72E-05
Dioxines	Année	5,67E-12	1,39E-12	1,43E-12
Furanes	Année	8,42E-12	2,08E-12	2,14E-12
PM2,5	Jour	6,58E+00	4,69E+00	4,80E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,74E+01	1,25E+01	1,27E+01
Propionaldéhyde	Année	1,20E-02	2,17E-03	2,07E-03

* Dont le BaP

Concentrations relevées au niveau du récepteur T : extension Pôle Santé projet Parc Méridia

Tableau 20 : Concentrations relevées au niveau du récepteur T pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Récepteur T	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Dioxyde d'azote	Année	1,18E+01	3,59E+00	3,62E+00
	Heure	6,21E+01	1,80E+01	1,81E+01
Particules PM10	Année	2,82E+00	2,46E+00	2,46E+00
	Jour	1,06E+01	8,78E+00	8,72E+00
Particules PM2,5	Année	1,99E+00	1,46E+00	1,46E+00
Dioxyde de soufre	Année	3,42E-01	3,61E-01	3,61E-01
	Jour	1,30E+00	1,33E+00	1,32E+00
	Heure	3,61E+00	3,65E+00	3,66E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,35E+02	1,13E+02	1,15E+02
Benzène	Année	4,94E-02	9,51E-03	9,62E-03
Plomb	Année	6,84E-06	7,39E-06	7,38E-06
B[a]P	Année	8,55E-05	6,48E-05	6,52E-05
Arsenic	Année	1,28E-06	1,39E-06	1,39E-06
Cadmium	Année	8,54E-07	9,18E-07	9,16E-07
Nickel	Année	9,81E-06	1,04E-05	1,03E-05

Tableau 21 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur T pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

Récepteur T	Composés ne faisant PAS l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
COMPOSES				
Ammoniac	Année	5,94E-01	8,88E-01	8,96E-01
PM à l'échappement	Année	8,97E-01	1,50E-01	1,50E-01
COVNM	Année	1,61E+00	3,11E-01	3,07E-01
Acétaldéhyde	Année	4,97E-02	8,40E-03	8,15E-03
Acroléine	Année	2,40E-02	3,41E-03	3,31E-03
Butadiène (1,3)	Année	1,99E-02	5,38E-03	5,20E-03
Éthylbenzène	Année	1,56E-02	3,70E-03	3,74E-03
Formaldéhyde	Année	9,33E-02	1,55E-02	1,51E-02
Toluène	Année	8,02E-02	1,74E-02	1,76E-02
Xylènes	Année	6,26E-02	1,45E-02	1,45E-02
16 HAP*	Année	9,27E-03	7,48E-03	7,51E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,68E-04	1,36E-04	1,36E-04
Naphtalène	Année	7,27E-02	5,61E-02	5,66E-02
Chrome	Année	2,72E-05	3,25E-05	3,25E-05
Mercuré	Année	3,73E-05	4,16E-05	4,15E-05
Dioxines	Année	6,25E-12	1,64E-12	1,65E-12
Furanes	Année	9,29E-12	2,45E-12	2,47E-12
PM2,5	Jour	7,54E+00	5,23E+00	5,19E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,97E+01	1,43E+01	1,44E+01
Propionaldéhyde	Année	1,30E-02	2,23E-03	2,16E-03

* Dont le BaP

Résultats détaillés des substances réglementées

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3).

Les normes à respecter en matière de qualité de l'air, sont définies dans le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 :

- Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, 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 ;
- Seuil d'information et de recommandations : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates ;
- Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- Valeur-cible : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;
- Valeur-limite : seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- 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.

La liste des substances faisant l'objet d'une réglementation est la suivante :

- Le dioxyde d'azote ;
- Le plomb ;
- Les particules PM10 ;
- Le monoxyde de carbone ;
- Les particules PM2,5 ;
- Le benzo[a]pyrène ;
- Le benzène ;
- L'arsenic, le cadmium, le nickel ;
- Le dioxyde de soufre ;
- L'ozone.

Les NOx ne sont pas à proprement parler réglementés, seul un niveau critique pour la protection de la végétation est émis.

L'ozone est un polluant produit dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire par des réactions entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils émis notamment par les activités humaines.

La modélisation et la prévision des pollutions à l'ozone sont délicates. En effet, la formation de l'ozone est fonction du rayonnement solaire et de la présence de ses précurseurs. Par conséquent, le polluant ozone ne sera pas considéré.

Parmi ces composés, ceux rejetés en quantité par le trafic routier (« traceurs ») sont le dioxyde d'azote, les particules PM10 et PM2,5.

L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air se portera essentiellement sur les polluants précités. L'objectif étant de qualifier les impacts sur la qualité de l'air.

Dioxyde d'azote [NO₂]

En considérant les émissions provenant des voies dont le trafic a été fourni pour la zone d'étude, les concentrations calculées en NO₂ sont toutes très inférieures aux normes réglementaires au niveau des lieux vulnérables et du périmètre projet, à l'instar de la zone d'étude, à l'horizon futur 2035, que ce soit avec ou sans projet.

En revanche, en situation actuelle 2019, la concentration maximale en NO₂ sur la zone d'étude (au niveau de l'A8) et la concentration maximale relevée sur le périmètre projet (au niveau du boulevard du Mercantour) sont supérieures au seuil réglementaire annuel. Néanmoins, les teneurs diminuent rapidement dès lors que l'on s'éloigne des axes précités.

En moyenne annuelle, les teneurs maximales sur la grille de calcul sans projet et avec projet à l'horizon de mise en service (2035), sont inférieures à celle en situation actuelle (diminution de l'ordre de 70 %) compte tenu des évolutions du parc roulant vers des véhicules plus propres, compensant par ailleurs les augmentations de trafic.

La réalisation du projet induit une légère augmentation des concentrations maximales calculées (5 % soit +0,78 µg/m³ en 2035 sur la moyenne annuelle) par rapport au scénario Fil de l'Eau, en rapport avec l'augmentation de trafic causée par la réalisation du projet.

Au niveau des récepteurs ponctuels correspondant aux lieux vulnérables existants en l'état actuel, le projet induit également une légère augmentation des concentrations en NO₂ non significative au regard de la valeur-seuil réglementaire de 40 µg/m³ (différence maximale de +0,11 µg/m³ en 2035 au niveau du récepteur H).

D'après la carte de différence des concentrations modélisées entre situation projet et Fil de l'Eau pour l'horizon futur 2035, il est possible de constater que les hausses des concentrations en dioxyde d'azote dans l'air ambiant sont dans l'ensemble, d'une part, globalement faibles sur la zone d'étude, et d'autre part, principalement localisées au niveau des voiries structurantes (A8 ; boulevard du Mercantour, rond-point des Baraques).

En fin de compte, il est possible de conclure que la réalisation du projet n'influe pas de manière significative sur les concentrations en NO₂ de la zone d'étude à l'horizon 2035.

Les tableaux qui vont suivre synthétisent les valeurs réglementaires relatives au dioxyde d'azote, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 22 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle

NO ₂ (µg/m ³)	Valeur limite 40 µg/m ³			
	Moyenne annuelle	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	53,29	15,40	16,18	
CENTILE 90	27,88	7,62	7,82	
CENTILE 80	19,21	5,17	5,30	
CENTILE 70	16,01	4,39	4,44	
RECEPTEUR A	10,71	2,91	2,95	
RECEPTEUR B	1,11	0,31	0,32	
RECEPTEUR C	16,36	4,18	4,27	
RECEPTEUR D	16,54	4,46	4,56	
RECEPTEUR E	17,34	4,42	4,46	
RECEPTEUR F	10,25	2,93	2,97	
RECEPTEUR G	14,48	4,03	4,14	
RECEPTEUR H	16,71	4,51	4,62	
RECEPTEUR I	24,13	7,50	7,56	
RECEPTEUR J	16,61	4,96	5,01	
RECEPTEUR K	13,72	4,06	4,08	
RECEPTEUR L	3,39	1,02	1,04	
RECEPTEUR M	14,55	4,19	4,24	
RECEPTEUR N	19,59	4,91	4,99	
RECEPTEUR O	8,87	2,42	2,46	
RECEPTEUR P	16,00	4,48	4,63	
RECEPTEUR Q	16,39	4,44	4,50	
RECEPTEUR R	2,90	0,87	0,88	
RECEPTEUR S	10,79	3,11	3,19	
RECEPTEUR T	11,78	3,59	3,62	
Concentrations relevées sur le périmètre Projet				
Max Projet	45,61	12,16	12,84	
Centile 90	25,07	6,78	6,98	
Centile 50	16,08	4,39	4,43	
Centile 10	10,54	3,04	3,10	
Moyenne	17,12	4,69	4,81	
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>			

Tableau 23 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – maximum horaire

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an		
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	236,14	61,52	61,12
CENTILE 90	120,28	32,21	32,54
CENTILE 80	81,69	22,18	22,55
CENTILE 70	65,44	17,86	18,20
RECEPTEUR A	42,14	11,15	11,26
RECEPTEUR B	4,80	1,33	1,35
RECEPTEUR C	55,75	14,72	14,98
RECEPTEUR D	60,30	16,03	16,47
RECEPTEUR E	59,19	15,01	15,14
RECEPTEUR F	55,84	16,11	16,63
RECEPTEUR G	69,43	18,53	19,07
RECEPTEUR H	62,88	16,62	16,97
RECEPTEUR I	100,80	30,19	30,33
RECEPTEUR J	72,86	21,84	21,96
RECEPTEUR K	51,54	14,73	14,93
RECEPTEUR L	15,17	4,33	4,40
RECEPTEUR M	57,79	17,53	17,67
RECEPTEUR N	67,60	17,02	17,14
RECEPTEUR O	41,78	11,43	11,64
RECEPTEUR P	78,15	20,90	21,60
RECEPTEUR Q	54,53	14,67	14,78
RECEPTEUR R	12,26	3,49	3,54
RECEPTEUR S	59,97	16,19	16,72
RECEPTEUR T	62,07	17,96	18,13
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	186,85	47,85	50,59
Centile 90	111,21	29,64	29,89
Centile 50	64,60	17,72	17,99
Centile 10	53,66	14,27	14,40
Moyenne	74,18	20,01	20,43
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.		

Les planches suivantes illustrent les cartographies des isocontours des concentrations annuelles en NO₂ – Aux différents horizons étudiés.

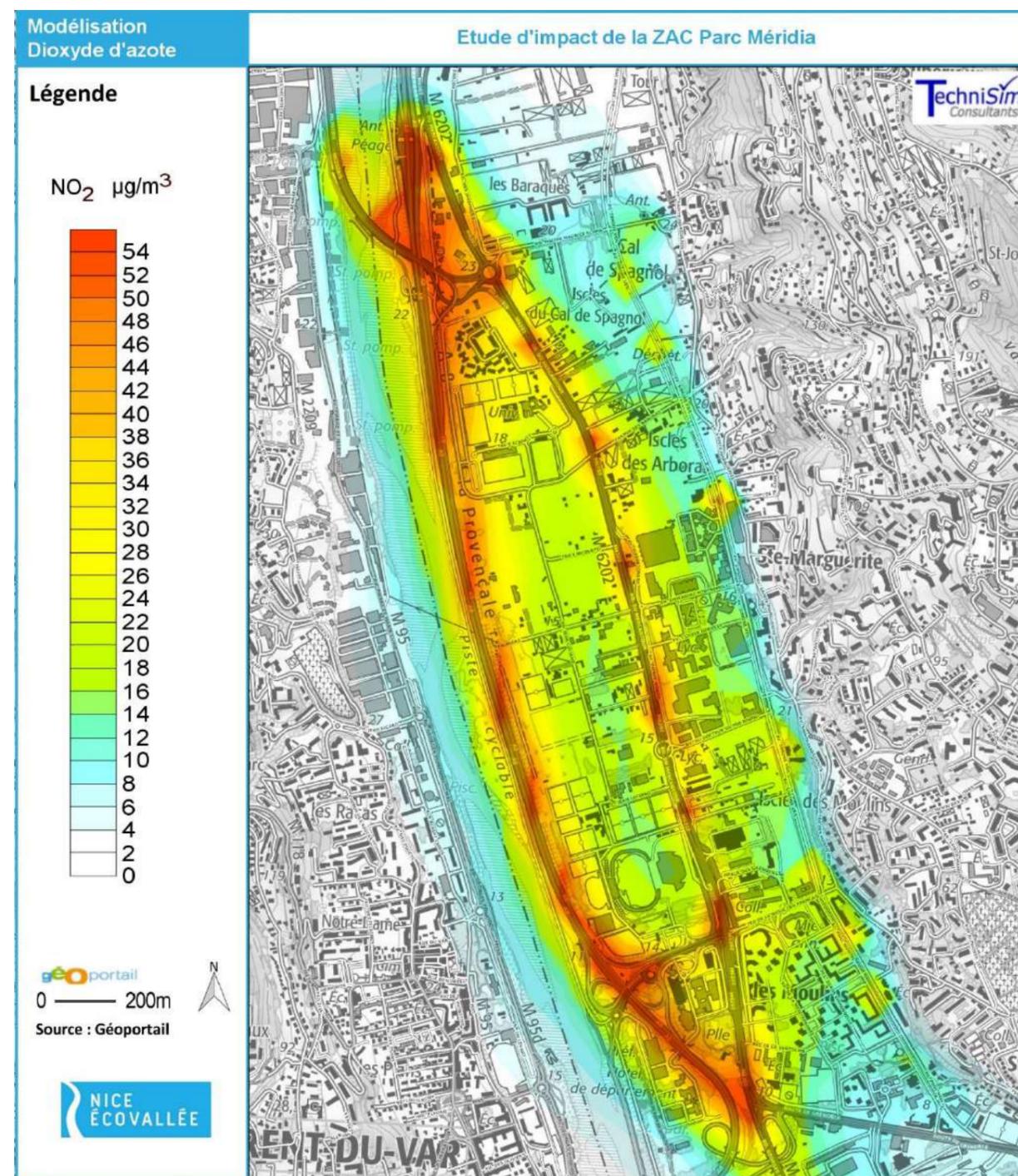


Figure 27 : Concentration en dioxyde d'azote – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Horizon actuel – 2019

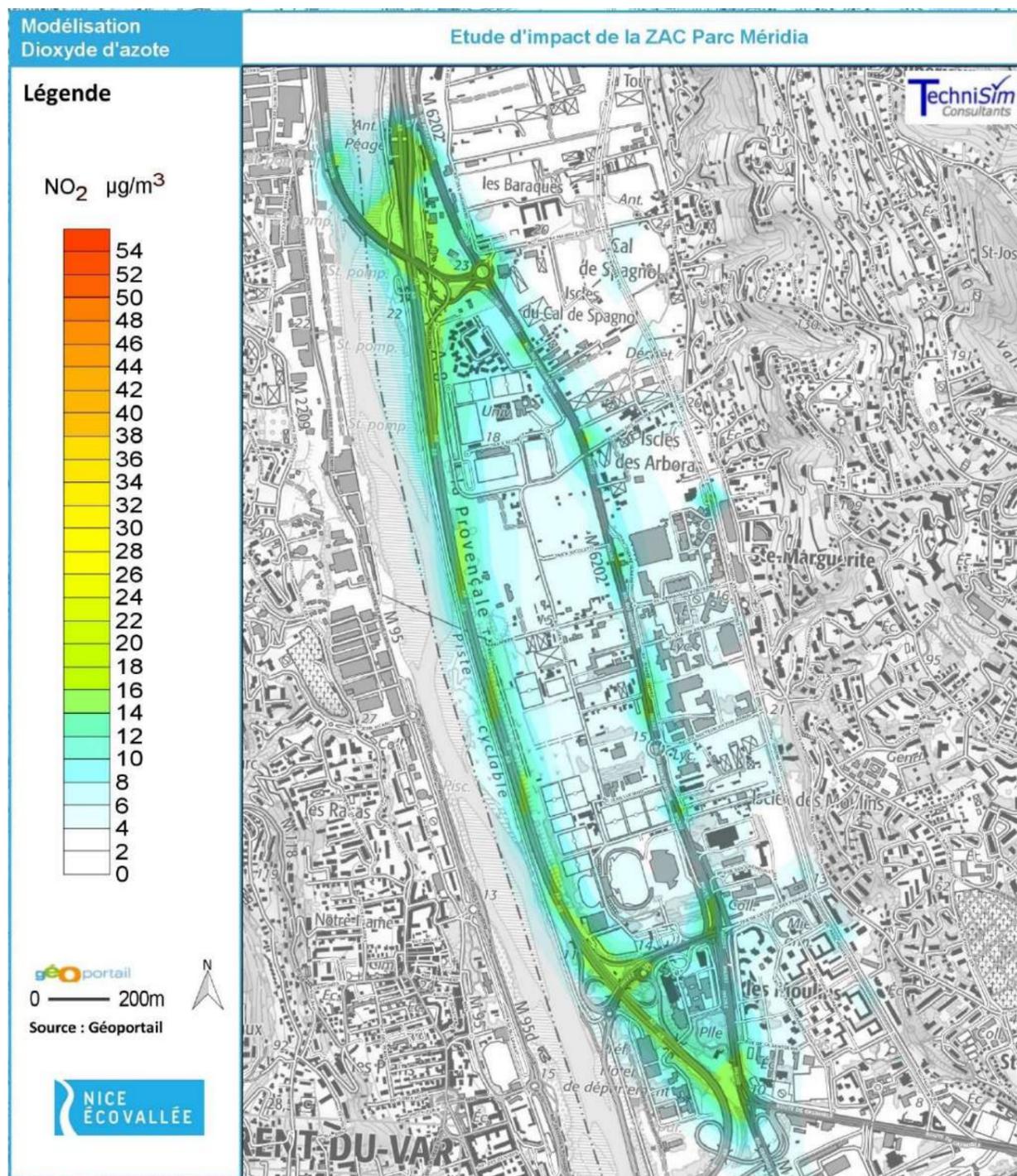


Figure 28 : Concentration en dioxyde d'azote – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Sans projet

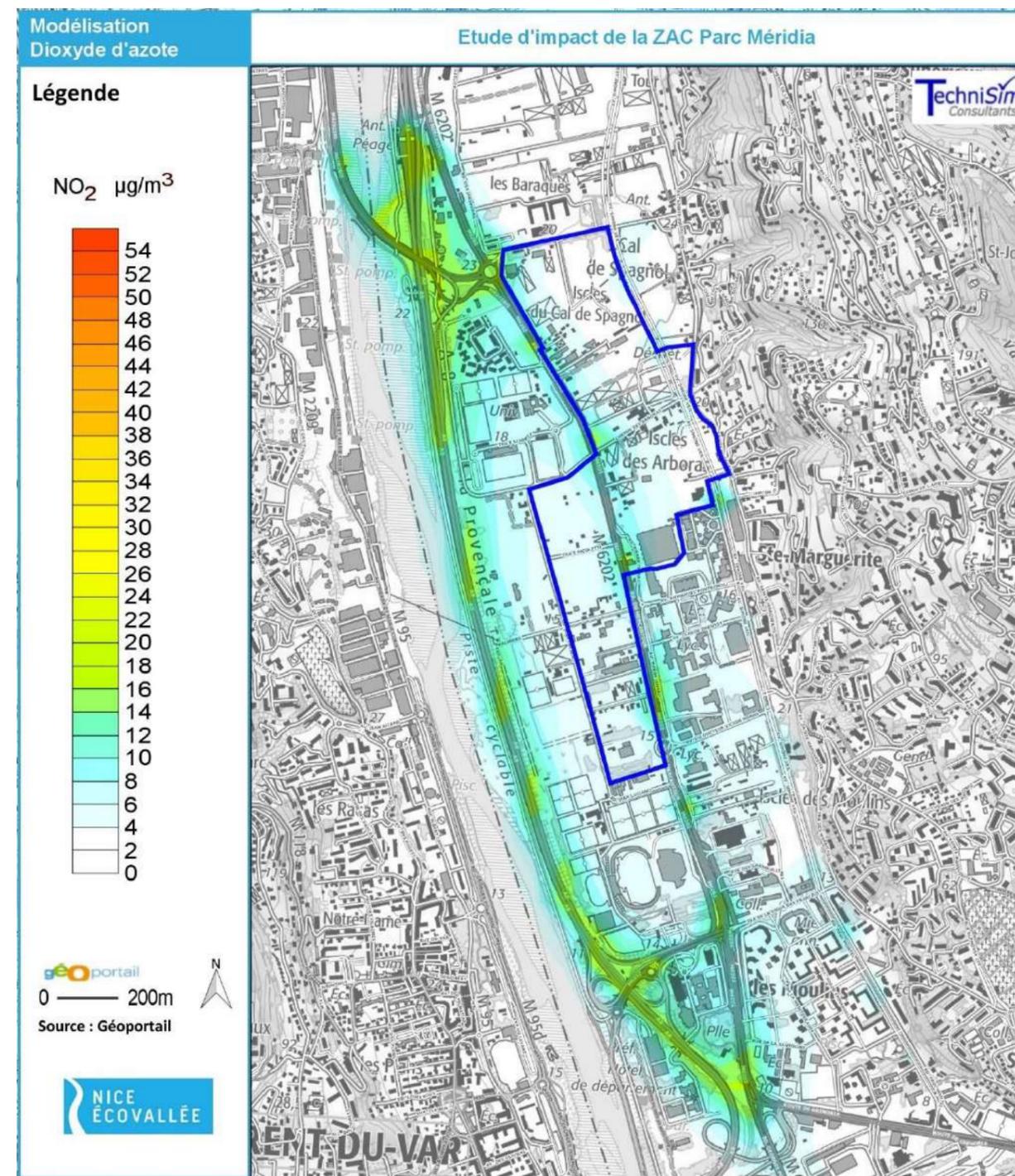


Figure 29 : Concentration en dioxyde d'azote – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Avec projet

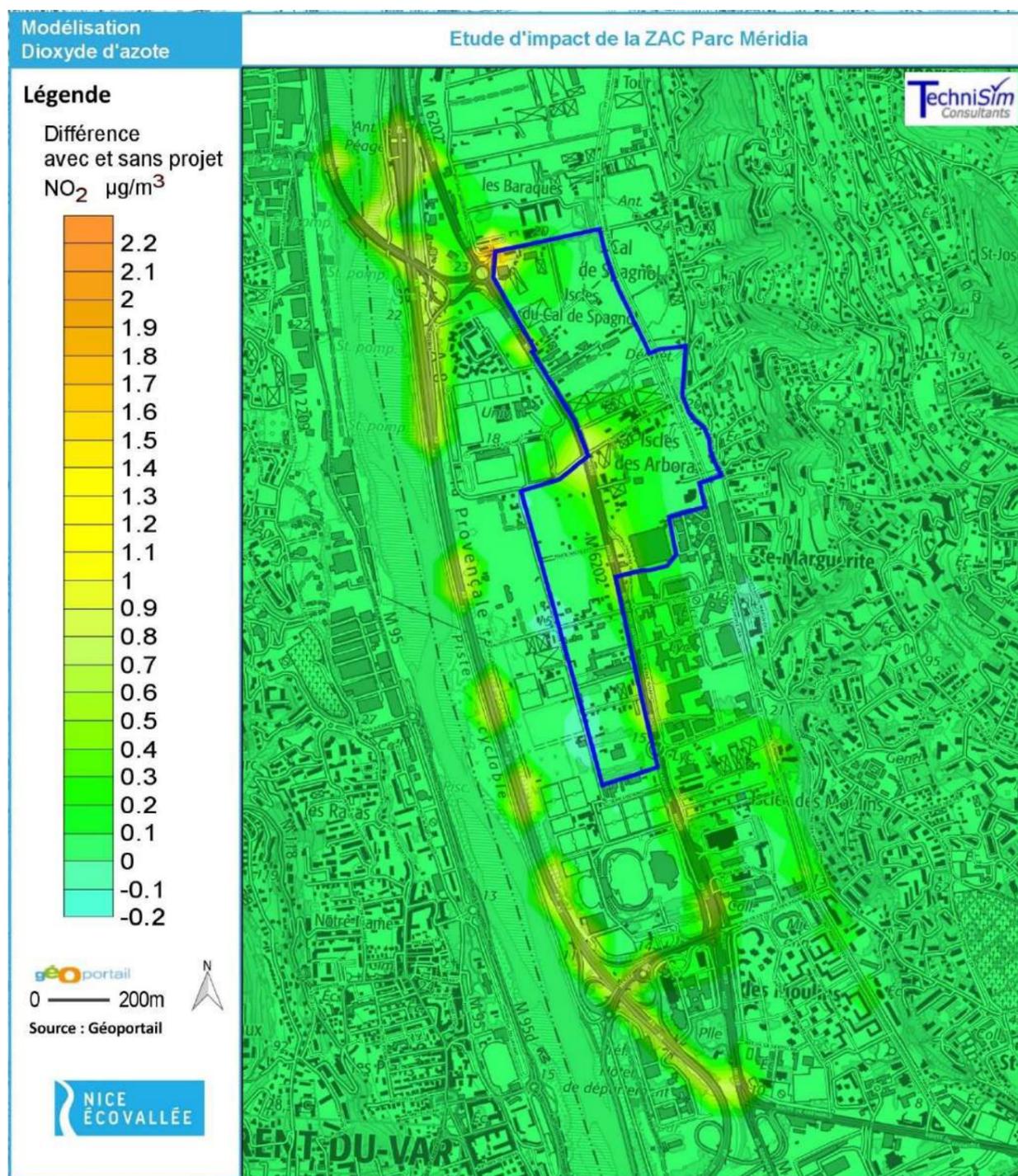


Figure 30 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation projet et fil de l'eau à l'horizon futur 2035

Particules PM10 et PM2,5

En considérant les émissions provenant des voies dont le trafic a été fourni pour la zone d'étude, les concentrations calculées en PM10 et PM2,5 sont toutes inférieures aux normes réglementaires au niveau des lieux vulnérables et du périmètre projet, en situation actuelle et à l'horizon futur 2035, que ce soit avec ou sans projet.

Il en va de même pour les concentrations maximales calculées sur le domaine d'étude.

En moyenne annuelle, les teneurs maximales sur la grille de calcul sans projet et avec projet, à l'horizon futur (2035), sont inférieures à celles en situation actuelle (diminution de l'ordre de 12 % pour les PM10 et 29 % pour les PM2,5) compte tenu des évolutions du parc roulant vers des véhicules plus propres, compensant par ailleurs les augmentations de trafic.

La réalisation du projet, par rapport au scénario Fil de l'Eau, induit une augmentation des concentrations maximales calculées sur la zone d'étude :

*PM10 : environ +1,1 %, soit +0,12 µgPM10/m³ sur la moyenne annuelle

*PM2,5 : environ +1,1 % soit +0,07 µgPM2,5/m³ sur la moyenne annuelle

Au niveau des lieux vulnérables existants en l'état actuel, le projet s'accompagne d'une légère augmentation des concentrations en PM10 et PM2,5 (différence maximale de +0,04 µgPM10/m³ et +0,02 µgPM2,5/m³ au niveau du récepteur I), voire d'une légère diminution au niveau du récepteur K (-0,02 µgPM10/m³ et -0,01 µgPM2,5/m³). Il est possible de qualifier ces écarts comme étant non significatifs, en se référant aux valeurs limites réglementaires annuelles de 40 µgPM10/m³ et 25 µgPM10/m³.

Il en va de même concernant les PM10 en moyenne journalière [valeur limite de 50 µgPM10/m³ en journalier].

Enfin, d'après la carte de différence des concentrations modélisées entre situation Projet et Fil de l'Eau à l'horizon futur 2035, il est possible de constater que les hausses des concentrations en particules PM10 et PM2,5 dans l'air ambiant sont faibles sur la zone d'étude, et principalement localisées au niveau du rond-point des Baraques.

En fin de compte, il est possible de conclure que la réalisation du projet n'influe pas de manière significative sur les concentrations en particules de la zone d'étude à l'horizon 2035.

Les tableaux immédiatement suivants synthétisent les valeurs réglementaires relatives aux particules PM10, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 24 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle

PM10 (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 µg/m ³	
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	12,09	10,52	10,64
CENTILE 90	6,51	5,04	5,10
CENTILE 80	4,57	3,44	3,44
CENTILE 70	3,75	2,85	2,85
RECEPTEUR A	2,50	1,91	1,92
RECEPTEUR B	0,27	0,21	0,21
RECEPTEUR C	3,92	2,84	2,86
RECEPTEUR D	3,98	3,07	3,08
RECEPTEUR E	4,12	2,98	2,98
RECEPTEUR F	2,44	1,98	1,99
RECEPTEUR G	3,49	2,78	2,81
RECEPTEUR H	4,02	3,12	3,12
RECEPTEUR I	5,67	5,06	5,10
RECEPTEUR J	3,87	3,28	3,30
RECEPTEUR K	3,30	2,80	2,78
RECEPTEUR L	0,81	0,70	0,70
RECEPTEUR M	3,39	2,75	2,77
RECEPTEUR N	4,69	3,34	3,35
RECEPTEUR O	2,10	1,62	1,64
RECEPTEUR P	3,86	3,11	3,16
RECEPTEUR Q	3,83	2,89	2,88
RECEPTEUR R	0,70	0,60	0,60
RECEPTEUR S	2,58	2,12	2,14
RECEPTEUR T	2,82	2,46	2,46
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	11,29	8,85	9,03
Centile 90	6,13	4,72	4,74
Centile 50	3,75	2,88	2,91
Centile 10	2,51	2,07	2,08
Moyenne	4,10	3,20	3,22
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

Tableau 25 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – maximum journalier

PM10 (µg/m ³) Maximum journalier	Valeur limite	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	38,96	29,20	29,30
CENTILE 90	20,81	15,75	15,69
CENTILE 80	14,07	10,60	10,68
CENTILE 70	11,18	8,63	8,70
RECEPTEUR A	7,63	6,00	6,05
RECEPTEUR B	0,65	0,51	0,51
RECEPTEUR C	10,04	7,20	7,22
RECEPTEUR D	10,27	7,62	7,62
RECEPTEUR E	11,14	7,82	7,80
RECEPTEUR F	9,11	6,78	6,78
RECEPTEUR G	10,92	8,71	8,78
RECEPTEUR H	10,70	7,96	7,92
RECEPTEUR I	18,48	16,19	16,33
RECEPTEUR J	13,41	11,30	11,38
RECEPTEUR K	9,39	7,53	7,47
RECEPTEUR L	2,47	1,96	1,94
RECEPTEUR M	11,22	9,22	9,29
RECEPTEUR N	10,49	7,57	7,62
RECEPTEUR O	6,10	4,62	4,66
RECEPTEUR P	12,37	9,93	10,01
RECEPTEUR Q	10,25	7,89	7,90
RECEPTEUR R	1,98	1,68	1,69
RECEPTEUR S	9,34	7,88	8,06
RECEPTEUR T	10,61	8,78	8,72
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	32,97	26,11	26,70
Centile 90	19,57	15,36	15,45
Centile 50	10,99	8,63	8,69
Centile 10	8,63	6,63	6,63
Moyenne	12,63	9,75	9,78
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

Les cartographies des isocontours des concentrations des différents horizons étudiés pour les particules PM10 sont éditées graphiquement sur les planches immédiatement suivantes.

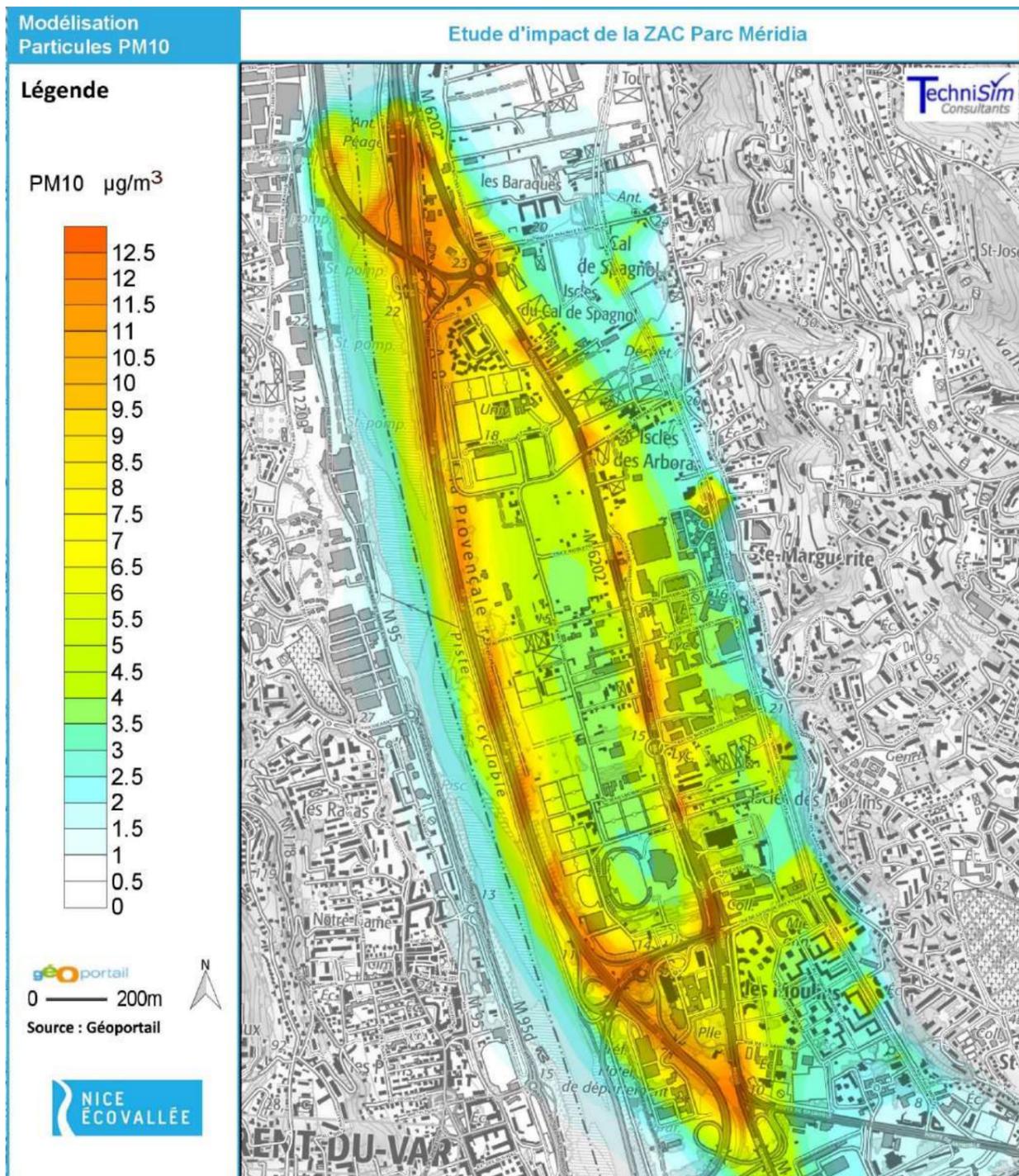


Figure 31 : Concentration en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Horizon actuel – 2019

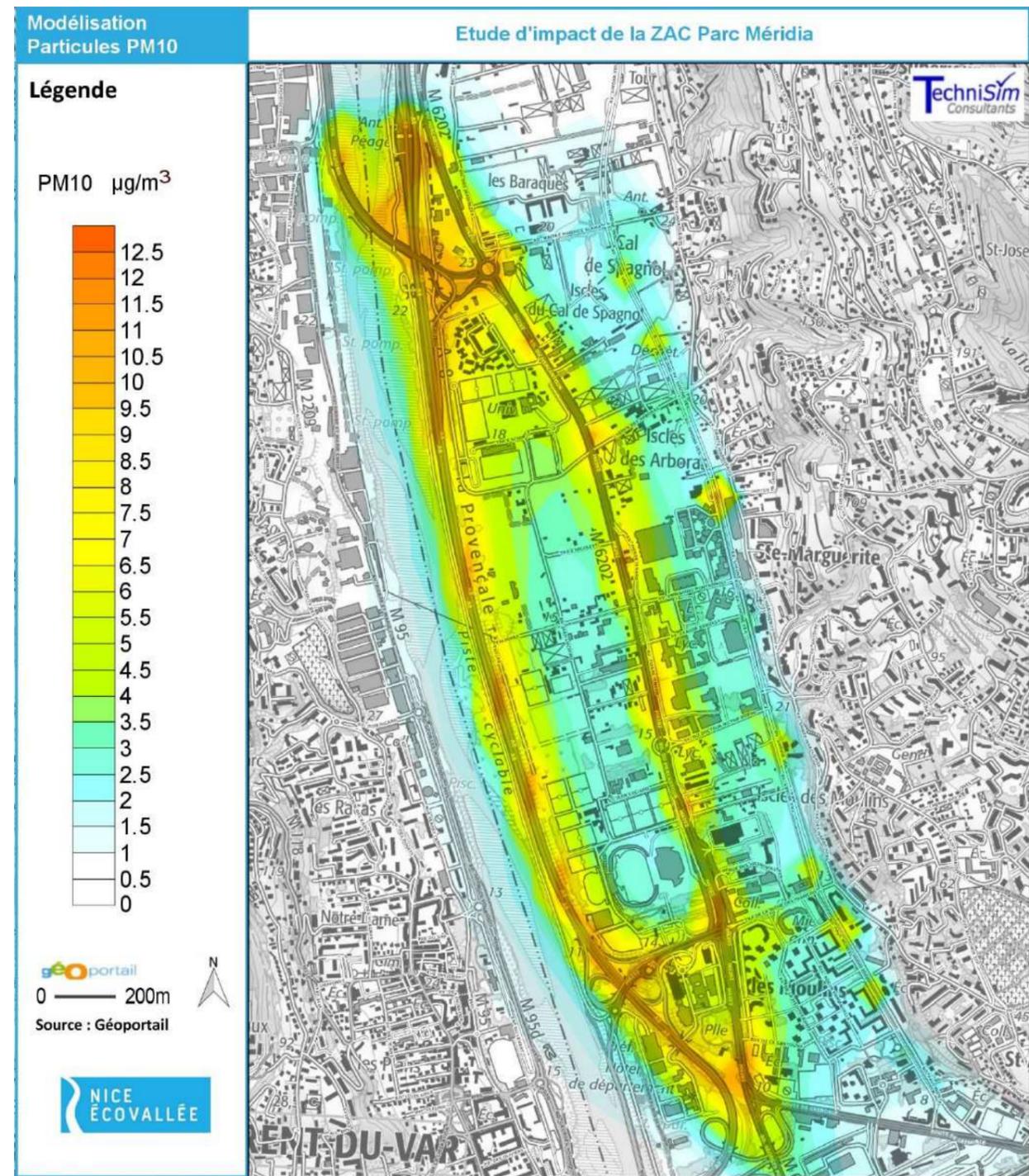


Figure 32 : Concentration en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Sans projet

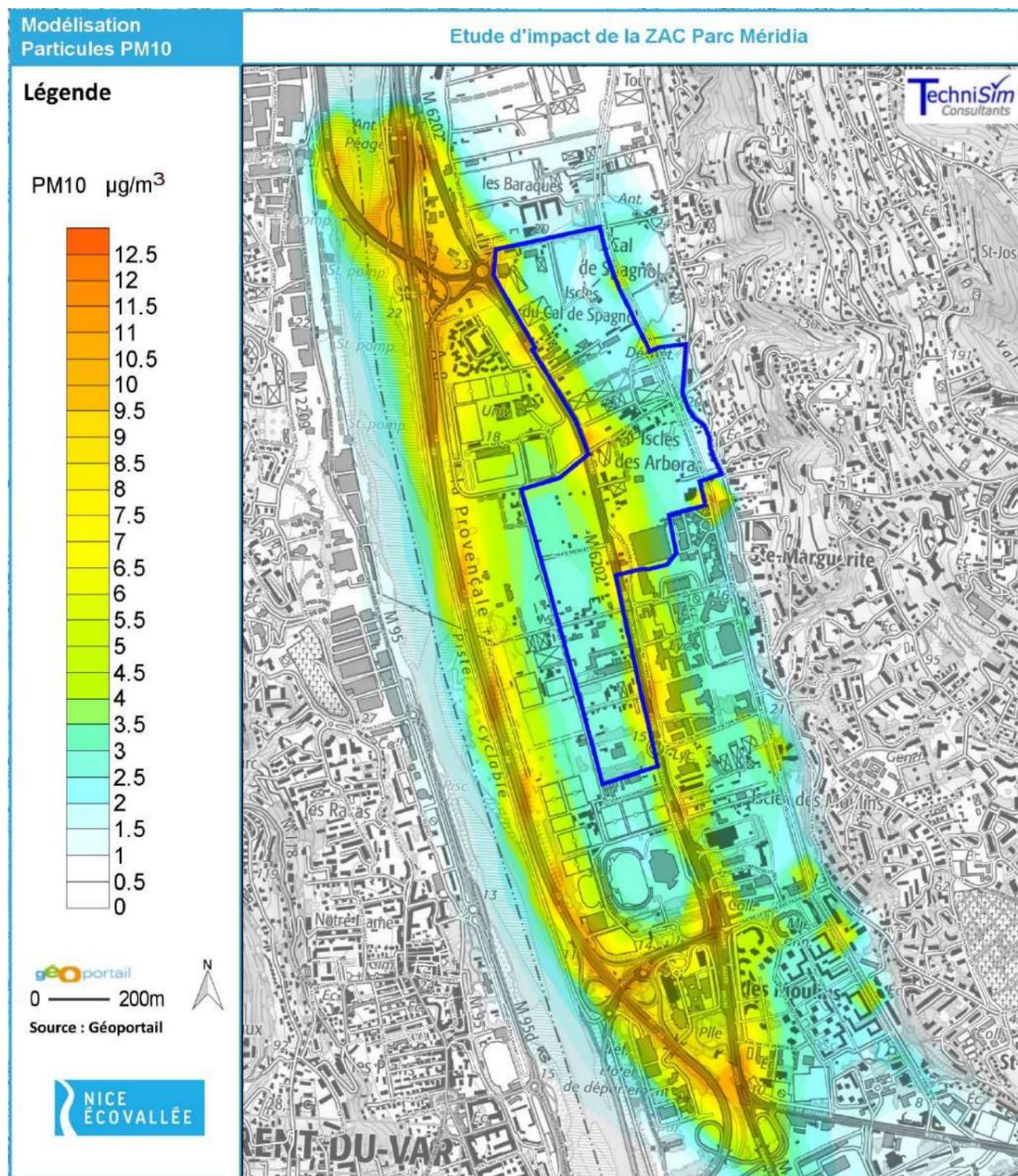


Figure 33 : Concentration en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Avec projet

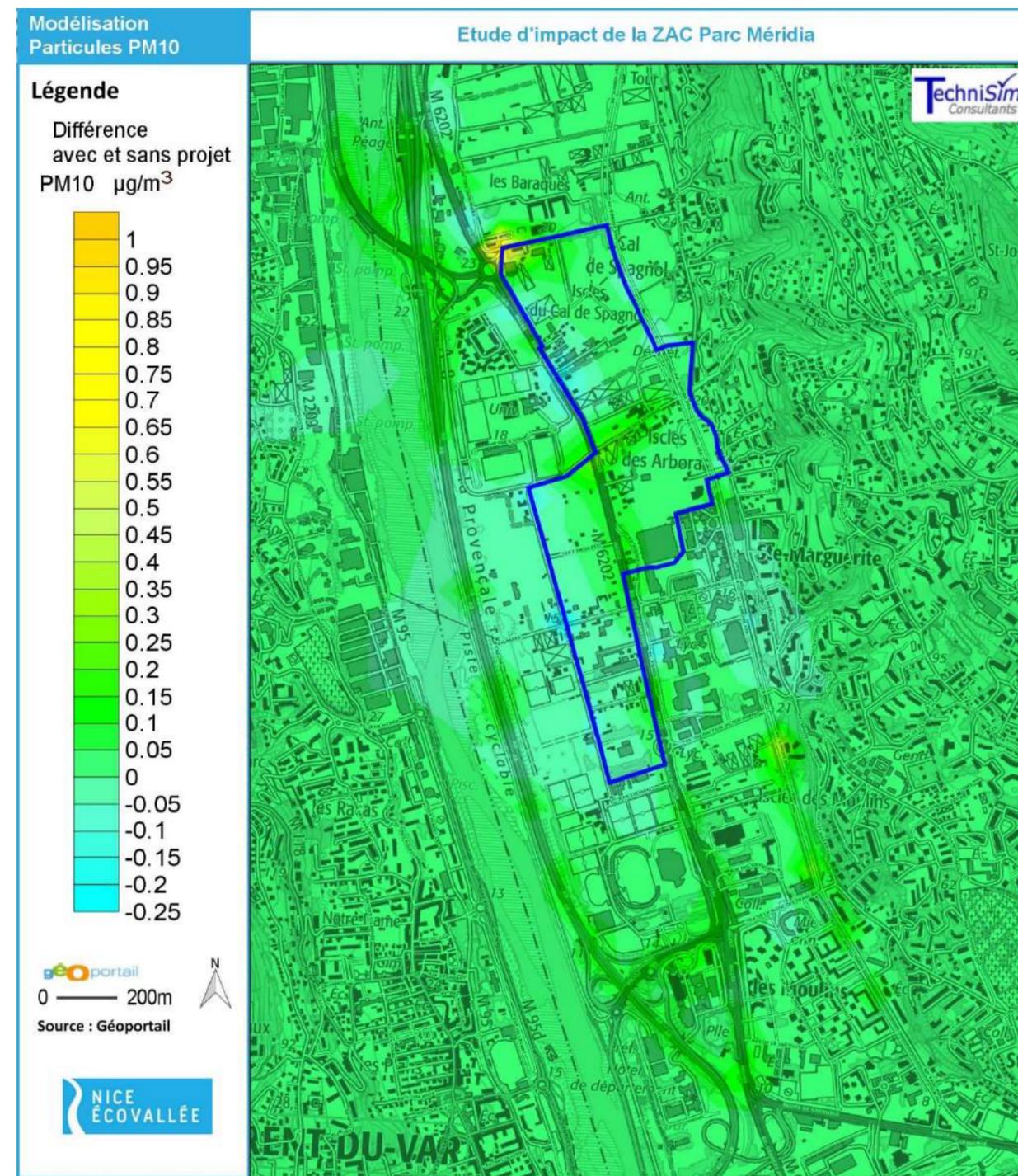


Figure 34 : Différence de concentration en PM10 entre la situation projet et fil de l'eau à l'horizon futur 2035

Tableau 26 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite		25 µg/m³
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	
ZONE ETUDE - MAX	8,94	6,28	6,35
CENTILE 90	4,65	3,01	3,04
CENTILE 80	3,27	2,05	2,05
CENTILE 70	2,69	1,70	1,70
RECEPTEUR A	1,80	1,14	1,14
RECEPTEUR B	0,19	0,13	0,13
RECEPTEUR C	2,78	1,69	1,70
RECEPTEUR D	2,82	1,83	1,83
RECEPTEUR E	2,92	1,77	1,77
RECEPTEUR F	1,74	1,18	1,18
RECEPTEUR G	2,48	1,66	1,67
RECEPTEUR H	2,86	1,86	1,86
RECEPTEUR I	4,07	3,01	3,04
RECEPTEUR J	2,79	1,95	1,97
RECEPTEUR K	2,33	1,67	1,66
RECEPTEUR L	0,57	0,42	0,42
RECEPTEUR M	2,44	1,64	1,65
RECEPTEUR N	3,32	1,99	1,99
RECEPTEUR O	1,49	0,96	0,98
RECEPTEUR P	2,74	1,85	1,88
RECEPTEUR Q	2,76	1,72	1,72
RECEPTEUR R	0,49	0,36	0,36
RECEPTEUR S	1,83	1,26	1,28
RECEPTEUR T	1,99	1,46	1,46
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	7,93	5,26	5,37
Centile 90	4,33	2,81	2,82
Centile 50	2,70	1,72	1,74
Centile 10	1,79	1,23	1,24
Moyenne	2,92	1,91	1,92
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

Les cartographies des isocontours des concentrations des différents horizons étudiés pour les particules PM10 sont éditées graphiquement sur les planches immédiatement suivantes.

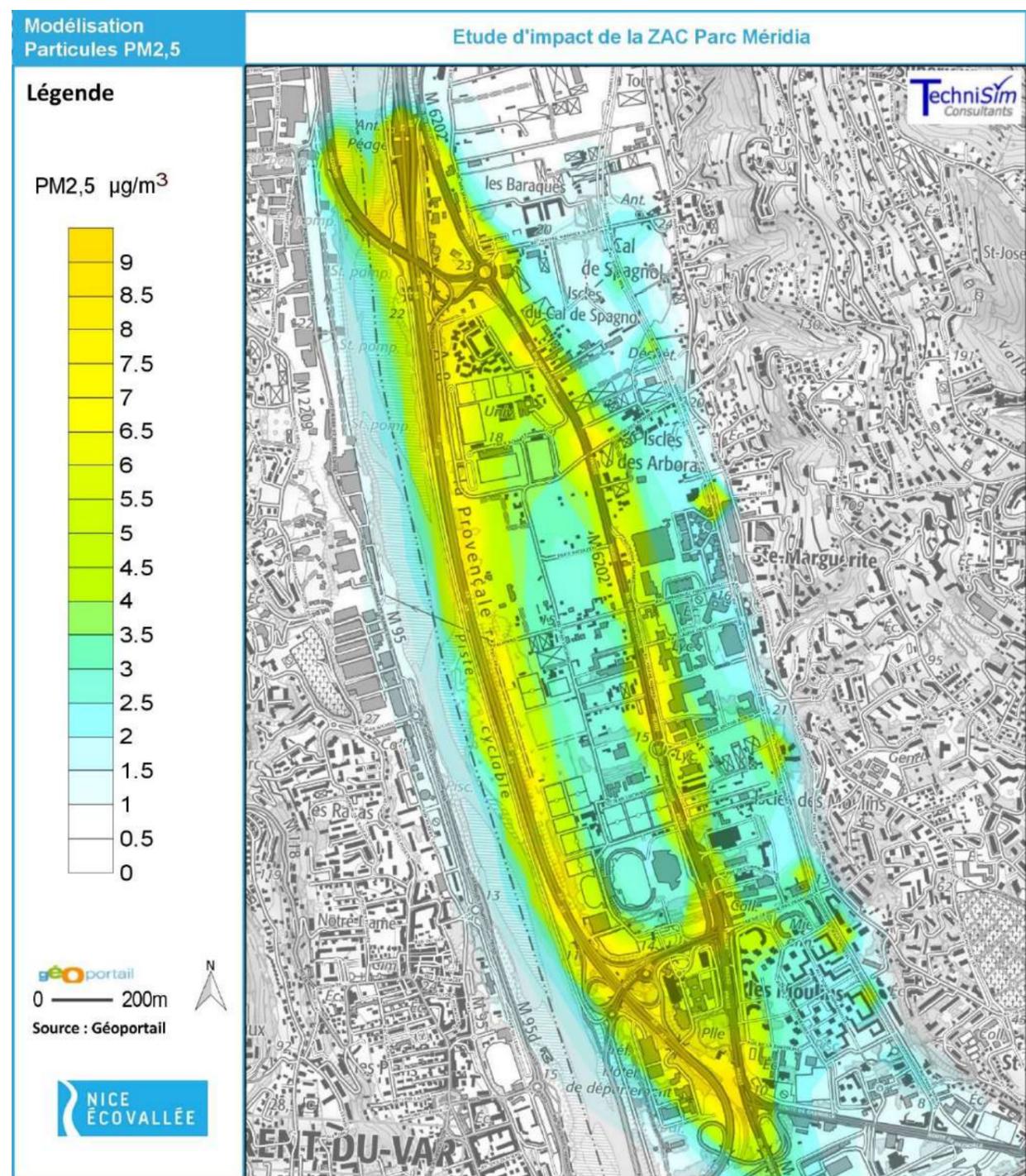


Figure 35 : Concentration en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Horizon actuel – 2019

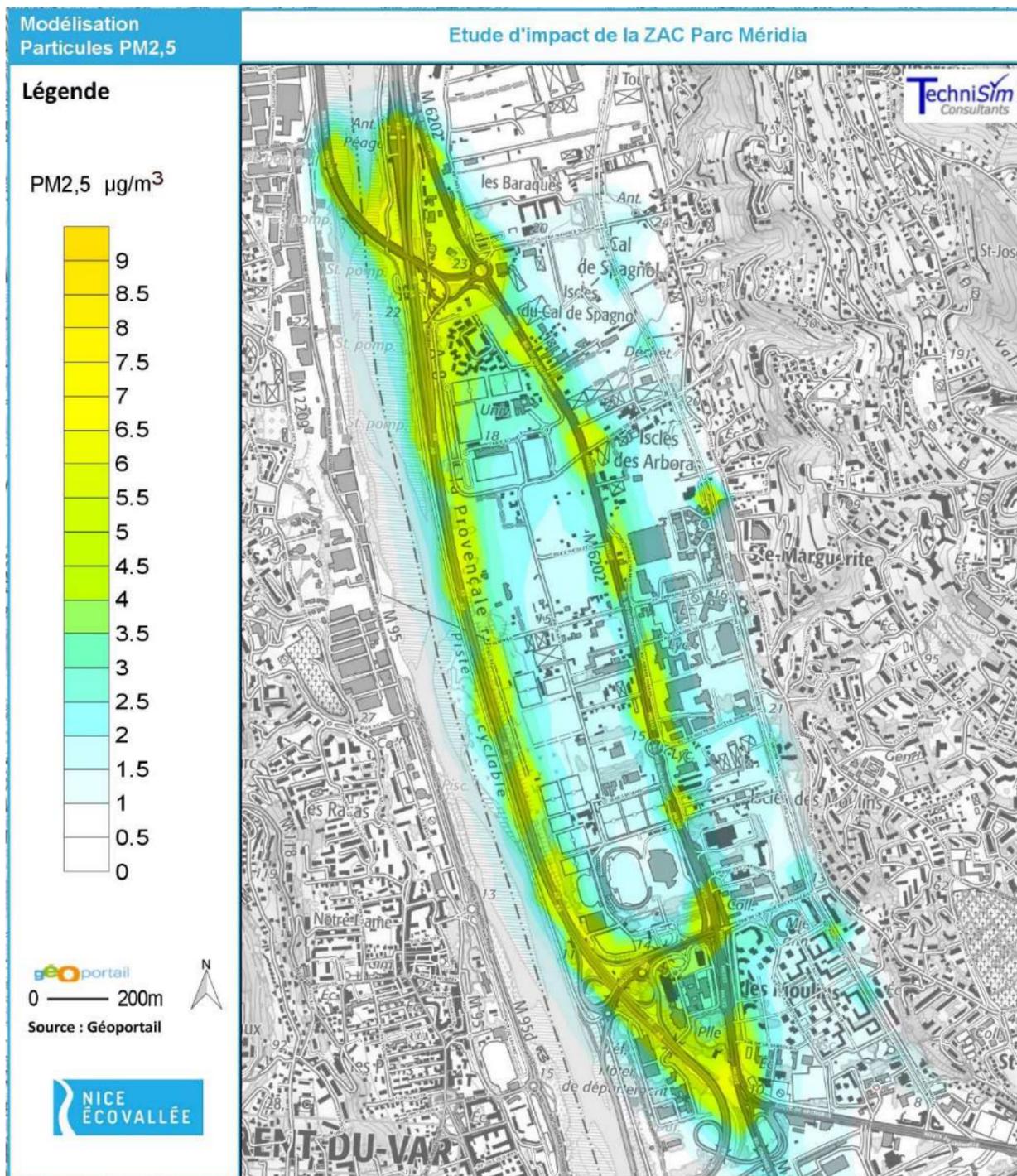


Figure 36 : Concentration en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Sans projet

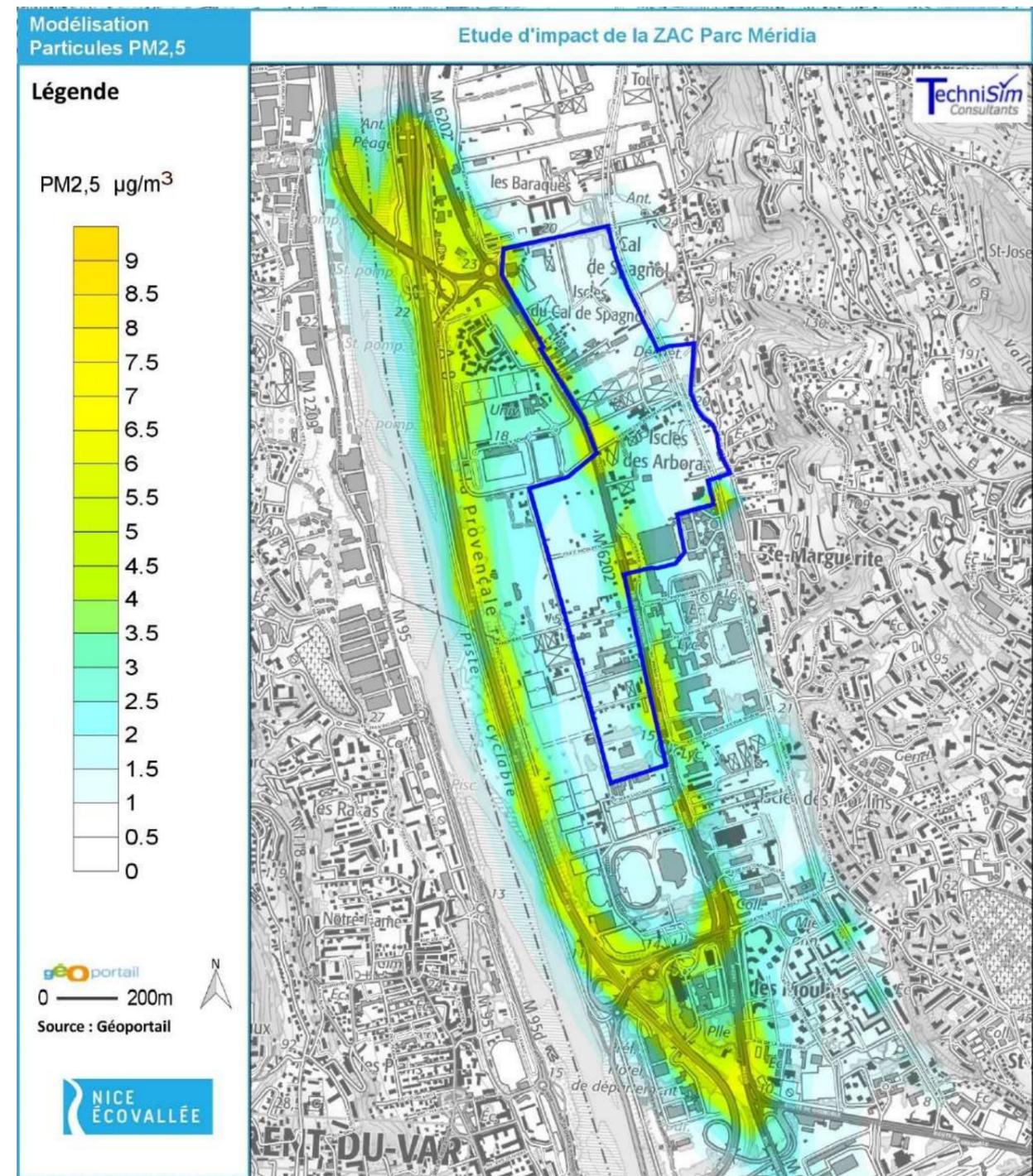


Figure 37 : Concentration en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Avec projet

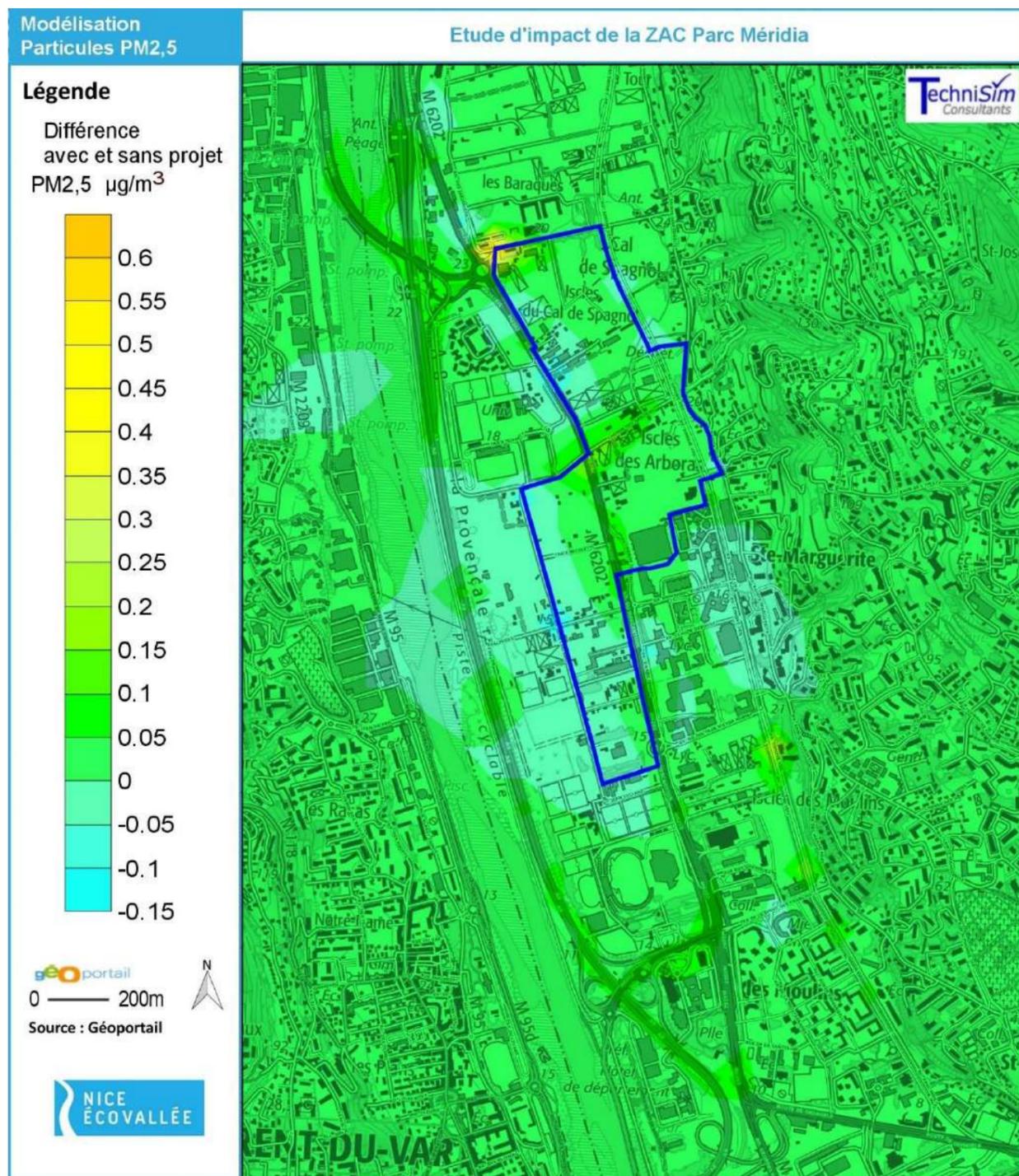


Figure 38 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation projet et fil de l'eau à l'horizon futur 2035

Autres polluants réglementés

Pour chacun de ces composés, les concentrations obtenues sont très inférieures aux normes de la qualité de l'air, et cela, pour tous les horizons et scénarios simulés.

Il est possible de conclure que la modification des volumes de trafic, liées à la réalisation du projet, n'a pas d'influence significative sur la qualité de l'air à l'égard de ces composés.

Tableau 27 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française

POLLUANTS	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil d'information / recommandations	Seuil d'alerte	Niveau critique	Valeur cible
Benzène	Moyenne annuelle : 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-
Dioxyde de soufre	Moyenne journalière : 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 dépassements autorisés)	Moyenne annuelle : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire : 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle et hivernale : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	Moyenne horaire : 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 dépassements autorisés)	-	-	-	-	-
Plomb	Moyenne annuelle : 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle : 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-
Monoxyde de carbone	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-
Arsenic	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cadmium	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nickel	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzo(a) pyrène	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oxydes d'azote	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (équivalent NO_2)	-

6.3 CONCLUSION DE L'IMPACT DU TRAFIC ROUTIER LIE AU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

Le projet de création de la ZAC « Parc Méridia » sur le territoire de la commune de Nice va entraîner une légère hausse de trafic sur la zone d'étude.

Nonobstant, au niveau des lieux vulnérables d'ores et déjà existants (crèches, écoles, Ehpad) et sur le périmètre projet, à l'instar de la zone d'étude, les concentrations calculées à l'horizon futur 2035 en situation 'Projet' et 'Fil de l'Eau' sont inférieures aux normes réglementaires pour les polluants faisant précisément l'objet d'une réglementation.

À l'horizon futur, par rapport à la situation dite 'actuelle', les teneurs maximales sur la zone d'étude diminuent pour les principaux polluants émis à l'échappement (sauf SO₂, pour lequel l'augmentation demeure négligeable au vu de la valeur seuil). Cela est à corrélérer avec les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi qu'avec l'application des normes Euro et le développement des véhicules hybrides/électriques, associées au renouvellement du parc roulant. Et ce, malgré l'augmentation des volumes de trafic pour les scénarios 'Fil de l'Eau' et 'projet' par rapport à la situation 'actuelle'.

Les polluants émis également par l'abrasion (notamment les particules et les métaux) voient quant à eux leurs teneurs maximales sur le domaine d'étude diminuer de manière moins importante, ou augmenter légèrement.

Par rapport à la situation Fil de l'Eau, les impacts de la réalisation de la ZAC « Parc Méridia » sont :

- Concernant la pollution atmosphérique : les hausses des concentrations maximales en polluants, relevées sur la zone d'étude, sont faibles (en moyenne 2 % pour les polluants de la Note technique du 22 février 2019) et localisées principalement sur les voies de circulation structurantes ;
- Concernant les enjeux en termes de population (lieux vulnérables existants / habitations) ; il est possible de constater que les hausses de concentration des polluants en situation 'Projet' par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' sont faibles et non significatives au regard des valeurs-seuils à l'horizon futur 2035. Par ailleurs les concentrations modélisées sur le périmètre projet sont inférieures aux valeurs seuils pour l'ensemble des lieux vulnérables à créer et les zones d'habitation.

Pour conclure, la réalisation de la ZAC « Parc Méridia » et les hausses de trafic qui lui sont associées sur la zone d'étude ne vont pas influencer de manière significative ni les concentrations en polluants, ni la qualité de l'air au niveau des lieux vulnérables et des habitants de la zone d'étude, en comparaison au scénario Fil de l'Eau.

7 IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTE DES POPULATIONS

7.1 EXPOSITION DE LA FUTURE POPULATION DU PROJET AUX EMISSIONS FERROVIAIRES DU TRAMWAY

7.1.1 Estimation de la quantité de particules produites par le trafic ferroviaire du tramway

La planche suivante repère la ligne 3 du Tramway à proximité du projet Parc Méridia.

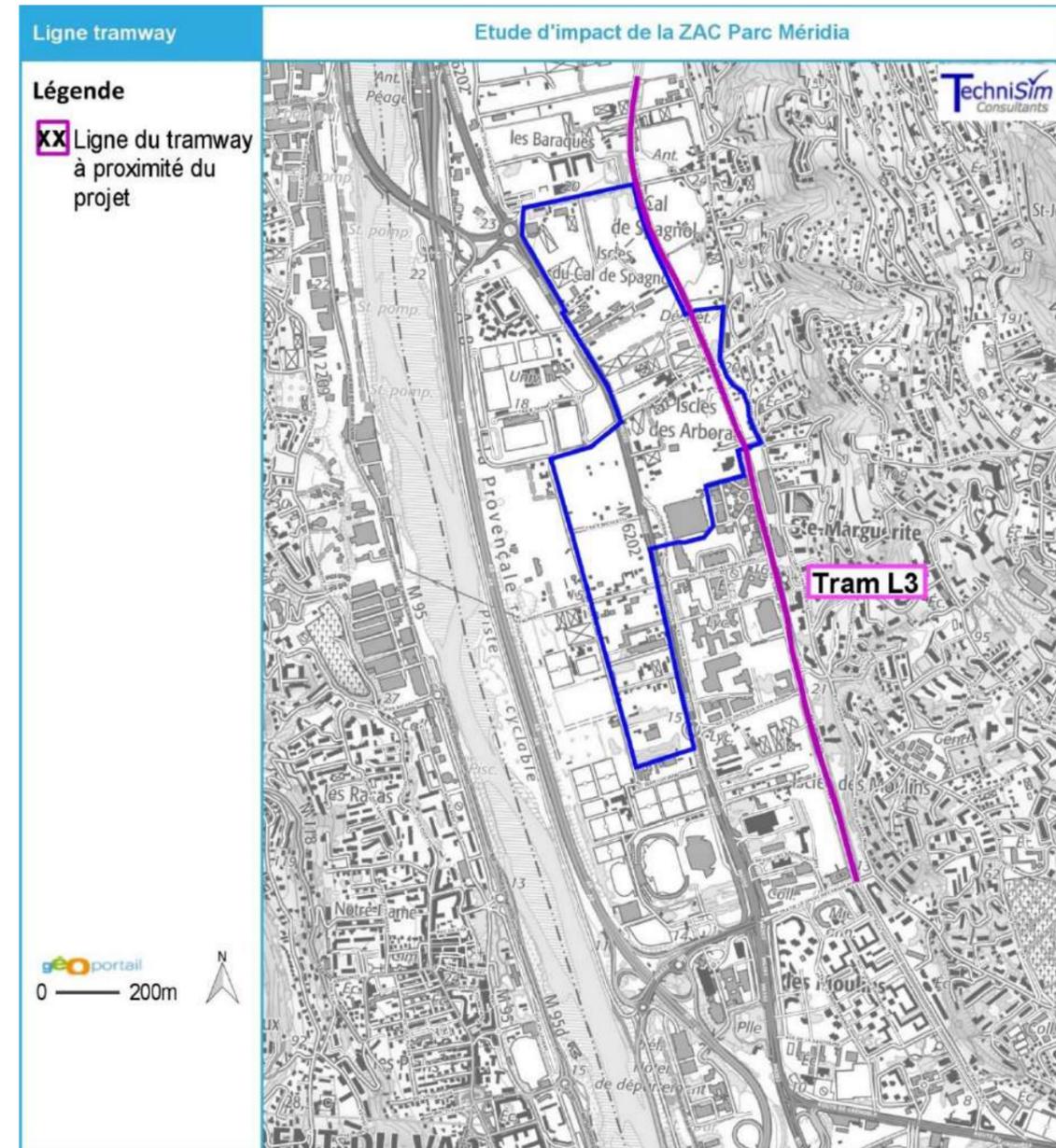


Figure 39 : Tracé de la ligne 3 du tramway par rapport au projet « Parc Méridia »

Selon les données de **Lignes d'Azur**, le nombre de tramways circulant à proximité du projet est en moyenne annuelle de 142 tramways/jour (deux sens de circulation confondus).

Pour mémoire, le passage des tramways entraîne la production de poussières à travers l'usure des équipements.

Information : Par défaut, il a été utilisé le facteur d'émission des trains régionaux du document « Report on emission factors for wear particles from railways »⁹ d'Erik Fridell. Le facteur d'émission des particules PM10 liées à l'usure du matériel et à la remise en suspension des particules est de 3,1 mg/(km parcouru-train-mètre).

Les hypothèses considérées pour le calcul des émissions de particules sont récapitulées ci-dessous.

Tableau 28 : Hypothèses considérées pour le calcul des émissions de particules liées à la circulation des trains

Facteur d'émissions PM10 pour les trains type régionaux	3,1 mg/(km parcouru-train-mètre)
Longueur tramway (Alstom Citadis 405)	48 m
Distance parcourue	2,9 km
Nombre de passages de tramways par jour	142

Sous ces hypothèses, la quantité de particules PM10 induite par le passage des tramways est estimée à 61 grammes par jour.

Note : Il est considéré que les émissions liées au passage des trains sont identiques pour les 3 scénarios étudiés, c'est-à-dire : situation actuelle 2019 ; situation future 2035 sans projet et situation future 2035 avec projet.

Les émissions de PM10 liées au passage des tramways (61 gPM10/jour) sont très faibles au regard des émissions liées au trafic routier de l'avenue Simone Veil [1 514 gPM10/jour en situation actuelle 2019 ; 1 381 gPM10/jour en situation Fil de l'Eau 2035 et 1393 gPM10/jour en situation projet 2035).

7.1.2 Composition des particules ferroviaires

Selon les données disponibles dans la littérature¹⁰, les particules émises par le trafic ferroviaire sont composées surtout de fer (≈ 50 à 60%), cuivre ($\approx 10\%$), aluminium ($\approx 2,6\%$ à 6%), magnésium ($\approx 5\%$), calcium ($\approx 5\%$) et zinc ($\approx 4\%$).

Les autres métaux (baryum, chrome, nickel, plomb, vanadium) représentent moins de $0,5\%$ des particules PM10.

De manière majorante, il est retenu ainsi la composition suivante :

- Fer : 50%
- Cuivre : 10%
- Aluminium : 6%
- Magnésium : 5%
- Calcium : 5%
- Zinc : 4%
- Baryum, chrome, nickel, vanadium : 0,5% chacun

7.1.3 Simulation numérique de la dispersion des émissions du tramway L3

(Prière de se référer au chapitre 7.2.4 pour la méthodologie relative à la simulation numérique de la dispersion).

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à hauteur d'Homme.

Concentrations en particules émises dans l'air par le passage des tramways, relevées sur grille de calcul, au niveau des lieux vulnérables, ainsi qu'au niveau du projet.

Il est possible de constater que l'influence du tramway sur les concentrations en PM10 de la zone d'étude est minimale.

⁹ Fridell et al. (2010). Emissions of particulate matters from railways – Emission factors and condition monitoring. *Transportation Research Part D*, 15, p.240-245. doi : 10.1016/j.trd.2010.02.006.

¹⁰ Loxham & Nieuwenhuijsen (2019). Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems – a critical review of the evidence. *Particle and Fibre Toxicology* 16:12.

Abbasi et al. (2013). Particle Emissions From Rail Traffic: A Literature Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 43, issue 23, p.2511-2544. doi :10.1080/10643389.2012.685348.

Tableau 29 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 liées aux émissions ferroviaires du tramway – moyenne annuelle et moyenne journalière

PM10 ferroviaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur limite	Valeur limite
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière
ZONE ÉTUDE - MAX	3,31E-02	1,20E-01
CENTILE 90	1,32E-02	5,46E-02
CENTILE 80	6,69E-03	3,19E-02
CENTILE 70	4,21E-03	2,11E-02
RECEPTEUR A	2,32E-03	1,01E-02
RECEPTEUR B	1,75E-03	3,97E-03
RECEPTEUR C	6,16E-03	2,74E-02
RECEPTEUR D	9,29E-03	4,47E-02
RECEPTEUR E	4,00E-03	2,12E-02
RECEPTEUR F	1,90E-02	8,69E-02
RECEPTEUR G	1,13E-02	5,06E-02
RECEPTEUR H	9,57E-03	4,58E-02
RECEPTEUR I	1,10E-03	8,04E-03
RECEPTEUR J	1,18E-03	8,48E-03
RECEPTEUR K	2,74E-02	1,15E-01
RECEPTEUR L	1,32E-02	2,92E-02
RECEPTEUR M	1,27E-03	8,55E-03
RECEPTEUR N	4,12E-03	2,35E-02
RECEPTEUR O	4,23E-03	1,22E-02
RECEPTEUR P	9,98E-03	4,81E-02
RECEPTEUR Q	3,75E-03	1,86E-02
RECEPTEUR R	1,05E-02	2,11E-02
RECEPTEUR S	2,01E-02	8,75E-02
RECEPTEUR T	3,31E-02	1,20E-01
Concentrations relevées sur le périmètre Projet		
Max Projet	3,31E-02	1,20E-01
Centile 90	2,39E-02	9,64E-02
Centile 50	6,39E-03	3,16E-02
Centile 10	3,29E-03	1,69E-02
Moyenne	9,77E-03	4,30E-02
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions du passage du tramway L3 à proximité du projet Parc Méridia</i>	

La cartographie des isocontours des concentrations pour les particules PM10 ferroviaires en moyenne annuelle est éditée graphiquement sur la planche immédiatement suivante.

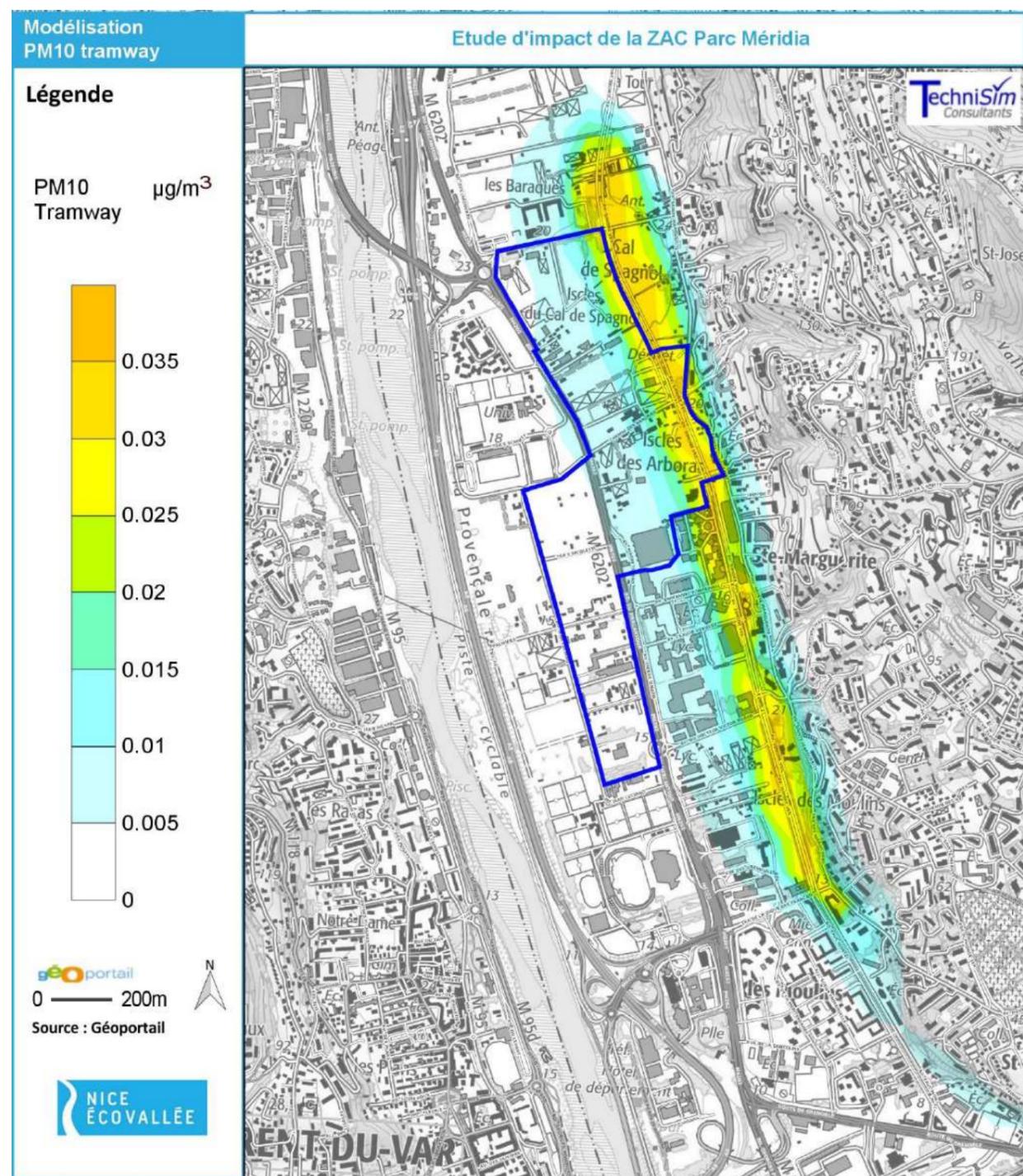


Figure 40 : Concentration en PM10 ferroviaires – Moyenne annuelle pour les 3 situations (actuelle, fil de l'eau et projet)

7.1.4 Exposition aux particules PM10 cumulées (transport routier + tramway)

En considérant les émissions cumulées provenant des voies de circulation routière (dont le trafic a été fourni) dans la zone d'étude, et provenant aussi du passage du tramway, les concentrations en PM10 calculées sont toutes inférieures aux normes réglementaires au niveau des lieux vulnérables et du périmètre projet, et cela pour tous les scénarios et horizons considérés.

Il en va de même pour les concentrations maximales calculées sur la zone d'étude.

Tableau 30 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 cumulées (routières + tramways) – moyenne annuelle

PM10 cumulées (µg/m³) (routières + tramway) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 µg/m³	
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	12,12	10,56	10,67
CENTILE 90	6,52	5,05	5,11
CENTILE 80	4,58	3,45	3,45
CENTILE 70	3,75	2,85	2,85
RECEPTEUR A	2,51	1,91	1,92
RECEPTEUR B	0,27	0,22	0,22
RECEPTEUR C	3,92	2,85	2,87
RECEPTEUR D	3,99	3,08	3,09
RECEPTEUR E	4,12	2,98	2,98
RECEPTEUR F	2,46	2,00	2,01
RECEPTEUR G	3,50	2,79	2,82
RECEPTEUR H	4,03	3,13	3,13
RECEPTEUR I	5,67	5,06	5,10
RECEPTEUR J	3,87	3,28	3,30
RECEPTEUR K	3,33	2,83	2,81
RECEPTEUR L	0,82	0,71	0,72
RECEPTEUR M	3,39	2,75	2,77
RECEPTEUR N	4,69	3,35	3,35
RECEPTEUR O	2,11	1,62	1,64
RECEPTEUR P	3,87	3,12	3,17
RECEPTEUR Q	3,83	2,89	2,88
RECEPTEUR R	0,71	0,61	0,61
RECEPTEUR S	2,60	2,14	2,16
RECEPTEUR T	2,85	2,49	2,49
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	11,32	8,88	9,06
Centile 90	6,15	4,75	4,76
Centile 50	3,75	2,89	2,92
Centile 10	2,51	2,07	2,09
Moyenne	4,11	3,21	3,23
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic ainsi que les émissions liées au passage des tramways.</i>		

Tableau 31 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 (routières + tramways) – maximum journalier

PM10 cumulées (µg/m³) (routières + tramway) Maximum journalier	Valeur limite	50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	39,08	29,32	29,42
CENTILE 90	20,87	15,80	15,75
CENTILE 80	14,10	10,64	10,71
CENTILE 70	11,21	8,65	8,72
RECEPTEUR A	7,64	6,01	6,06
RECEPTEUR B	0,65	0,51	0,52
RECEPTEUR C	10,07	7,23	7,24
RECEPTEUR D	10,32	7,67	7,66
RECEPTEUR E	11,16	7,84	7,82
RECEPTEUR F	9,19	6,87	6,86
RECEPTEUR G	10,97	8,76	8,83
RECEPTEUR H	10,74	8,00	7,97
RECEPTEUR I	18,49	16,20	16,34
RECEPTEUR J	13,42	11,31	11,39
RECEPTEUR K	9,51	7,64	7,59
RECEPTEUR L	2,50	1,99	1,97
RECEPTEUR M	11,23	9,23	9,30
RECEPTEUR N	10,51	7,59	7,64
RECEPTEUR O	6,11	4,64	4,67
RECEPTEUR P	12,42	9,98	10,06
RECEPTEUR Q	10,27	7,91	7,92
RECEPTEUR R	2,00	1,70	1,71
RECEPTEUR S	9,43	7,97	8,15
RECEPTEUR T	10,73	8,90	8,84
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	33,09	26,23	26,82
Centile 90	19,66	15,46	15,55
Centile 50	11,02	8,66	8,72
Centile 10	8,65	6,65	6,65
Moyenne	12,68	9,79	9,82
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic ainsi que les émissions liées au passage des tramways.</i>		

Les cartographies des isocontours des concentrations des différents horizons étudiés pour les particules PM10 cumulées (tramways + routières) sont représentées graphiquement sur les planches immédiatement suivantes.

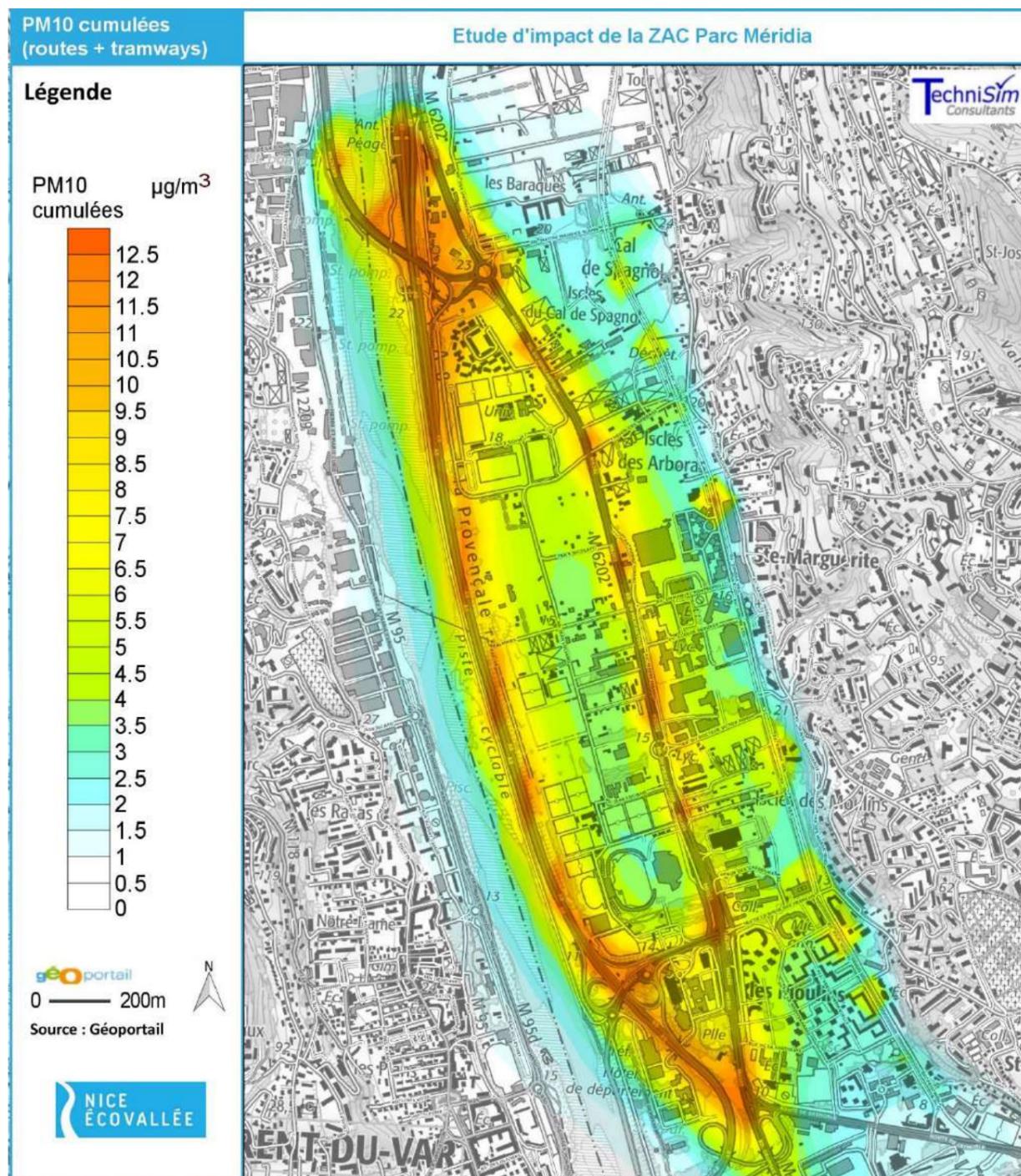


Figure 41 : Concentration en PM10 cumulées (tramways et routières) – Moyenne annuelle – Situation N°1 - Horizon actuel – 2019

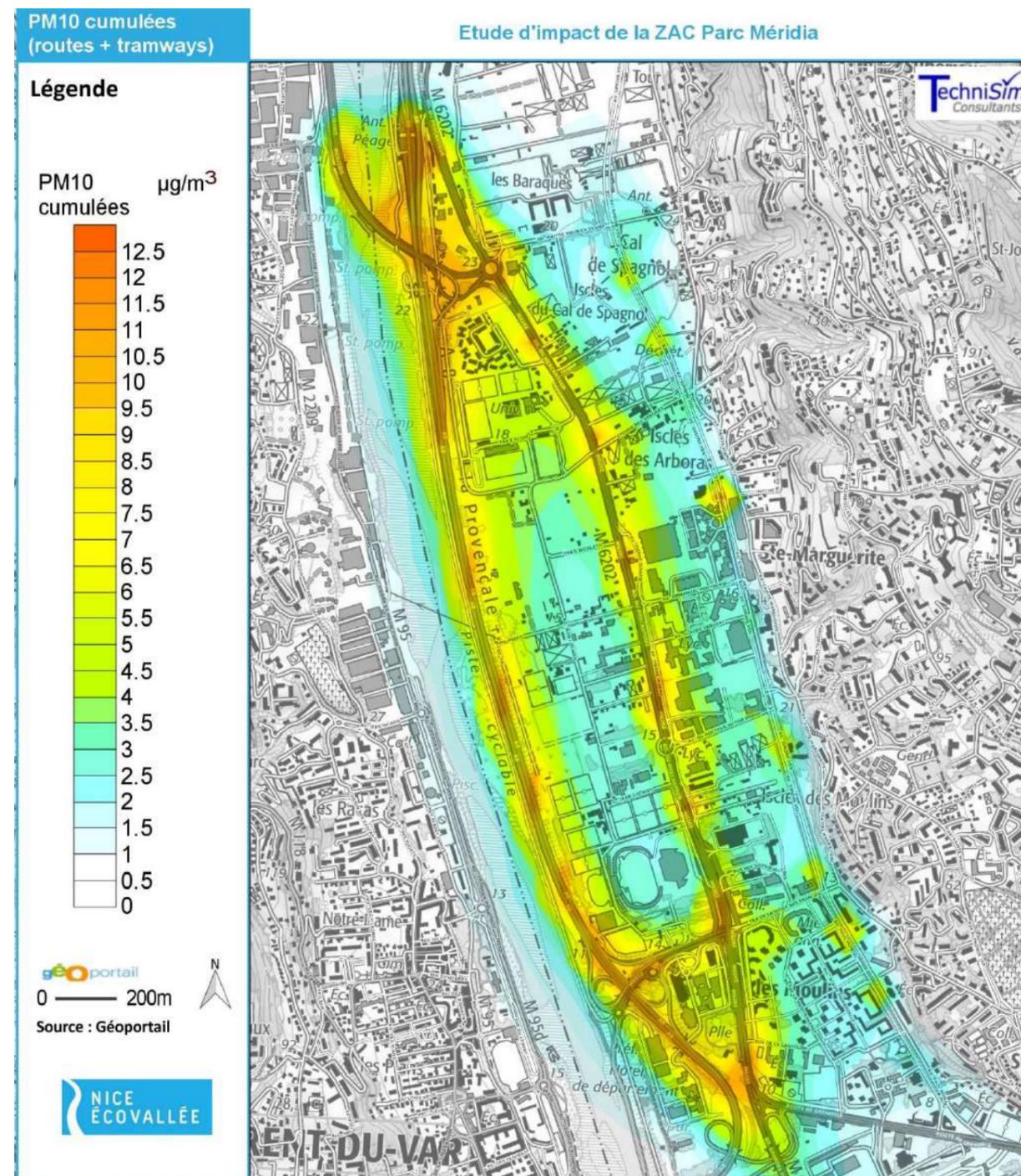


Figure 42 : Concentration en PM10 cumulées (tramways et routières) – Moyenne annuelle – Situation N°2 – Sans projet – 2035

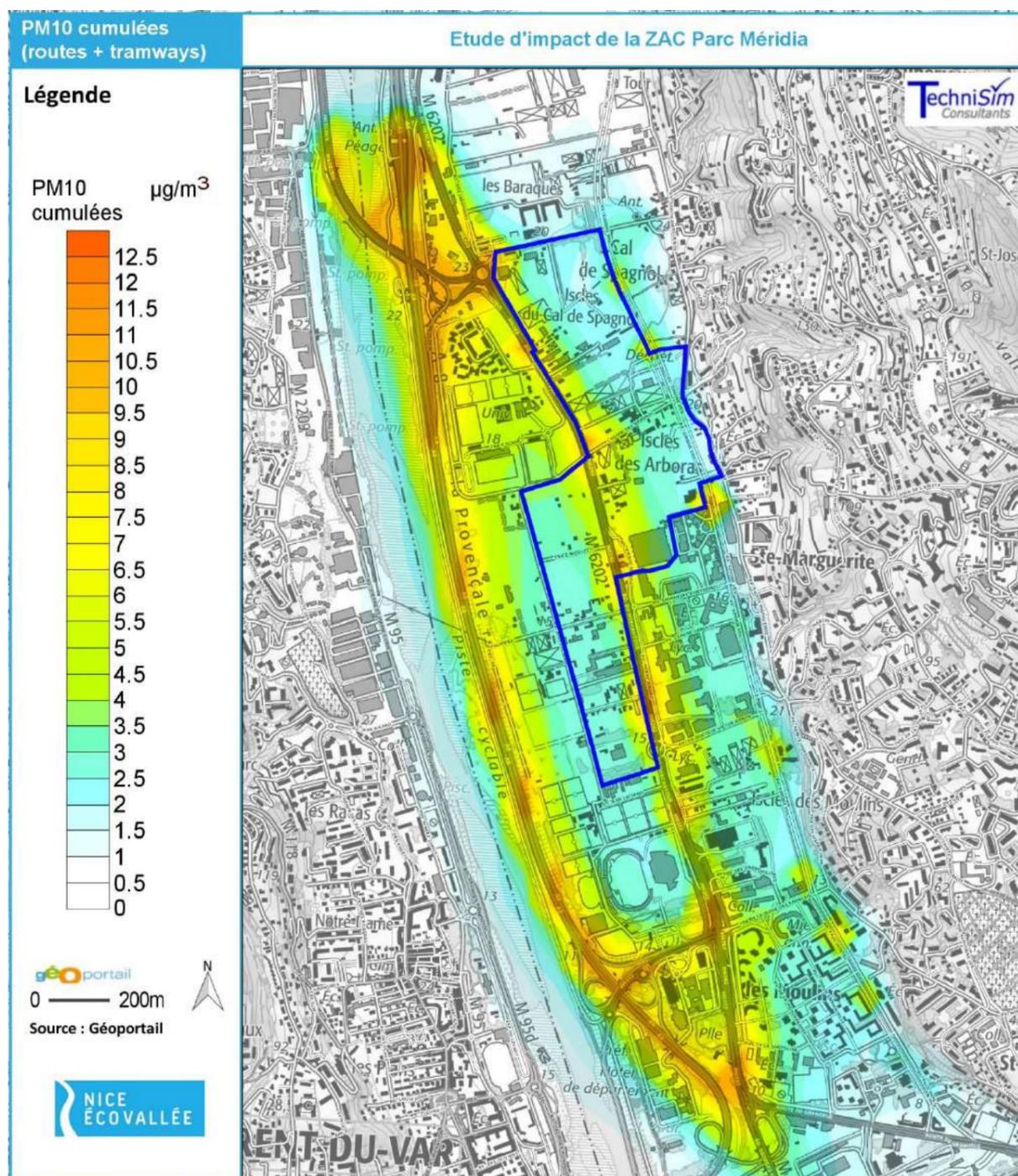


Figure 43 : Concentration en PM10 cumulées (tramways et routières) – Moyenne annuelle – Situation N°3 – Avec projet – 2035

7.2 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

La démarche d'EQRS a été proposée pour la première fois en 1983 par l'Académie des Sciences (National Research Council) aux États-Unis. La définition généralement énoncée souligne qu'elle repose sur « l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ».

La *Circulaire du 09/08/13* relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, rappelle l'intérêt de la démarche de l'EQRS dans une demande d'autorisation d'exploiter :

« La démarche d'évaluation des risques sanitaires permet de hiérarchiser les différentes substances émises par un site, leurs sources et les voies d'exposition, en vue de définir des stratégies de prévention et de gestion spécifiques à chaque installation.

Il s'agit d'un outil de gestion et d'aide à la décision. Elle ne peut cependant déterminer ni l'impact réel du site sur la santé des populations riveraines, ni l'exposition réelle des populations. Seules des études épidémiologiques ou d'imprégnations pourraient apporter des éléments de réponse sur ces deux points. »

L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé.

L'EQRS est menée selon :

- Le guide de l'InVS de 2007 "Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires" Ed. InVS/Afsset 2007 ; 162p.
- Le guide de l'INERIS de 2011 « Guide pour la conduite d'une étude de zone » - DRC - 11 - 115717 - 01555B
- Le guide de l'INERIS de 2013 « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » - DRC - 12 - 125929 - 13162B
- Le guide de l'INERIS de 2016 « Choix de valeurs toxicologiques de référence - Méthodologie INERIS » - DRC - 16 - 156196 - 11306A
- La note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués
- L'avis de l'Anses de juillet 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières
- La **Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019** relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières

La planche suivante schématise conceptuellement l'EQRS réalisée dans ce document.

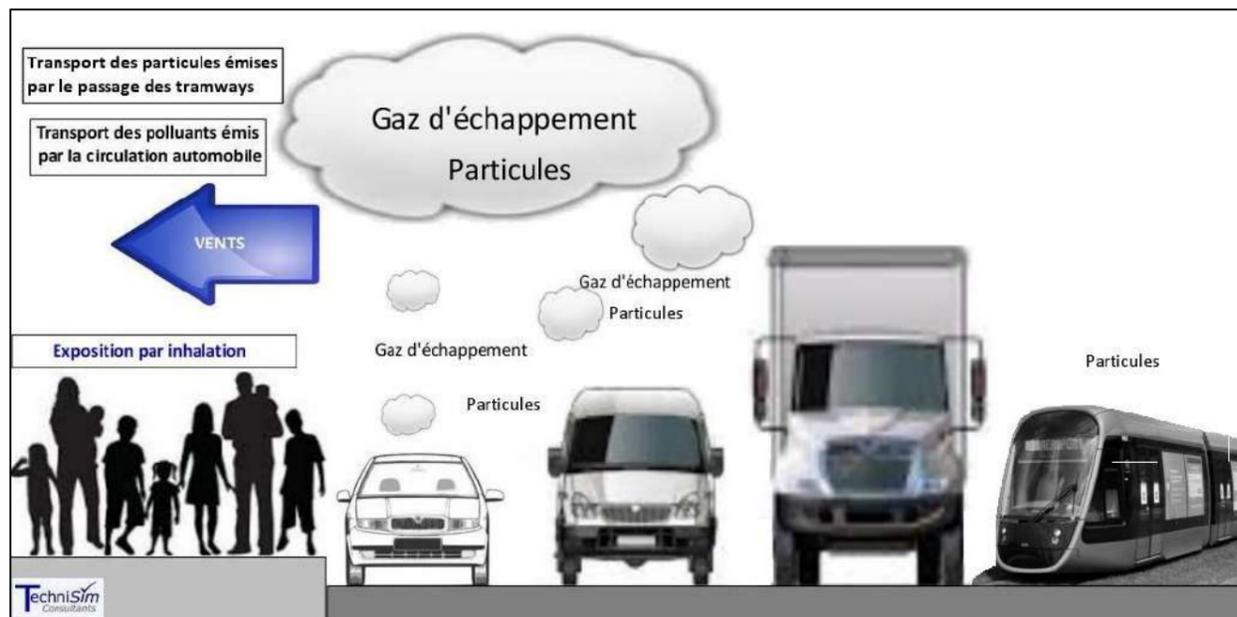


Figure 44 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

7.2.1 Hypothèses de travail retenues

- Les données utilisées proviennent de la simulation numérique de la dispersion atmosphérique des émissions générées par le trafic routier considéré sur l'ensemble des voies dont le trafic a été fourni, et aussi par les émissions du trafic du tramway L3.
- La voie d'exposition privilégiée ici est la voie inhalation pour toutes les situations étudiées.
- Les particules à l'échappement des véhicules sont assimilées à des particules diesel (hypothèse majorante).
- Pour les HAP, il est considéré le mélange de 16 HAP (dont le benzo(a)pyrène) exprimé en benzo(a)pyrène équivalent par utilisation des FET (Facteur d'Équivalence Toxique).
- Pour le chrome issu des émissions du transport routier, il est considéré que la totalité du chrome émis est du chrome VI (hypothèse majorante). Alors qu'en réalité, il s'agit d'un mélange de chrome VI (cancérogène) et de chrome III (non cancérogène).
- Pour le chrome issu des émissions du transport ferroviaire des tramways, il est considéré que la totalité du chrome émis est du chrome III.

7.2.2 Contenu et démarche de l'EQRS

Conventionnellement, une EQRS est constituée des quatre étapes listées ci-dessous :

- L'identification des dangers (sélection des substances selon les connaissances disponibles)
- La définition des relations doses-réponses (sélection des valeurs toxiques de référence pour chaque polluant considéré)
- L'évaluation des expositions des populations aux agents dangereux identifiés selon les voies, niveaux et durées d'exposition correspondants
- La caractérisation des risques sanitaires via le calcul des indices sanitaires

Actuellement, dans le vocabulaire européen, les deux premières étapes sont souvent rassemblées en une phase unique appelée « caractérisation des dangers ».

Remarque : Il convient de bien distinguer le 'danger' du 'risque'. Le danger d'un agent physique, chimique ou biologique correspond à l'effet sanitaire néfaste ou indésirable qu'il peut engendrer sur un individu lorsqu'il est mis en contact avec celui-ci, alors que le risque correspond à la probabilité de survenue d'un effet néfaste indépendamment de sa gravité.

Étape n° 1 : L'identification des dangers

L'étape d'identification des dangers consiste à connaître les dangers ou le potentiel dangereux des agents chimiques considérés, associés aux voies d'exposition retenues [InVS, 2000]. Cela consiste en une synthèse des connaissances scientifiques disponibles à l'instant de l'étude débouchant sur un bilan de ce que l'on sait, de ce que l'on ignore et de ce qui est incertain.

On distingue les effets selon plusieurs critères.

La toxicité d'une substance peut être qualifiée de :

- Aiguë : manifestation de l'effet à court terme, de l'administration d'une dose unique de substance ;
- Subchronique : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période de 14 jours à 3 mois ;
- Chronique : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période supérieure à 3 mois.

Par ailleurs, une substance peut avoir des effets distincts selon son mode d'exposition, c'est-à-dire selon qu'elle est inhalée ou ingérée (les organes en contact étant bien sûr différents).

Au niveau des effets, on distingue les effets selon qu'ils sont « à seuils » ou « sans seuils » :

- Les effets toxiques « à seuils » correspondent aux effets aigus et aux effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu'il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La Valeur Toxicologique de Référence [VTR] correspond alors à cette valeur.

Pour ce type d'effet, la gravité est proportionnelle à la dose.

- Les effets toxiques « sans seuils » correspondent pour l'essentiel à des effets cancérigènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence - et non la gravité - est proportionnelle à la dose. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

La VTR est alors un Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer.

À la suite de ces recherches, quelques substances seulement sont retenues pour l'EQRS.

Dans le présent cas, les polluants retenus sont issus du rapport du groupe de travail constitué de la Direction des routes (Ministère chargé de l'équipement), la Direction générale de la santé (Ministère chargé de la santé publique), la Direction de la prévention des pollutions et des risques et la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (Ministère chargé de l'environnement).

Étape n° 2 : L'estimation de la dose-réponse

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles). Or, pour connaître les risques encourus à basses doses, telles qu'elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d'extrapoler les risques observés (c'est-à-dire des hautes doses vers les basses doses) à partir de l'étude de la relation dose-effet.

Cette relation s'étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier de la modélisation mathématique. Cela permet de définir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l'occurrence ou la sévérité de l'effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR s'effectue différemment en fonction du danger considéré.

Cette opération s'effectue par une approche :

- Déterministe lorsqu'il s'agit des effets "avec seuils" ;
- Probabiliste lorsqu'il s'agit des effets "sans seuils".

Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le ou les effets néfastes n'apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus faible sans effet (dose dite 'NOEL' pour No Observed Effect Level) et d'une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme en particulier les difficultés de transposition de l'animal à l'homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d'exposition, la qualité des données, etc.

La VTR est alors calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.

La VTR prend ainsi la forme d'une Dose Journalière Admissible [DJA] dans le cas de l'ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de la voie cutanée, ou bien d'une Concentration Maximale Admissible [CMA] dans le cas de l'exposition respiratoire (exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

Pour les effets sans seuils, la VTR est alors un Excès de Risque Unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'homme. Cette valeur est le résultat des extrapolations des hautes doses aux basses doses à travers des modèles mathématiques.

L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Cet indice représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

La sélection des VTR pour chaque substance s'effectue selon le logigramme ci-après.

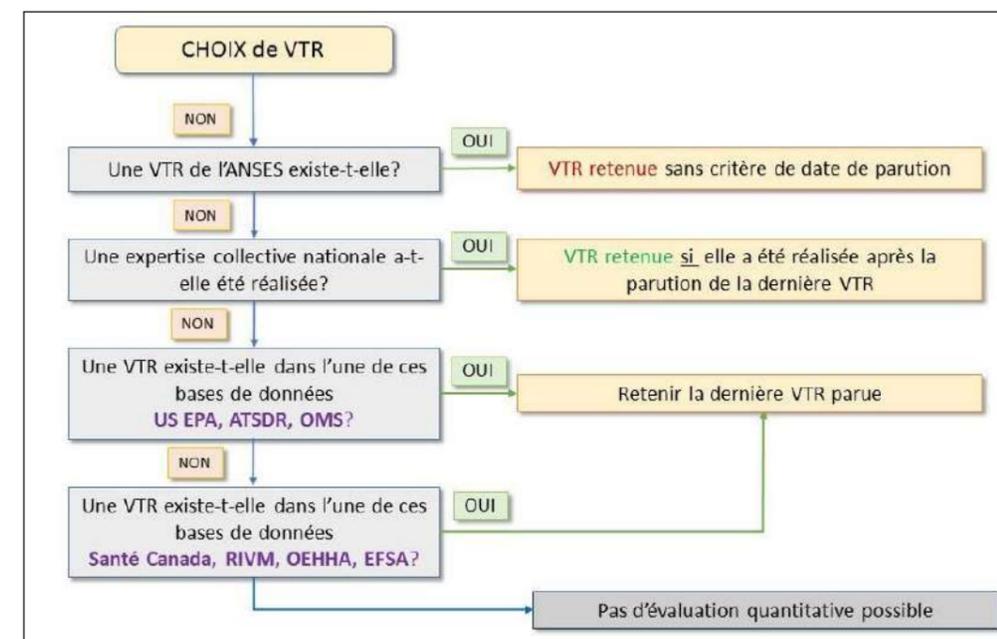


Figure 45 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont résumées dans les tableaux qui vont suivre.

Tableau 32 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition CHRONIQUE - Inhalation

SUBSTANCES	N°CAS	Voie d'exposition	Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR	
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET HAP										
Acétaldéhyde	75-07-0	Inhalation	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	VGAI	160,0	[µg/m³]	75	Anses	2014	VTR retenue par l'INERIS
Acroléine	107-02-8	Inhalation	Lésions de l'épithélium respiratoire	VGAI	0,8	[µg/m³]	75	Anses	2013	VTR retenue par l'INERIS
Benzène	71-43-2	Inhalation	Diminution du nombre des lymphocytes	VTR	10	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2008	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Effets sur la fertilité	RfC	2,0	[µg/m³]	1000	US EPA	2002	VTR retenue par l'INERIS
Ethylbenzène	100-41-4	Inhalation	Effet ototoxique (Perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti)	VTR	1500	[µg/m³]	75	Anses	2016	VTR de l'ANSES
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Irritations oculaires et nasales et des lésions histologiques de l'épithélium nasal (rhinite, métaplasie squameuse, dysplasie)	VTR	123	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2018	VTR de l'ANSES
Propionaldéhyde	123-38-6	Inhalation	Atrophie de l'épithélium olfactif	RfC	8	[µg/m³]	1000	US EPA	2008	Seule VTR disponible
Toluène	108-88-3	Inhalation	Effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs)	VTR	19000	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2017	VTR de l'ANSES
Xylènes	1330-20-7	Inhalation	Effets neurologiques	MRL	200	[µg/m³]	300	ATSDR	2007	VTR retenue par l'ANSES
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Diminution de la survie des embryons/fœtus	RfC	0,002	[µg/m³]	3000	US EPA	2017	VTR retenue par l'INERIS
Naphtalène	91-20-3	Inhalation	Anémies hémolytiques et cataractes	VTR	37	[µg/m³]	250	Anses	2013	VTR de l'Anses
METAUX										
Aluminium	7429-90-5	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Effets neurologiques et troubles du comportement	REL	0,015	[µg/m³]	extrapolation	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS
Baryum	7440-39-3	Inhalation	Non précisé	TCA	1	[µg/m³]	100	RIVM	2001	VTR retenue par l'ANSES
Cadmium	7440-43-9	Inhalation	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale Effets rénaux	VTR	0,45	[µg/m³]	non précisé	Anses	2012	VTR de l'ANSES
Calcium	7440-70-2	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	Particulaires - Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire	TCA	0,03	[µg/m³]	300	OMS CICAD	2013	VTR retenue par l'INERIS
Chrome III	7440-47-3	Inhalation	inflammation chronique des poumons et l'hyperplasie des cellules septales chez les rats mâles	VTR	2	[µg/m³]	non précisé	INERIS	2017	VTR retenue par l'INERIS
Cuivre	7440-50-8	Inhalation	Absence d'effets adverses	TCA	1	[µg/m³]	600	RIVM	2001	VTR retenue par l'INERIS
Fer	7439-89-6	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Magnésium	7439-95-4	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Mercuré	7439-97-6	Inhalation	Effets neurologiques Troubles de la mémoire et de la motricité	REL	0,03	[µg/m³]	300	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Lésions pulmonaires	VTR	0,23	[µg/m³]	Non précisé	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
Plomb	7439-92-1	Inhalation	Effets systémiques observés au niveau du système nerveux central et périphérique. Anémie microcytaire hypochrome, atteintes rénales, augmentation de la pression artérielle, effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants	VTR	0,9	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2013	VTR de l'ANSES
Vanadium	7440-62-2	Inhalation	Effet sur le développement	TCA	1	[µg/m³]	1000	RIVM	2009	VTR retenue par l'INERIS
Zinc	7440-66-6	Inhalation	Aucune VTR disponible							
AUTRES POLLUANTS										
Ammoniac	7664-41-7	Inhalation	Diminution de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires	VTR	500	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2018	VTR de l'ANSES
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzo-p-dioxine	1746-01-6	Inhalation	Augmentation de la mortalité, amaigrissement, changements histopathologiques et rénaux	REL	4,0E-05	[µgTEQ/m³]	100	OEHHA	2000	Seule VTR disponible
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	57117-31-4	Inhalation	Augmentation de la mortalité, amaigrissement, changements histopathologiques et rénaux	REL	4,0E-05	[µgTEQ/m³]	100	OEHHA	2000	VTR retenue par l'INERIS
Particules diesel	-	Inhalation	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	VTR	5,0	[µg/m³]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 20 µg/m³ en moyenne annuelle							
Particules PM2.5	-	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 10 µg/m³ en moyenne annuelle							
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 40 µg/m³ en moyenne annuelle							
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	Aucune VTR disponible							

Tableau 33 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets SANS seuils - Inhalation

SUBSTANCES	N°CAS	Voie d'exposition	Organe(s) cible(s)/Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Source	Année	Justification du choix de la VTR	
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET HAP									
Acétaldéhyde	75-07-0	Inhalation	Augmentation de l'incidence des adénocarcinomes et des carcinomes des cellules squameuses de la cloison nasale	ERU	2,20E-06	[µg/m³] ⁻¹	US EPA	1991	VTR retenue par l'INERIS
Acroléine	107-02-8	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Benzène	71-43-2	Inhalation	Leucémies aigües	VTR	2,60E-05	[µg/m³] ⁻¹	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Leucémies	ERU	3,00E-05	[µg/m³] ⁻¹	US EPA	2002	VTR retenue par l'INERIS
Éthylbenzène	100-41-4	Inhalation	Incidence du carcinome du tube rénal ou de l'adénome chez les rats mâles	ERU	2,50E-06	[µg/m³] ⁻¹	OEHHA	2007	Seule VTR disponible
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Carcinomes au niveau des cavités nasales CT0,05=9,5 mg/m³ soit 5,26E-06 (µg/m³) ⁻¹	CT0,05	5,26E-06	[µg/m³] ⁻¹	Sante Canada	2000	VTR retenue par l'INERIS
Propionaldéhyde	108-88-3	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Toluène	108-88-3	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Xylènes	1330-20-7	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée)	ERU	1,10E-03	[µg/m³] ⁻¹	OEHHA	2008	VTR retenue par l'ANSES
Naphtalène	91-20-3	Inhalation	Adénomes de l'épithélium nasal respiratoire Augmentation de l'incidence des neuroblastomes de l'épithélium olfactif chez le rat femelle	VTR	5,60E-06	[µg/m³] ⁻¹	Anses	2013	VTR de l'ANSES
METAUX									
Aluminium	7429-90-5	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	1,5E-04	[µg/m³] ⁻¹	TCEQ	2012	VTR retenue par l'ANSES
Baryum	7440-39-3	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Cadmium	7440-43-9	Inhalation	Cancers du poumon	ERU	9,80E-03	[µg/m³] ⁻¹	Santé Canada	2010	Dernière VTR parue
Calcium	7440-70-2	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	ERU	4,00E-02	[µg/m³] ⁻¹	OMS	2013	VTR retenue par l'ANSES
Chrome III	7440-47-3	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Cuivre	7440-50-8	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Fer	7439-89-6	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Magnésium	7439-95-4	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Mercuré	7439-97-6	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	1,70E-04	[µg/m³] ⁻¹	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
Plomb	7439-92-1	Inhalation	Tumeurs rénales	ERU	1,20E-05	[µg/m³] ⁻¹	OEHHA	2011	VTR retenue par l'INERIS
Vanadium	7440-62-2	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Zinc	7440-66-6	Inhalation	Aucune VTR disponible						
AUTRES POLLUANTS									
Ammoniac	7664-41-7	Inhalation	Aucune VTR disponible						
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzo-p-dioxine	1746-01-6	Inhalation	Adénome et carcinome hépatiques	ERU	38,0	[µg/m³] ⁻¹	OEHHA	1986	Seule VTR disponible
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	57117-31-4	Inhalation	Adénome et carcinome hépatiques	ERU	11,0	[µg/m³] ⁻¹	OEHHA	2011	Seule VTR disponible
Particules diesel	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	3,40E-05	[µg/m³] ⁻¹	OMS	1996	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Particules PM2.5	-	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	Aucune VTR disponible						

Étape n°3 : Évaluation des expositions

L'exposition d'une population à une substance toxique dépend des deux facteurs ci-dessous :

- La concentration de la substance dans les compartiments environnementaux et son comportement physico-chimique ;
- Les voies et conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.

En pratique, à partir des rejets du trafic, il s'agit d'établir un schéma décrivant les voies de passage des polluants depuis les différents compartiments environnementaux jusque vers les populations-cibles.

On identifie ensuite les voies de pénétration des polluants dans l'organisme.

Celles-ci sont de trois types (Voie ingestion, Voie inhalation et Contact cutané).

Sont identifiés également les modes de transfert des polluants dans les différents compartiments environnementaux.

Le devenir d'une substance dépend de ses propriétés physico-chimiques ainsi que des conditions environnementales.

À partir d'un compartiment donné, le composé considéré peut, soit :

- Être dispersé/transporté vers un autre compartiment ;
- Être transformé ;
- S'accumuler.

L'évaluation des expositions se déroule selon plusieurs étapes.

Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer les niveaux d'exposition à l'aide de mesures réalisées sur site ou à l'aide de la modélisation.

Ensuite, il s'agit de définir pour les cibles et/ou les populations identifiées, ainsi que pour les voies d'exposition identifiées, des scénarios d'exposition cohérents visant à considérer essentiellement : soit les expositions de type chronique, soit les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction significative de la durée de vie.

Dans ce dossier, les scénarios étudiés sont indiqués ci-dessous :

Voie d'exposition - Inhalation

- Effets à seuils
 - Enfant en bas-âge** : ce scénario considère les enfants vivant au sein de la zone d'étude / du projet et fréquentant les crèches de la zone d'étude / en projet
 - Écolier de maternelle** : ce scénario considère les enfants vivant au sein de la zone d'étude / du projet et fréquentant les écoles maternelles de la zone d'étude / en projet
 - Écolier de l'élémentaire** : ce scénario considère les enfants vivant au sein de la zone d'étude / du projet et fréquentant les écoles élémentaires de la zone d'étude / en projet

- **Personne âgée** : ce scénario considère les personnes âgées vivant au sein de l'Ehpad de la zone d'étude ;
- **Hospitalisé** : ce scénario considère les personnes hospitalisées pour longue durée dans les centres de santé en projet.
- **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou au sein du projet

Effets sans seuils

- **Enfant** : ce scénario considère les individus jusqu'à 11 ans vivant au sein de la zone d'étude / du projet et fréquentant les établissements scolaires et les crèches de la zone d'étude/en projet
- **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou au sein du projet

Information importante

Pour les écoles primaires et les groupes scolaires (école maternelle + élémentaire sur le même lieu), le scénario d'exposition correspond au cumul des scénarios « écolier de maternelle » et « écolier de l'élémentaire ».

L'étape suivante consiste à estimer les quantités de substance absorbées par les individus du domaine examiné.

Pour l'inhalation, la dose journalière est en fait une concentration inhalée.

Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée quotidiennement.

Celle-ci se calcule à l'aide de la formule suivante : $CI = (\sum_i(Ci \times ti) \times F \times \frac{T}{Tm})$

CI	Concentration moyenne inhalée	[µg/m ³]
ti	Fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant une journée	[Sans dimension]
F	Fréquence ou taux d'exposition → nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours	[Sans dimension]
T	Nombre d'années d'exposition	[Année]
Tm	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	[Année]

Pour les polluants avec effets « à seuils », l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T = Tm.

Alors que pour les effets « sans seuils », Tm sera assimilé à la vie entière prise égale à 70 ans, par convention.

Les scénarios d'exposition ainsi que les paramètres associés sont disponibles dans les tableaux qui suivent.

Tableau 34 : Scénarios d'exposition « enfant en bas âge » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
ENFANT EN BAS AGE Durée d'exposition : 3 ans / Crèche	En semaine – PERIODE SCOLAIRE		
	Crèche	10 h/jour – 5 jours/semaine – 47 semaines /an	-Concentrations calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude -Concentrations calculées au niveau des établissements en projet
	Domicile	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude
	Week-End – PERIODE SCOLAIRE		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude
	Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude

Tableau 35 : Scénario d'exposition « écolier de maternelle » et « écolier de l'élémentaire » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
ECOLIER Durée d'exposition : 3 ans / Maternelle 5 ans / Élémentaire	En semaine – PERIODE SCOLAIRE		
	École	10 h/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an	-Concentrations calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude
		4 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	-Concentrations calculées au niveau des établissements en projet
	Domicile	14 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude
		20 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	-Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude
	Week-End – PERIODE SCOLAIRE		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 36 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude
Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES			
Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 16 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude	

¹¹ <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/fiche4-5.pdf>

Tableau 36 : Scénario d'exposition « personne âgée » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
PERSONNE AGEE Durée d'exposition : 10 ans	En continu		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 52 semaines /an	-Concentrations calculées au niveau de l'établissement présent sur la zone d'étude

Tableau 37 : Scénario d'exposition « hospitalisé » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
HOSPITALISE longue durée Durée d'exposition : 1,5 an*	Semaine et weekend		
	Hôpital	24 h/jour – 7 jours /semaines – 52 semaines /an	-Concentrations calculées au niveau des établissements en projet

* Durée moyenne des hospitalisations longues durées (calculée d'après les données DREES¹¹).

Tableau 38 : Scénario d'exposition « Enfant » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Durée	Concentration considérée pour les calculs
Enfant Durée d'exposition : 11 ans	Crèche	47 semaines/an 10 h/jour – 5 jours/semaine	3 ans	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude -Concentrations maximales calculées au niveau des établissements en projet
	École maternelle et élémentaire	36 semaines/an 10 h/jour – 4 jours/semaine 04 h/jour – 1 jour/ semaine	8 ans	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude -Concentrations maximales calculées au niveau des établissements en projet
	Domicile	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an 24 h/jour – 2 jours/semaine – 47 semaines /an 24 h/jour – 7 jours/semaine – 5 semaines /an	3 ans	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 maximum des concentrations calculées sur les zones d'habitation de la zone d'étude
		14 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an 20 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an 24 h/jour – 2 jours/semaine – 36 semaines/an 24 h/jour – 7 jours/ semaine – 16 semaines /an	8 ans	

Tableau 39 : Scénario d'exposition « Résident » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
RESIDENT Durée d'exposition : 15 ans*	Semaine et week end		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an	-Centile 90 des concentrations calculées sur la zone d'étude -Centile 90 des concentrations calculées sur chaque zone d'habitation en projet

*Correspond à l'arrondi à l'année supérieure de l'ancienneté d'emménagement des résidents de Nice (14,2 ans) (données Insee)

Étape n°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques s'effectue à l'aide du calcul des indices de risques.

Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuils » ou bien « sans seuils ».

Pour la voie **inhalation**, la dose journalière est effectivement une concentration inhalée.

Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur : la Valeur Toxique de Référence [VTR].

On calcule alors un Quotient de Danger [QD], qui correspond au rapport de la dose journalière exposition sur la VTR.

$$QD = CMI/CAA$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

CAA Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

Lorsque le QD est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger, et ce, même pour les populations sensibles, compte tenu des facteurs de sécurité utilisés.

Si, au contraire, le QD est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'effet toxique peut se déclarer sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Pour les effets toxiques sans seuils, on calcule l'excès de risque individuel [ERI] par inhalation, en rapportant l'excès de risque unitaire [ERU] vie entière (conventionnellement 70 ans) à la dose journalière d'exposition [DJE] pour la voie orale ou à la concentration atmosphérique inhalée [CI] pour l'inhalation.

$$ERI = ERU_i \times CMI$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

ERU_i Excès de Risque Unitaire par inhalation $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas, bien entendu, de seuil absolu d'acceptabilité, mais la valeur de 10^{-6} (soit un cas de cancer supplémentaire sur un million de personnes exposées durant leur vie entière) est considérée aux États-Unis comme le seuil de risque négligeable et 10^{-4} comme le seuil de l'inacceptable en population générale.

En France, Santé Publique France utilise la valeur de 10^{-5} . Ce seuil de 10^{-5} est souvent retrouvé dans la définition des valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air par l'OMS.

Cependant, le Haut Conseil de la Santé Publique précise que cette lecture binaire est réductrice et que, compte tenu des précautions prises avec l'application de facteur d'incertitude dans leur construction, le dépassement d'une VTR ne signifie aucunement le risque d'apparition d'un effet délétère dans la population, sauf si ce dépassement est conséquent et gomme en partie les facteurs d'incertitude.

En matière de décision publique, pour les études de zones, la notion de « risque acceptable » doit être abandonnée pour utiliser celle de « seuils et d'intervalles de gestion » dont les propositions concrètes sont rappelées ci-dessous :

- Un domaine d'action rapide pour un $ERI > 10^{-4}$ et/ou un $QD > 10$;
- Un domaine de vigilance active pour un $10^{-5} < ERI < 10^{-4}$ et/ou un $1 < QD < 10$;
- Un domaine de conformité pour un $ERI < 10^{-5}$ et/ou un $QD < 1$.

En outre, les effets conjugués sont pris en considération dans l'EQRS.

En réalité, les individus sont rarement exposés à une seule substance.

Afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

- Pour les effets à seuils : les QD sont additionnés uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- Pour les effets sans seuils : la somme des ERI est effectuée, quel que soit l'organe cible.

7.2.3 Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuils - Quotients de danger

Il sera présenté pour chaque scénario d'exposition les résultats correspondant au lieu vulnérable, existant en l'état actuel, montrant les indicateurs sanitaires les plus élevés. Ainsi, pour chacun des autres lieux correspondant au même scénario, l'exposition sera moindre. En outre, les résultats pour l'ensemble des lieux vulnérables en projet seront fournis.

Les quotients de dangers (QD) sont reportés dans les tableaux ci-dessous.

Le QD exprime le rapport entre la dose d'exposition des polluants par rapport à leur VTR (Valeur Toxicologique de Référence) donnée pour un effet particulier. Il exprime aussi le rapport entre l'exposition de la cible avec la dose maximale correspondant à un effet particulier.

Tableau 40 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du récepteur E – voie inhalation - scénario enfant en bas âge

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario enfant en bas âge Récepteur E			
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
Acétaldéhyde	6,43E-04	1,15E-04	1,10E-04	1,22E-04
Acroléine	6,11E-02	9,38E-03	8,92E-03	9,89E-03
Arsenic	1,81E-04	1,81E-04	1,80E-04	2,07E-04
Benzène	8,75E-03	1,35E-03	1,39E-03	2,11E-03
1,3-butadiène	2,17E-02	6,02E-03	5,67E-03	6,29E-03
Cadmium	4,02E-06	3,98E-06	3,97E-06	4,56E-06
Chrome VI	1,92E-03	2,10E-03	2,11E-03	2,42E-03
Dioxines	3,25E-07	7,35E-08	7,50E-08	9,03E-08
Éthylbenzène	1,83E-05	3,63E-06	3,71E-06	5,47E-06
Formaldéhyde	1,56E-03	2,77E-04	2,64E-04	2,93E-04
Furanes	4,82E-07	1,10E-07	1,12E-07	1,35E-07
Mercuré	2,63E-03	2,70E-03	2,70E-03	3,10E-03
Naphtalène	3,93E-03	2,72E-03	2,78E-03	3,34E-03
Ammoniac NH ₃	1,99E-03	2,54E-03	2,59E-03	3,95E-03
Nickel	3,23E-04	3,20E-04	3,20E-04	6,48E-04
Plomb	1,61E-05	1,60E-05	1,60E-05	1,84E-05
Toluène	7,29E-06	1,28E-06	1,33E-06	2,04E-06
Xylènes	5,62E-04	1,12E-04	1,12E-04	1,62E-04
Particules diesel	3,99E-01	5,62E-02	5,64E-02	6,67E-02
Propionaldéhyde	3,41E-03	6,28E-04	5,97E-04	6,50E-04
16 HAP eq. BaP	1,76E-01	1,32E-01	1,32E-01	1,51E-01
Cuivre	1,07E-03	1,07E-03	1,07E-03	2,52E-03
Chrome III	2,67E-05	2,67E-05	2,67E-05	6,29E-05
Vanadium	5,34E-05	5,34E-05	5,34E-05	1,26E-04
Baryum	5,34E-05	5,34E-05	5,34E-05	1,26E-04

Tableau 41 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des crèches en projet (Récepteur F et G) – voie inhalation - scénario enfant en bas âge

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario enfant en bas âge Récepteur F et G			
	Récepteur F		Récepteur G	
	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
Acétaldéhyde	1,05E-04	1,17E-04	1,10E-04	1,22E-04
Acroléine	8,51E-03	9,47E-03	8,93E-03	9,89E-03
Arsenic	1,70E-04	1,97E-04	1,79E-04	2,06E-04
Benzène	1,28E-03	2,01E-03	1,36E-03	2,09E-03
1,3-butadiène	5,41E-03	6,03E-03	5,68E-03	6,30E-03
Cadmium	3,75E-06	4,34E-06	3,94E-06	4,53E-06
Chrome VI	1,99E-03	2,31E-03	2,09E-03	2,40E-03
Dioxines	7,04E-08	8,58E-08	7,40E-08	8,93E-08
Éthylbenzène	3,43E-06	5,20E-06	3,65E-06	5,41E-06
Formaldéhyde	2,51E-04	2,81E-04	2,64E-04	2,93E-04
Furanes	1,05E-07	1,28E-07	1,10E-07	1,34E-07
Mercuré	2,55E-03	2,95E-03	2,67E-03	3,07E-03
Naphtalène	2,61E-03	3,17E-03	2,74E-03	3,31E-03
Ammoniac NH ₃	2,40E-03	3,75E-03	2,55E-03	3,91E-03
Nickel	4,03E-04	7,31E-04	3,62E-04	6,90E-04
Plomb	1,51E-05	1,75E-05	1,59E-05	1,82E-05
Toluène	1,23E-06	1,93E-06	1,31E-06	2,01E-06
Xylènes	1,04E-04	1,54E-04	1,10E-04	1,60E-04
Particules diesel	5,31E-02	6,34E-02	5,58E-02	6,61E-02
Propionaldéhyde	5,70E-04	6,24E-04	5,98E-04	6,51E-04
16 HAP eq. BaP	1,25E-01	1,44E-01	1,31E-01	1,50E-01
Cuivre	1,47E-03	2,92E-03	1,26E-03	2,71E-03
Chrome III	3,68E-05	7,30E-05	3,16E-05	6,78E-05
Vanadium	7,36E-05	1,46E-04	6,32E-05	1,36E-04
Baryum	7,36E-05	1,46E-04	6,32E-05	1,36E-04

Tableau 42 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du récepteur I – voie inhalation - scénario écolier de maternelle

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario écolier de maternelle Récepteur I			
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
Acétaldéhyde	6,95E-04	1,33E-04	1,27E-04	1,41E-04
Acroléine	6,59E-02	1,08E-02	1,04E-02	1,14E-02
Arsenic	1,97E-04	2,05E-04	2,05E-04	2,35E-04
Benzène	9,12E-03	1,47E-03	1,51E-03	2,33E-03
1,3-butadiène	2,37E-02	6,95E-03	6,60E-03	7,30E-03
Cadmium	4,38E-06	4,51E-06	4,50E-06	5,17E-06
Chrome VI	2,09E-03	2,38E-03	2,39E-03	2,74E-03
Dioxines	3,51E-07	8,22E-08	8,38E-08	1,01E-07
Éthylbenzène	1,90E-05	3,97E-06	4,06E-06	6,03E-06
Formaldéhyde	1,69E-03	3,19E-04	3,06E-04	3,39E-04
Furanes	5,21E-07	1,23E-07	1,25E-07	1,51E-07
Mercure	2,87E-03	3,05E-03	3,06E-03	3,51E-03
Naphtalène	4,22E-03	3,05E-03	3,10E-03	3,74E-03
Ammoniac NH ₃	2,05E-03	2,77E-03	2,83E-03	4,35E-03
Nickel	3,37E-04	3,38E-04	3,38E-04	7,05E-04
Plomb	1,75E-05	1,81E-05	1,81E-05	2,08E-05
Toluène	7,56E-06	1,39E-06	1,44E-06	2,24E-06
Xylènes	5,88E-04	1,23E-04	1,24E-04	1,80E-04
Particules diesel	4,38E-01	6,33E-02	6,35E-02	7,51E-02
Propionaldéhyde	3,70E-03	7,25E-04	6,95E-04	7,55E-04
16 HAP eq. BaP	1,91E-01	1,49E-01	1,50E-01	1,71E-01
Cuivre	1,10E-03	1,10E-03	1,10E-03	2,72E-03
Chrome III	2,74E-05	2,74E-05	2,74E-05	6,80E-05
Vanadium	5,48E-05	5,48E-05	5,48E-05	1,36E-04
Baryum	5,48E-05	5,48E-05	5,48E-05	1,36E-04

Tableau 43 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du récepteur M – voie inhalation - scénario écolier de l'élémentaire

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario écolier de l'élémentaire Récepteur M			
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
Acétaldéhyde	6,50E-04	1,22E-04	1,16E-04	1,30E-04
Acroléine	6,16E-02	9,92E-03	9,46E-03	1,05E-02
Arsenic	1,84E-04	1,88E-04	1,88E-04	2,18E-04
Benzène	8,52E-03	1,33E-03	1,37E-03	2,19E-03
1,3-butadiène	2,22E-02	6,38E-03	6,02E-03	6,72E-03
Cadmium	4,09E-06	4,15E-06	4,14E-06	4,80E-06
Chrome VI	1,96E-03	2,19E-03	2,20E-03	2,55E-03
Dioxines	3,29E-07	7,56E-08	7,72E-08	9,44E-08
Éthylbenzène	1,78E-05	3,61E-06	3,69E-06	5,67E-06
Formaldéhyde	1,58E-03	2,93E-04	2,79E-04	3,13E-04
Furanes	4,88E-07	1,13E-07	1,15E-07	1,41E-07
Mercure	2,68E-03	2,81E-03	2,81E-03	3,26E-03
Naphtalène	3,95E-03	2,80E-03	2,86E-03	3,49E-03
Ammoniac NH ₃	1,91E-03	2,51E-03	2,57E-03	4,09E-03
Nickel	3,31E-04	3,31E-04	3,31E-04	6,98E-04
Plomb	1,64E-05	1,67E-05	1,67E-05	1,93E-05
Toluène	7,05E-06	1,26E-06	1,31E-06	2,10E-06
Xylènes	5,49E-04	1,12E-04	1,12E-04	1,68E-04
Particules diesel	4,10E-01	5,82E-02	5,84E-02	7,00E-02
Propionaldéhyde	3,46E-03	6,66E-04	6,35E-04	6,95E-04
16 HAP eq. BaP	1,79E-01	1,37E-01	1,38E-01	1,59E-01
Cuivre	1,10E-03	1,10E-03	1,10E-03	2,72E-03
Chrome III	2,75E-05	2,75E-05	2,75E-05	6,81E-05
Vanadium	5,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	1,36E-04
Baryum	5,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	1,36E-04

Tableau 44 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du récepteur N – voie inhalation - scénario écolier de groupe scolaire

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario écolier groupe scolaire Récepteur N			
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
	Acétaldéhyde	6,78E-04	1,23E-04	1,17E-04
Acroléine	6,43E-02	1,00E-02	9,51E-03	1,06E-02
Arsenic	1,91E-04	1,91E-04	1,91E-04	2,21E-04
Benzène	9,11E-03	1,40E-03	1,45E-03	2,26E-03
1,3-butadiène	2,30E-02	6,44E-03	6,04E-03	6,74E-03
Cadmium	4,24E-06	4,21E-06	4,20E-06	4,87E-06
Chrome VI	2,03E-03	2,22E-03	2,23E-03	2,58E-03
Dioxines	3,41E-07	7,74E-08	7,90E-08	9,62E-08
Éthylbenzène	1,90E-05	3,78E-06	3,87E-06	5,85E-06
Formaldéhyde	1,64E-03	2,96E-04	2,81E-04	3,14E-04
Furanes	5,07E-07	1,16E-07	1,18E-07	1,44E-07
Mercure	2,78E-03	2,85E-03	2,85E-03	3,30E-03
Naphtalène	4,11E-03	2,87E-03	2,93E-03	3,56E-03
Ammoniac NH ₃	2,06E-03	2,64E-03	2,70E-03	4,23E-03
Nickel	3,45E-04	3,43E-04	3,43E-04	7,10E-04
Plomb	1,70E-05	1,70E-05	1,69E-05	1,96E-05
Toluène	7,57E-06	1,33E-06	1,38E-06	2,18E-06
Xylènes	5,85E-04	1,17E-04	1,17E-04	1,73E-04
Particules diesel	4,22E-01	5,94E-02	5,96E-02	7,11E-02
Propionaldéhyde	3,60E-03	6,71E-04	6,37E-04	6,97E-04
16 HAP eq. BaP	1,86E-01	1,40E-01	1,40E-01	1,61E-01
Cuivre	1,15E-03	1,15E-03	1,15E-03	2,77E-03
Chrome III	2,88E-05	2,88E-05	2,88E-05	6,93E-05
Vanadium	5,76E-05	5,76E-05	5,76E-05	1,39E-04
Baryum	5,76E-05	5,76E-05	5,76E-05	1,39E-04

Tableau 45 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des groupes scolaires en projet (Récepteur P et Q) – voie inhalation - scénario écolier de groupe scolaire

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario écolier des groupes scolaires en projet Récepteur P et Q			
	Récepteur P		Récepteur Q	
	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet	Situation future avec projet 2035 Résident hors projet	Situation future avec projet 2035 Résident du projet
Acétaldéhyde	1,17E-04	1,30E-04	1,17E-04	1,30E-04
Acroléine	9,47E-03	1,05E-02	9,49E-03	1,06E-02
Arsenic	1,90E-04	2,20E-04	1,89E-04	2,19E-04
Benzène	1,43E-03	2,25E-03	1,37E-03	2,19E-03
1,3-butadiène	6,02E-03	6,72E-03	6,03E-03	6,73E-03
Cadmium	4,17E-06	4,83E-06	4,16E-06	4,83E-06
Chrome VI	2,21E-03	2,57E-03	2,21E-03	2,56E-03
Dioxines	7,83E-08	9,55E-08	7,76E-08	9,48E-08
Éthylbenzène	3,84E-06	5,82E-06	3,70E-06	5,67E-06
Formaldéhyde	2,80E-04	3,13E-04	2,80E-04	3,13E-04
Furanes	1,17E-07	1,43E-07	1,16E-07	1,42E-07
Mercure	2,83E-03	3,28E-03	2,83E-03	3,28E-03
Naphtalène	2,90E-03	3,54E-03	2,88E-03	3,51E-03
Ammoniac NH ₃	2,68E-03	4,20E-03	2,57E-03	4,09E-03
Nickel	3,66E-04	7,33E-04	3,41E-04	7,08E-04
Plomb	1,68E-05	1,95E-05	1,68E-05	1,94E-05
Toluène	1,37E-06	2,17E-06	1,31E-06	2,10E-06
Xylènes	1,16E-04	1,72E-04	1,12E-04	1,68E-04
Particules diesel	5,91E-02	7,07E-02	5,87E-02	7,03E-02
Propionaldéhyde	6,34E-04	6,95E-04	6,37E-04	6,97E-04
16 HAP eq. BaP	1,39E-01	1,60E-01	1,39E-01	1,60E-01
Cuivre	1,26E-03	2,88E-03	1,14E-03	2,77E-03
Chrome III	3,14E-05	7,20E-05	2,86E-05	6,92E-05
Vanadium	6,29E-05	1,44E-04	5,72E-05	1,38E-04
Baryum	6,29E-05	1,44E-04	5,72E-05	1,38E-04

Tableau 46 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du récepteur R – voie inhalation - scénario personne âgée

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario personne âgée Récepteur R		
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035
Acétaldéhyde	7,67E-05	1,30E-05	1,26E-05
Acroléine	7,38E-03	1,05E-03	1,02E-03
Arsenic	2,10E-05	2,26E-05	2,26E-05
Benzène	1,21E-03	2,30E-04	2,34E-04
1,3-butadiène	2,46E-03	6,68E-04	6,43E-04
Cadmium	4,67E-07	4,97E-07	4,97E-07
Chrome VI	2,23E-04	2,64E-04	2,64E-04
Dioxines	3,84E-08	9,91E-09	1,00E-08
Éthylbenzène	2,56E-06	5,97E-07	6,06E-07
Formaldéhyde	1,87E-04	3,12E-05	3,03E-05
Furanes	5,71E-08	1,48E-08	1,50E-08
Mercure	3,06E-04	3,38E-04	3,38E-04
Naphtalène	4,82E-04	3,67E-04	3,72E-04
Ammoniac NH ₃	2,92E-04	4,30E-04	4,36E-04
Nickel	2,37E-04	2,38E-04	2,38E-04
Plomb	1,87E-06	2,00E-06	2,00E-06
Toluène	1,04E-06	2,22E-07	2,25E-07
Xylènes	7,69E-05	1,76E-05	1,77E-05
Particules diesel	4,41E-02	7,28E-03	7,31E-03
Propionaldéhyde	4,02E-04	6,92E-05	6,68E-05
16 HAP eq. BaP	2,07E-02	1,65E-02	1,66E-02
Cuivre	1,04E-03	1,04E-03	1,04E-03
Chrome III	2,61E-05	2,61E-05	2,61E-05
Vanadium	5,22E-05	5,22E-05	5,22E-05
Baryum	5,22E-05	5,22E-05	5,22E-05

Tableau 47 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau du pôle santé en projet et de son extension (récepteurs S et T) – voie inhalation - scénario hospitalisé

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario hospitalisé	
	Récepteur S	Récepteur T
	Situation future avec projet 2035	Situation future avec projet 2035
Acétaldéhyde	4,80E-05	5,08E-05
Acroléine	3,90E-03	4,13E-03
Arsenic	8,27E-05	9,22E-05
Benzène	7,68E-04	9,59E-04
1,3-butadiène	2,47E-03	2,59E-03
Cadmium	1,82E-06	2,03E-06
Chrome VI	9,67E-04	1,08E-03
Dioxines	3,56E-08	4,12E-08
Éthylbenzène	2,01E-06	2,49E-06
Formaldéhyde	1,15E-04	1,22E-04
Furanes	5,32E-08	6,16E-08
Mercure	1,24E-03	1,38E-03
Naphtalène	1,32E-03	1,53E-03
Ammoniac NH ₃	1,44E-03	1,79E-03
Nickel	4,76E-04	7,62E-04
Plomb	7,33E-06	8,18E-06
Toluène	7,36E-07	9,26E-07
Xylènes	5,95E-05	7,24E-05
Particules diesel	2,63E-02	2,99E-02
Propionaldéhyde	2,57E-04	2,70E-04
16 HAP eq. BaP	6,06E-02	6,79E-02
Cuivre	2,01E-03	3,30E-03
Chrome III	5,02E-05	8,24E-05
Vanadium	1,00E-04	1,65E-04
Baryum	1,00E-04	1,65E-04

Tableau 48 : Quotients de dangers maximaux par composé – voie inhalation - scénario résident

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario résident								
	Situation actuelle 2019	Situation future sans projet 2035	Situation future avec projet 2035						
	Résident hors projet	Résident hors projet	Résident hors projet	Résident du projet zone A	Résident du projet zone B	Résident du projet zone C	Résident du projet zone D	Résident du projet zone E	Résident du projet zone F
Acétaldéhyde	7,14E-04	1,33E-04	1,26E-04	1,21E-04	5,60E-05	7,87E-05	5,24E-05	1,43E-04	1,06E-04
Acroléine	6,76E-02	1,08E-02	1,03E-02	9,81E-03	4,56E-03	6,39E-03	4,26E-03	1,16E-02	8,61E-03
Arsenic	2,02E-04	2,05E-04	2,05E-04	1,92E-04	1,01E-04	1,48E-04	9,64E-05	2,41E-04	1,78E-04
Benzène	9,39E-03	1,46E-03	1,50E-03	1,76E-03	1,03E-03	1,68E-03	1,05E-03	2,50E-03	1,64E-03
1,3-butadiène	2,43E-02	6,96E-03	6,53E-03	6,31E-03	2,82E-03	3,99E-03	2,67E-03	7,38E-03	5,47E-03
Cadmium	4,47E-06	4,51E-06	4,51E-06	4,23E-06	2,23E-06	3,26E-06	2,12E-06	5,31E-06	3,92E-06
Chrome VI	2,14E-03	2,38E-03	2,39E-03	2,24E-03	1,19E-03	1,74E-03	1,13E-03	2,82E-03	2,08E-03
Dioxines	3,60E-07	8,24E-08	8,42E-08	8,04E-08	4,48E-08	6,79E-08	4,35E-08	1,05E-07	7,59E-08
Éthylbenzène	1,96E-05	3,94E-06	4,04E-06	4,59E-06	2,67E-06	4,34E-06	2,70E-06	6,45E-06	4,29E-06
Formaldéhyde	1,73E-03	3,19E-04	3,03E-04	2,91E-04	1,35E-04	1,90E-04	1,26E-04	3,44E-04	2,55E-04
Furanes	5,34E-07	1,23E-07	1,26E-07	1,20E-07	6,71E-08	1,02E-07	6,51E-08	1,57E-07	1,13E-07
Mercure	2,93E-03	3,06E-03	3,06E-03	2,87E-03	1,52E-03	2,22E-03	1,44E-03	3,61E-03	2,66E-03
Naphtalène	4,31E-03	3,05E-03	3,12E-03	2,98E-03	1,66E-03	2,52E-03	1,61E-03	3,89E-03	2,81E-03
Ammoniac NH ₃	2,10E-03	2,74E-03	2,81E-03	3,30E-03	1,92E-03	3,14E-03	1,95E-03	4,67E-03	3,06E-03
Nickel	3,86E-04	3,86E-04	3,85E-04	2,71E-04	7,59E-04	7,89E-04	7,64E-04	6,96E-04	1,83E-04
Plomb	1,79E-05	1,82E-05	1,81E-05	1,71E-05	9,00E-06	1,31E-05	8,55E-06	2,14E-05	1,58E-05
Toluène	7,77E-06	1,38E-06	1,44E-06	1,68E-06	9,91E-07	1,63E-06	1,01E-06	2,41E-06	1,57E-06
Xylènes	6,04E-04	1,22E-04	1,22E-04	1,39E-04	7,81E-05	1,25E-04	7,83E-05	1,91E-04	1,28E-04
Particules diesel	4,49E-01	6,35E-02	6,36E-02	6,07E-02	3,28E-02	4,88E-02	3,15E-02	7,78E-02	5,65E-02
Propionaldéhyde	3,80E-03	7,26E-04	6,89E-04	6,53E-04	2,94E-04	4,13E-04	2,77E-04	7,62E-04	5,70E-04
16 HAP eq. BaP	1,96E-01	1,50E-01	1,50E-01	1,39E-01	7,45E-02	1,09E-01	7,10E-02	1,76E-01	1,30E-01
Cuivre	1,32E-03	1,32E-03	1,32E-03	8,16E-04	3,26E-03	3,30E-03	3,30E-03	2,66E-03	4,45E-04
Chrome III	3,29E-05	3,29E-05	3,29E-05	2,04E-05	8,16E-05	8,24E-05	8,24E-05	6,65E-05	1,11E-05
Vanadium	6,58E-05	6,58E-05	6,58E-05	4,08E-05	1,63E-04	1,65E-04	1,65E-04	1,33E-04	2,22E-05
Baryum	6,58E-05	6,58E-05	6,58E-05	4,08E-05	1,63E-04	1,65E-04	1,65E-04	1,33E-04	2,22E-05

Les quotients de dangers calculés par organes-cibles sont illustrés sur les diagrammes ci-dessous.

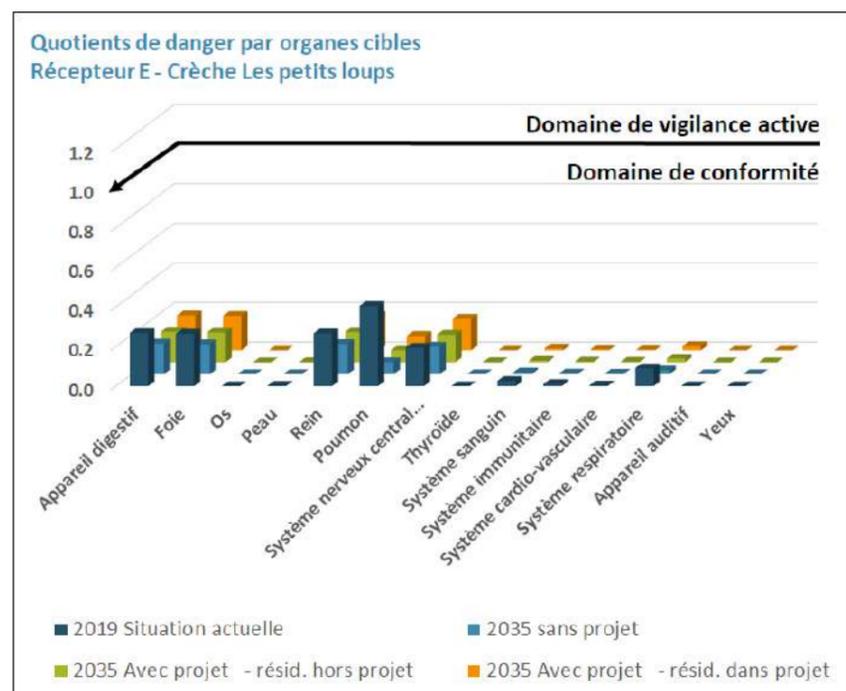


Figure 46 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario enfant en bas âge – récepteur E

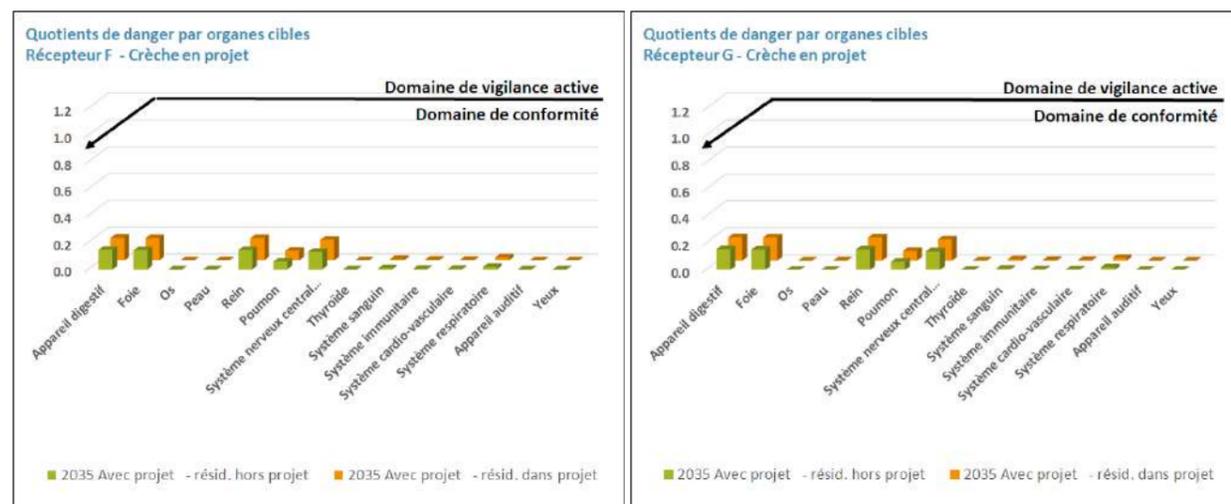


Figure 47 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario enfant en bas âge – Crèches en projet - récepteur F et G

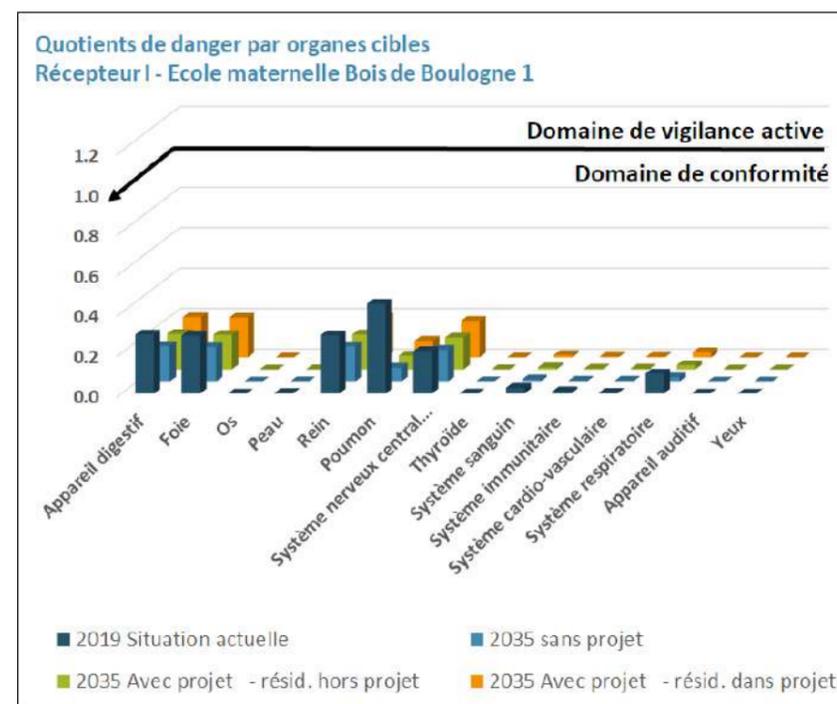


Figure 48 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario écolier de maternelle – récepteur I

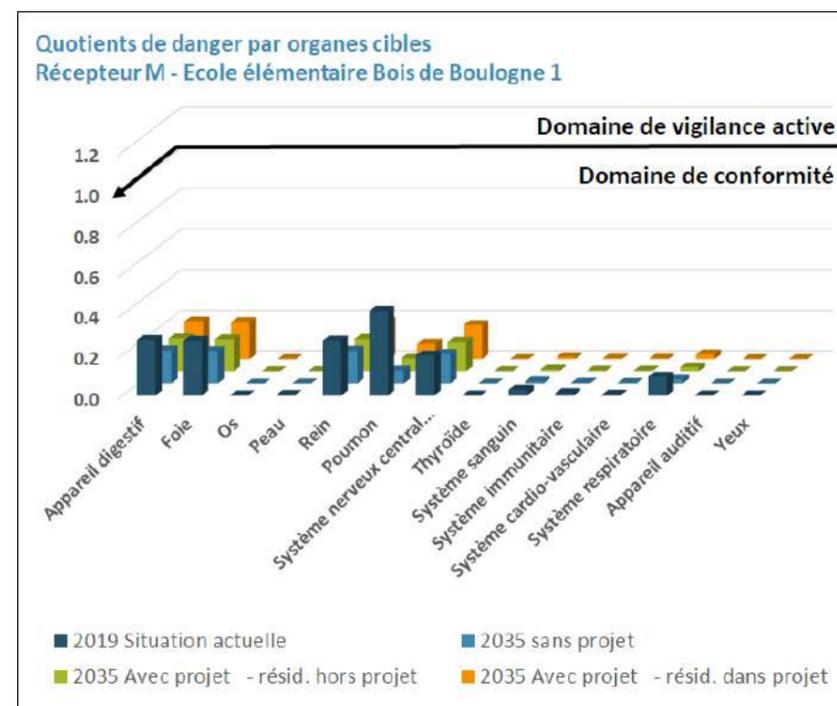


Figure 49 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario écolier de l'élémentaire – récepteur E

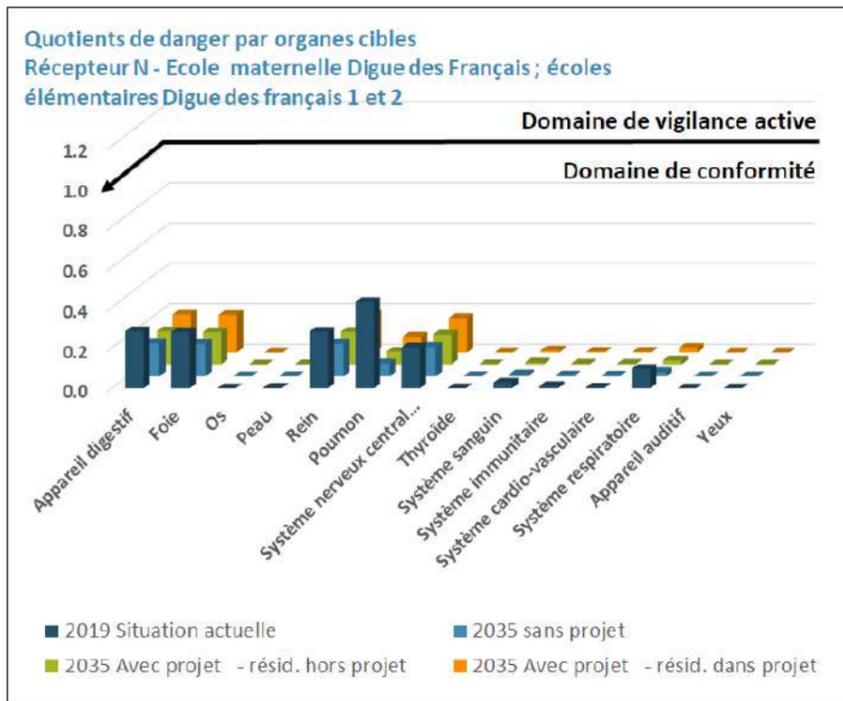


Figure 50 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario écolier de groupe scolaire – récepteur N

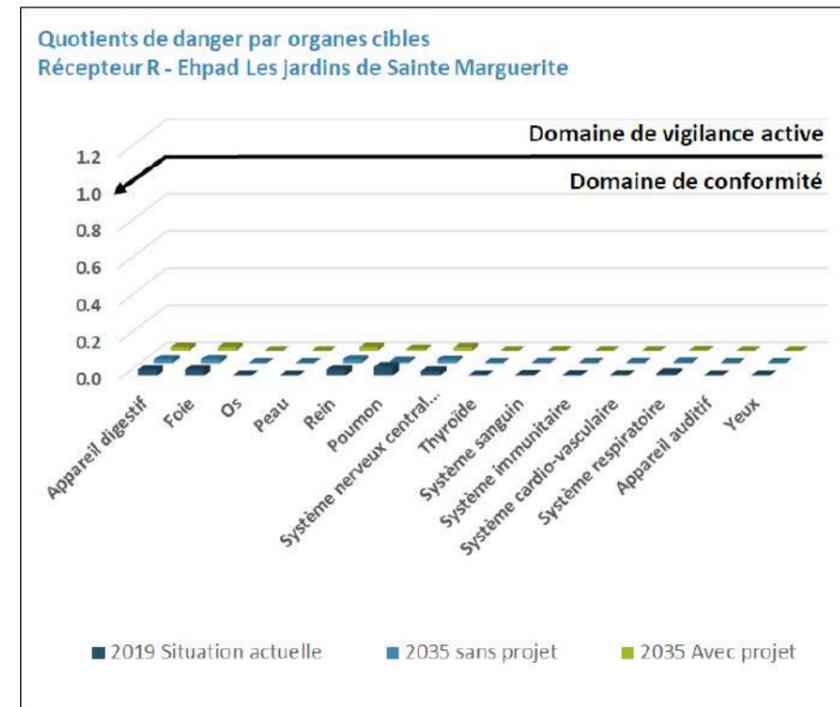


Figure 52 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario personne âgée – récepteur R

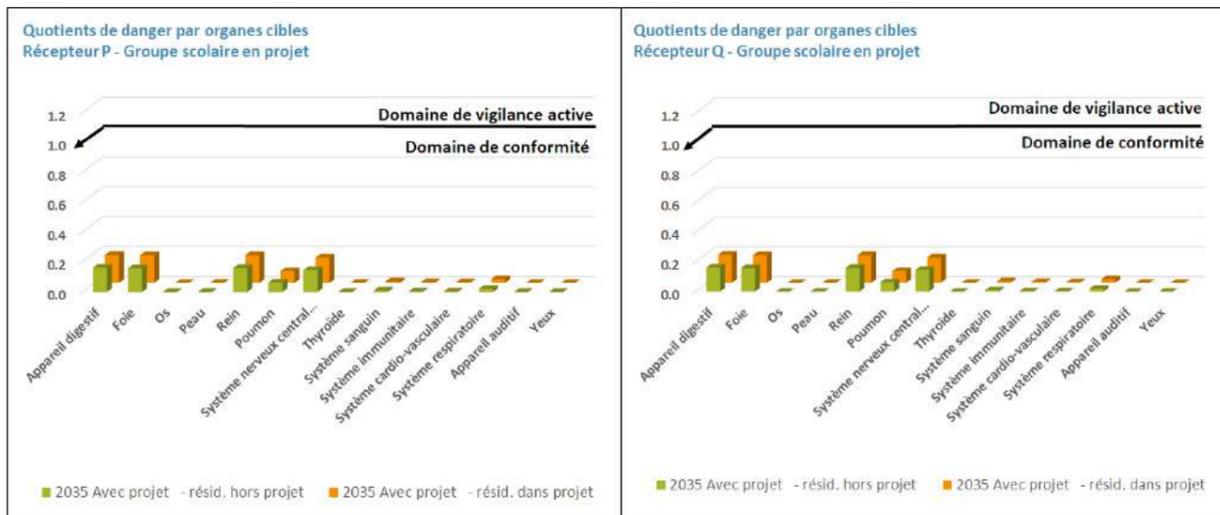


Figure 51 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario écolier des groupes scolaires en projet – récepteurs P et Q

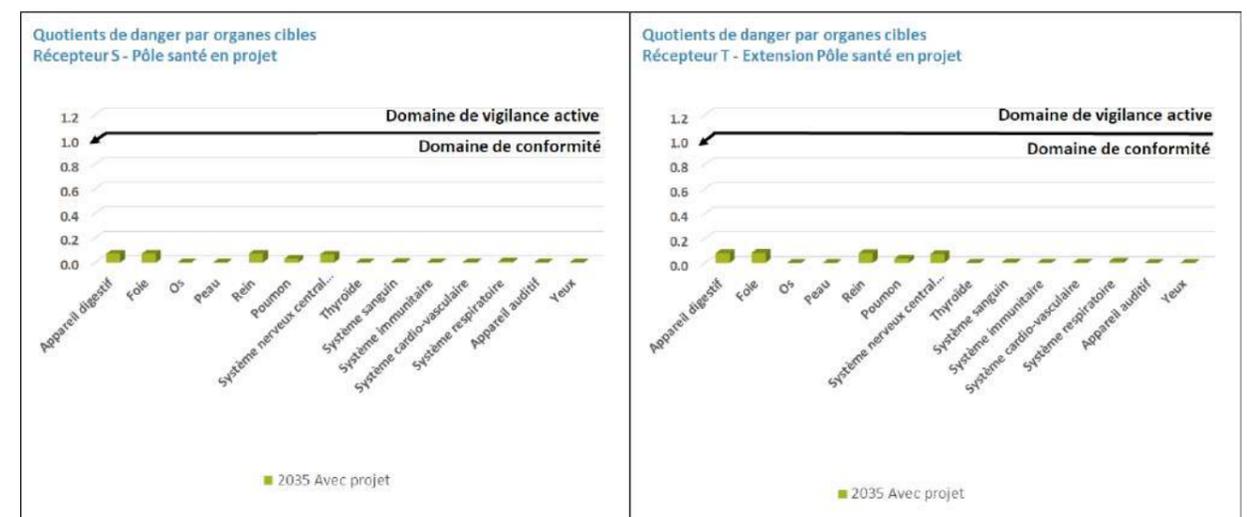


Figure 53 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario Hospitalisé des pôles santé en projet – récepteur S et T

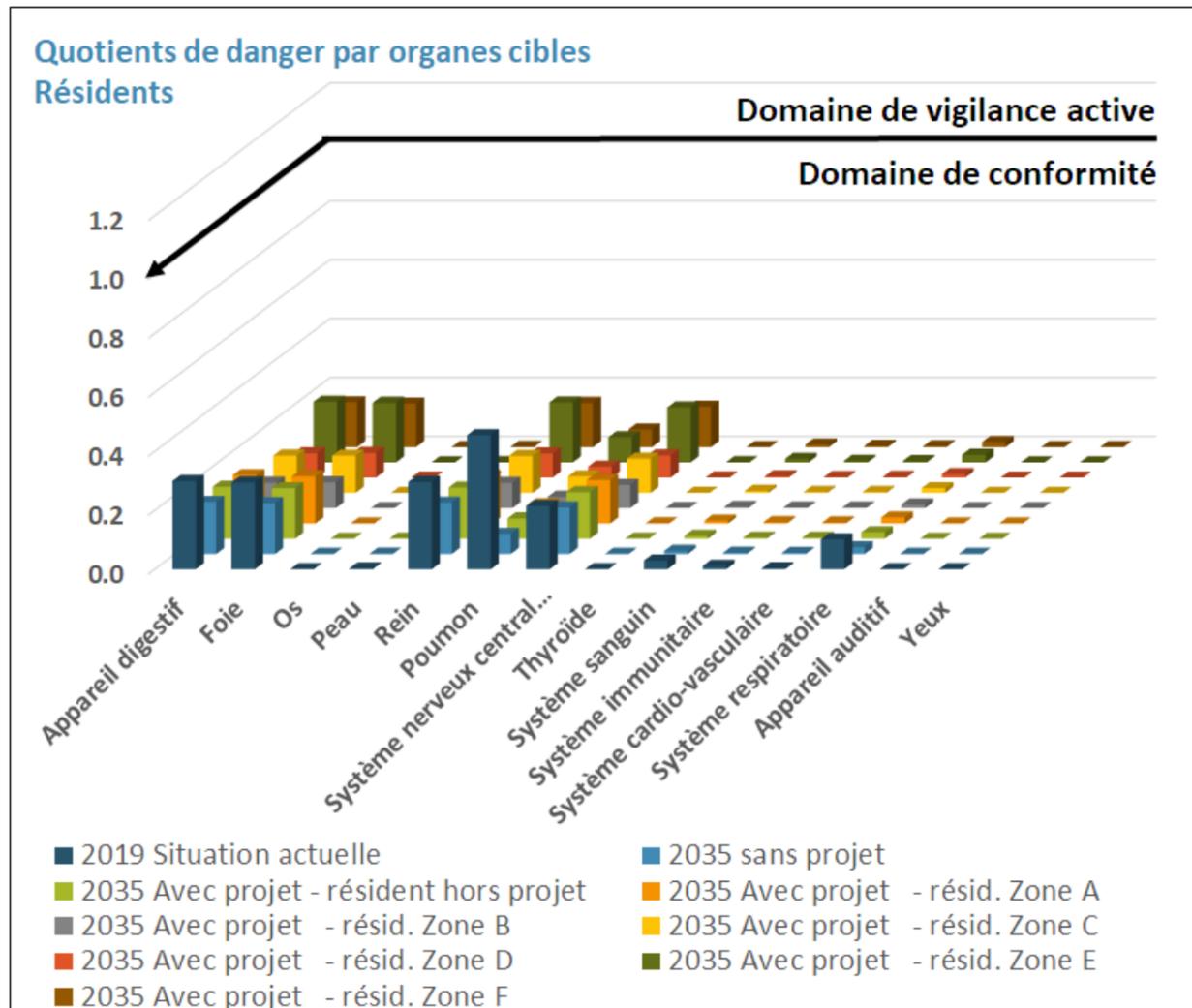


Figure 54 : Quotients de danger cumulés - voie inhalation - Scénario résident

Il est possible de constater que les Quotients de Danger (QD) sont tous inférieurs à 1, et cela, même en les additionnant par organe-cible.

Les QD et QD cumulés sont tous situés dans le domaine de conformité, quels que soient l'horizon et le scénario examinés.

Ainsi, l'indice des risques non cancérogènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés.

Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, pour les effets chroniques à seuils, les effets critiques ne sont pas a priori de nature à apparaître au sein de la population exposée. De ce fait, aucun polluant ne nécessite une surveillance particulière.

La réalisation du projet n'est pas de nature à induire des effets pathologiques au sein des populations exposées.

Cas particulier des substances sans VTR

Certaines des substances étudiées dans ce document ne possèdent pas de VTR.

Néanmoins, l'Anses recommande de comparer les résultats obtenus en concentration moyenne avec les recommandations annuelles de l'OMS à l'égard du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules PM10 et PM2,5.

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant, et comparés aux concentrations calculées pour chaque lieu vulnérable existant ou en projet, au centile 90 des concentrations de la zone d'étude pour les habitations hors projet, ainsi qu'au centile 90 des concentrations pour chaque zone d'habitation en projet.

Tableau 49 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – NO₂

NO ₂	Recommandation annuelle de l'OMS		40 µg/m ³
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic		

Tableau 50 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM10

PM10	Recommandation annuelle de l'OMS		20 µg/m ³
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic ainsi que les émissions du tramway L3.</i>		

Tableau 51 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM2,5

PM2,5	Recommandation annuelle de l'OMS		10 µg/m ³
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

En considérant uniquement les émissions des brins routiers étudiés et celles provenant du passage des tramways L3 le cas échéant, il est possible de constater que les recommandations annuelles de l'OMS en NO₂, PM10 et PM2,5 sont respectées pour tous les horizons et scénarios, et cela, pour tous les lieux vulnérables ainsi que sur le périmètre projet.

7.2.4 Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuils : Excès de Risque Individuel (ERI)

Cet indice correspond à la probabilité supplémentaire - par rapport à un sujet non exposé - qu'un individu développe un effet associé à une exposition à une unité de dose (ou de concentration) d'un agent dangereux, au cours de sa vie entière.

Cet indicateur représente la probabilité de survenue d'une pathologie pour les individus exposés, compte tenu du scénario construit. On parle alors d'excès de risque, car cette probabilité est liée à l'exposition au polluant considéré et s'ajoute au risque de base présent dans la population.

Les ERI calculés pour les différents scénarios sont présentés dans les tableaux et figures ci-après.

Scénario enfant

Tableau 52 : Excès de risque individuel – scénario « Enfant »

ENFANT	2019 Situation actuelle	2035 Sans projet	2035 Avec projet			
			résid. hors projet	résid. dans projet	résid. hors projet	résid. dans projet
			crèche et écoles hors projet	crèche et écoles hors projet	crèche et écoles en projet	crèche et écoles en projet
Acétaldéhyde	3,72E-08	6,88E-09	6,55E-09	7,28E-09	6,45E-09	7,22E-09
Arsenic	6,71E-11	6,80E-11	6,79E-11	7,83E-11	6,70E-11	7,77E-11
Benzène	3,68E-07	5,75E-08	5,91E-08	9,14E-08	5,83E-08	9,19E-08
1,3-butadiène	2,16E-07	6,13E-08	5,77E-08	6,41E-08	5,68E-08	6,35E-08
Cadmium	2,92E-09	2,94E-09	2,93E-09	3,38E-09	2,89E-09	3,35E-09
Chrome	3,80E-07	4,22E-07	4,23E-07	4,88E-07	4,17E-07	4,84E-07
Dioxines	8,11E-11	1,86E-11	1,89E-11	2,29E-11	1,87E-11	2,28E-11
Éthylbenzène	1,11E-08	2,23E-09	2,29E-09	3,42E-09	2,25E-09	3,43E-09
Formaldéhyde	1,66E-07	3,03E-08	2,89E-08	3,22E-08	2,85E-08	3,19E-08
Furanes	3,48E-11	8,04E-12	8,18E-12	9,93E-12	8,07E-12	9,89E-12
Naphtalène	1,33E-07	9,37E-08	9,56E-08	1,16E-07	9,43E-08	1,15E-07
Nickel	2,43E-09	2,43E-09	2,43E-09	4,62E-09	2,34E-09	4,62E-09
Plomb	2,86E-11	2,90E-11	2,89E-11	3,33E-11	2,85E-11	3,31E-11
Particules diesel	1,12E-05	1,59E-06	1,60E-06	1,90E-06	1,58E-06	1,89E-06
16 HAP eq BaP	6,38E-08	4,85E-08	4,87E-08	5,58E-08	4,80E-08	5,54E-08
Cumulé	1,26E-05	2,32E-06	2,33E-06	2,77E-06	2,29E-06	2,75E-06

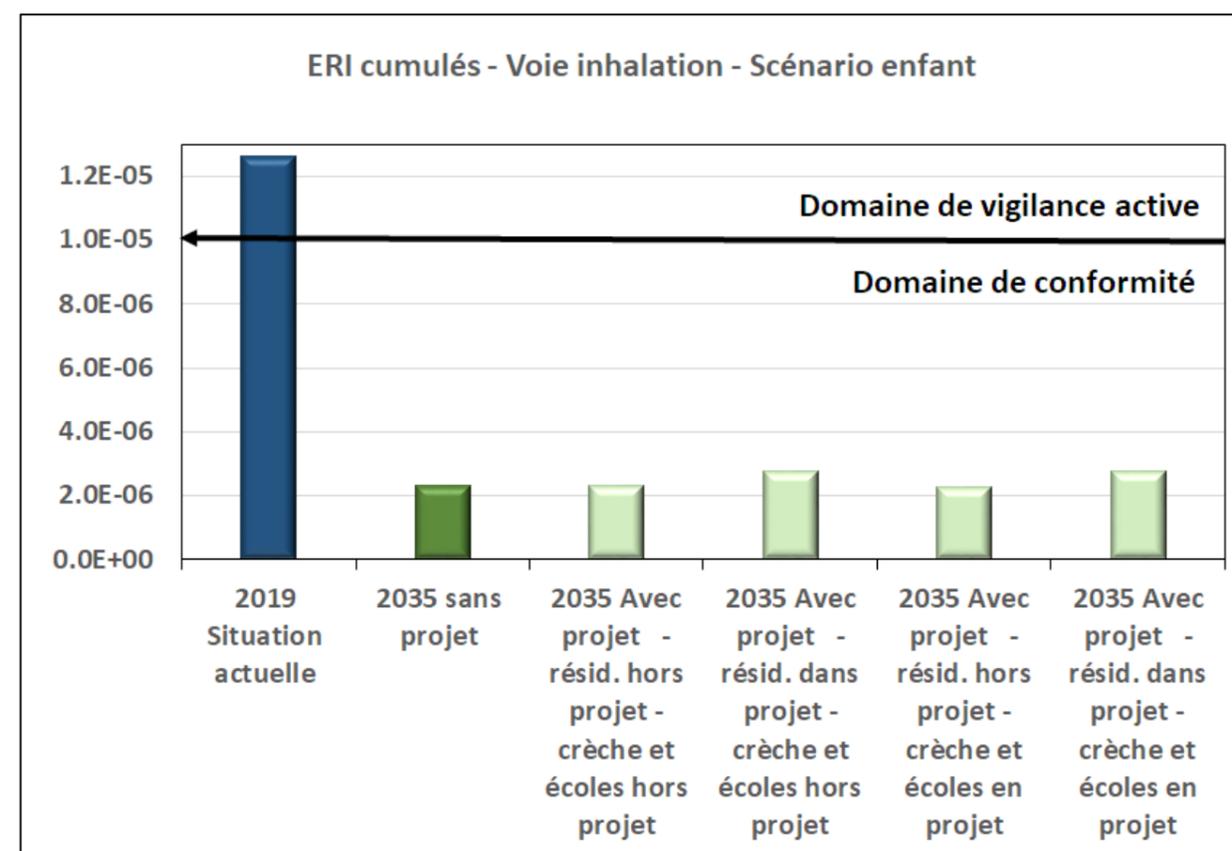


Figure 55 : ERI cumulés – voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans)

En considérant les ERI par composés, au regard de l'horizon futur, il est observé que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (C'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}).

En situation actuelle, l'ERI des particules diesel est quant à lui situé dans le domaine de vigilance active (compris entre 10^{-5} et 10^{-4}).

En considérant les ERI cumulés, il est possible de constater que ceux-ci sont compris dans le domaine de conformité à l'horizon futur 2035 'avec' et 'sans' projet. En revanche, à l'horizon 'actuel', l'ERI cumulé est situé dans le domaine de vigilance active à cause des particules diesel [En considérant que l'enfant est exposé à la concentration maximale pour chaque établissement et, quand il n'est pas à l'école : à la valeur de concentration correspondant au centile 90 des concentrations relevées sur la zone d'étude durant 11 années (hypothèse peu réaliste)].

En outre, il a été pris comme hypothèse majorante que l'ensemble des particules à l'échappement sont des particules diesel, ce qui tend à surestimer l'ERI de ces dernières.

Scénario résident

En considérant les ERI par composés, il est constaté que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}), à l'exception de l'ERI des particules diesel en situation actuelle (en considérant une exposition pendant 15 ans à la concentration correspondant au centile 90 des concentrations de la zone d'étude). De ce fait, l'ERI cumulé pour l'horizon actuel est également situé dans le domaine de vigilance active.

En revanche, aux horizons futurs (avec et sans projet), les ERI cumulés sont tous situés dans le domaine de conformité.

Pour mémoire, il a été pris pour hypothèse majorante que l'ensemble des particules à l'échappement correspond à des particules diesel, ce qui tend à surestimer l'ERI de ces dernières.

Tableau 53 : Excès de risque individuel – scénario « Résident »

RESIDENT	2019 Situation actuelle	2035 Sans projet	2035 Avec projet						
			résid. hors projet	résid. Zone A	résid. Zone B	résid. Zone C	résid. Zone D	résid. Zone E	résid. Zone F
Acétaldéhyde	5,38E-08	1,00E-08	9,53E-09	9,14E-09	4,22E-09	5,94E-09	3,95E-09	1,08E-08	8,00E-09
Arsenic	9,72E-11	9,88E-11	9,87E-11	9,27E-11	4,89E-11	7,14E-11	4,65E-11	1,16E-10	8,58E-11
Benzène	5,23E-07	8,11E-08	8,36E-08	9,80E-08	5,73E-08	9,39E-08	5,83E-08	1,39E-07	9,11E-08
1,3-butadiène	3,13E-07	8,95E-08	8,40E-08	8,11E-08	3,63E-08	5,13E-08	3,43E-08	9,49E-08	7,04E-08
Cadmium	4,23E-09	4,27E-09	4,26E-09	4,00E-09	2,11E-09	3,08E-09	2,00E-09	5,02E-09	3,70E-09
Chrome	5,50E-07	6,12E-07	6,15E-07	5,76E-07	3,06E-07	4,47E-07	2,91E-07	7,25E-07	5,35E-07
Dioxines	1,17E-10	2,69E-11	2,74E-11	2,62E-11	1,46E-11	2,21E-11	1,42E-11	3,43E-11	2,47E-11
Éthylbenzène	1,57E-08	3,17E-09	3,24E-09	3,69E-09	2,15E-09	3,49E-09	2,17E-09	5,18E-09	3,44E-09
Formaldéhyde	2,40E-07	4,43E-08	4,21E-08	4,03E-08	1,87E-08	2,63E-08	1,75E-08	4,77E-08	3,53E-08
Furanes	5,03E-11	1,16E-11	1,18E-11	1,13E-11	6,33E-12	9,59E-12	6,14E-12	1,48E-11	1,07E-11
Naphtalène	1,92E-07	1,36E-07	1,38E-07	1,32E-07	7,38E-08	1,12E-07	7,15E-08	1,73E-07	1,25E-07
Nickel	3,24E-09	3,23E-09	3,23E-09	2,27E-09	6,36E-09	6,61E-09	6,40E-09	5,83E-09	1,54E-09
Plomb	4,15E-11	4,21E-11	4,20E-11	3,95E-11	2,08E-11	3,04E-11	1,98E-11	4,95E-11	3,65E-11
Particules diesel	1,63E-05	2,31E-06	2,32E-06	2,21E-06	1,19E-06	1,78E-06	1,15E-06	2,83E-06	2,06E-06
16 HAP eq BaP	9,23E-08	7,06E-08	7,07E-08	6,57E-08	3,51E-08	5,15E-08	3,35E-08	8,29E-08	6,13E-08
Cumulé	1,83E-05	3,37E-06	3,37E-06	3,22E-06	1,74E-06	2,58E-06	1,67E-06	4,12E-06	2,99E-06

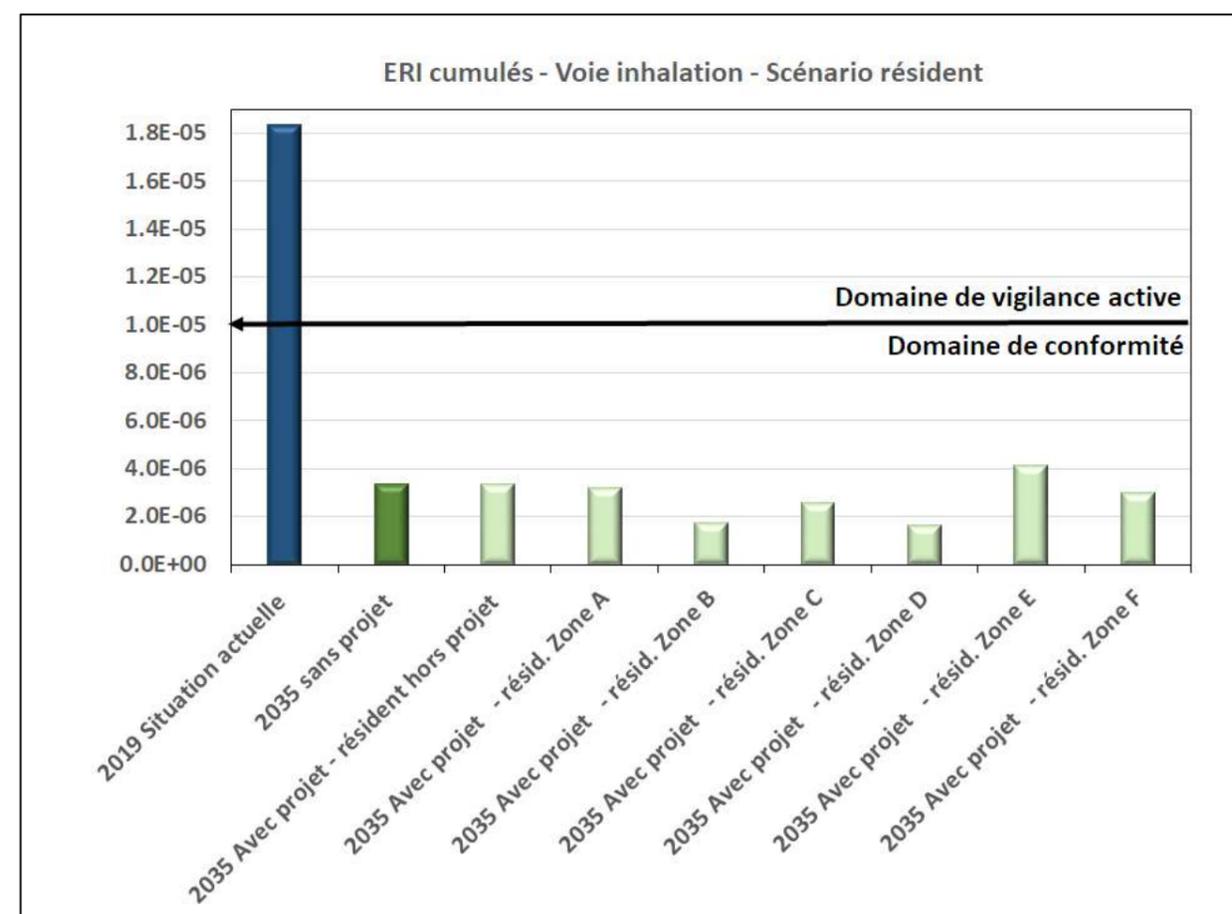


Figure 56 : ERI cumulés – voie inhalation - scénario résident

La réalisation du projet entraîne une évolution non significative des risques sanitaires sans seuils par inhalation, par rapport au scénario sans projet.

La localisation du projet n'est pas de nature a priori à exercer un impact significatif sur la santé des populations de la zone d'étude et future du projet (Population 'générale' ou 'vulnérable').

7.2.5 Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets aigus : comparaison avec les recommandations de l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande des seuils en dessous desquels une exposition à ces concentrations ne révèle aucun effet sur la santé.

Les concentrations maximales (horaires ou journalières) au niveau de chaque lieu vulnérable existant ou en projet, les centiles 90 des concentrations de la zone d'étude pour les habitations hors projet, ainsi que les centiles 90 des concentrations pour chaque zone d'habitation en projet sont comparées aux recommandations susdites de l'OMS pour le NO₂, les PM10 et les PM2,5.

Il est alors obtenu les résultats ci-après.

Tableau 54 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – NO₂

NO ₂	Recommandation horaire de l'OMS		200 µg/m ³
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic		

Tableau 55 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM10

PM10	Recommandation journalière de l'OMS	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic ainsi que les émissions du tramway L3.		

Tableau 56 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM2,5

PM2,5	Recommandation journalière de l'OMS		
	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR A	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR B	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR C	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR D	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR E	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR F	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR G	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR H	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR I	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR J	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR K	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR L	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR M	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR N	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR O	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR P	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR Q	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR R	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR S	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
RECEPTEUR T	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. A Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. B Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. C Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. D Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. E Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Centile 90 zone Hab. F Projet	Seuil respecté	Seuil respecté	Seuil respecté
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.		

Pour le NO₂, les PM10 et les PM2,5, les recommandations horaires et journalières de l'OMS concernant les effets aigus sont respectées au niveau des lieux vulnérables existants et en projet, du centile 90 de la zone d'étude et des centiles 90 de chaque zone d'habitation en projet, et ce, quels que soient l'horizon et le scénario, en considérant les émissions des brins des trafics fournis et celles dues au passage des tramways L3.

7.2.6 Incertitudes relatives à l'EQRS

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont respectivement sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].

Le tableau ci-dessous reprend de façon schématique les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

<p>Étape 1 : Identification du danger</p> <p><i>Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Interaction de mélanges de polluants Produits de dégradation des molécules mal connus Données pas toujours disponibles pour l'Homme ou même l'animal
<p>Étape 2 : Choix de la VTR</p> <p><i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'Homme) Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
<p>Étape 3 : Estimation de l'Exposition</p> <p><i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation) Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace Difficulté à définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population
<p>Étape 4 : Caractérisation du risque</p> <p><i>Quelle est la probabilité de survenue du danger pour un individu dans une population donnée ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Méconnaissance de l'action de certains polluants (VTR non validées) Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat Calcul de l'impact sanitaire qui rajoute un niveau d'incertitude

Identification des dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative. Celle-ci est initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire.

À ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d'information et aux controverses scientifiques.

Dans le cas présent, l'EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus. Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes ou bien tout simplement car l'information n'existe pas.

Ces substances n'ont pas encore de facteurs d'émission, mais la proximité des valeurs de référence avec les teneurs ambiantes et/ou la sévérité des effets sanitaires amènent les spécialistes à recommander des recherches sur leurs facteurs d'émission.

Évaluation des incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

L'identification exhaustive des dangers potentiellement induits pour l'Homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l'évaluation et la possibilité d'interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.

Par ailleurs, les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d'études expérimentales chez l'animal, mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'Homme. L'étape qui génère l'incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l'établissement des Valeurs Toxicologiques de Référence [VTR]. Il est rappelé que pour le cas des produits cancérigènes sans effet de seuils, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.

Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l'extrapolation à l'Homme s'effectue en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d'incertitude ou facteurs d'évaluation) aux seuils sans effets néfastes définis chez l'animal.

Lorsque la VTR est établie à partir d'une étude épidémiologique conduite chez l'Homme (par exemple sur une population de travailleurs), l'extrapolation à la population générale se détermine également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte entre autres de la différence de sensibilité des deux populations.

Ainsi, les facteurs de sécurité ont pour but de prendre en considération les incertitudes et la variabilité liées à la transposition inter-espèces, à l'extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.

Ces facteurs changent d'une substance à une autre.

Pour certaines d'entre elles, il n'existe tout simplement pas de facteur de quantification en l'état actuel des connaissances.

Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition, c'est-à-dire :

L'incertitude portant sur :

- La définition des populations et des usages ;
- Les modèles utilisés ;
- Les paramètres ;
- Les substances émises par les sources de polluants considérées.

Les phénomènes intervenant dans l'exposition des populations à une source de polluants dans l'environnement sont très nombreux. Le manque de connaissances et les incertitudes élevées autour de certains modes de transfert des polluants dans l'atmosphère amènent à utiliser des représentations mathématiques simples pour modéliser la dispersion. À noter que ces représentations mathématiques induisent à leur tour des incertitudes difficilement quantifiables.

Caractérisation du risque

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une « éventualité » d'apparition d'effets indésirables.

Pour les produits cancérigènes sans effet de seuils, la quantification du risque consiste à mettre en relation - pour les différentes voies d'exposition identifiées- les VTR et les doses d'exposition, afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers parmi une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses concernant les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, masse corporelle, et cætera).

7.3 SYNTHÈSE DE L'EQRS – IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ

Selon l'étude de trafic, la création de la ZAC « Parc Méridia » se traduira sur le réseau d'étude par une légère hausse des véhicules-kilomètres Tous véhicules par rapport aux scénarios 'Fil de l'Eau' et 'situation actuelle', conjointement à une diminution des véhicules-kilomètres des Poids-lourds proportionnellement au scénario Fil de l'Eau, sur le réseau d'étude.

Pour l'ensemble des scénarios étudiés, il est possible de constater que tous les Quotients de Danger sont inférieurs à 1 (domaine de conformité), cela même en les additionnant par organe-cible.

Quant aux Excès de Risque Individuel, en considérant les **ERI par composés et en cumul**, il est également possible de constater que ceux-ci sont tous inférieurs à la valeur-seuil de 10^{-5} (valeur correspondant à 1 cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées, par rapport à une population non exposée) pour l'horizon futur, avec et sans projet, quel que soit le scénario (enfant, résident).

Seul l'ERI des particules diesel pour la situation actuelle, pour les 2 scénarios (enfant, résident), est supérieur à la valeur seuil de 10^{-5} et par conséquent l'ERI cumulé.

Pour mémoire, il a été pris pour hypothèse que la totalité des particules émises à l'échappement sont des particules diesel, ce qui correspond à une hypothèse majorante. L'exposition réelle aux particules diesel est vraisemblablement moins importante.

Par ailleurs, en situation projetée, les indicateurs de risques sanitaires sont tous inférieurs à ceux calculés pour la situation actuelle.

Par conséquent, le projet n'est pas de nature à entraîner une augmentation significative des indices sanitaires pour les futurs résidents, comparativement à la situation Fil de l'Eau.

Ainsi, aucun polluant ne représente un niveau de risque sanitaire significatif pour les effets avec ou sans seuils, considérant les scénarios enfant et résident.

L'aménagement projeté n'est pas de nature a priori à exercer d'impact significatif sur la santé des populations environnantes et futures du projet, comparativement à la situation Fil de l'Eau : les QD et les ERI cumulés étant inférieurs aux seuils pour l'ensemble des scénarios d'exposition évalués à l'horizon futur.

8 IMPACTS DU PROJET SUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

8.1 GÉNÉRALITÉS

Le bilan des gaz à effet de serre (GES) émis par l'activité humaine constitue une étape importante dans l'établissement des principes du développement durable, dans une perspective de préservation de l'environnement.

Les 3 gaz à effet de serre considérés dans les bilans des émissions de GES sont les suivants :

- Le dioxyde de carbone [CO₂]
- Le méthane [CH₄]
- Le protoxyde d'azote [N₂O]

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère.

Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO₂) a été choisi comme étalon.

Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes équivalent CO₂, quel que soit le GES considéré.

Les GES en Sud PACA¹²

La région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur représente environ 10 % des émissions nationales de GES (45,7 MteqCO₂ dont 32,6 MteqCO₂ d'origine énergétique ; +2,6 % par rapport à 2018). (Pour mémoire, la métropole Nice Côte d'Azur contribue pour 4,1 % aux émissions régionales de GES PRG 100).

Leur profil se caractérise par un fort poids des secteurs industriel et production énergétique - encore massivement carbonés, majoritairement situés dans les Bouches-du-Rhône. En 2019, les émissions annuelles de GES s'élèvent à 9 teqCO₂ (dioxyde de carbone) par habitant en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, dont 6,4 teqCO₂ d'origine énergétique (71 %). Cette hausse des émissions est imputable en grande partie au secteur de la production/transformation d'énergie : les centrales thermiques ont été davantage sollicitées.

En Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, les émissions de gaz à effet de serre sont imputables principalement au secteur de l'industrie manufacturière (42 %), au secteur des transports (31 %), et au secteur de la production d'énergie (16 %) (Cf. planche immédiatement suivante).

¹² Bilan ORECA 2019 ; Observatoire Régional de l'Énergie, du Climat et de l'Air de Provence-Alpes-Côte d'Azur, édition 2020.
Bilan 2019 - Qualité de l'air – Chiffres clés et tendances ; AtmoSud, janvier 2021.

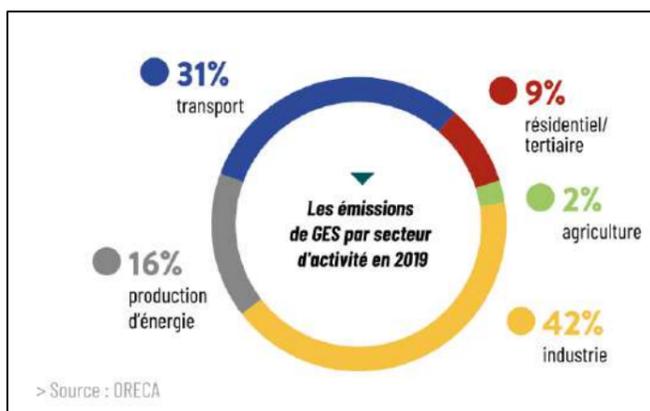


Figure 57 : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre par secteur d'activité en Sud PACA pour l'année 2019 (source : ORECA)

En comparaison aux émissions nationales, la région Sud PACA présente des spécificités.

En effet, le secteur de l'industrie et de la production d'énergie est un fort contributeur aux émissions de GES, tandis que l'agriculture est très en deçà de la moyenne nationale.

Le faible poids du secteur résidentiel/tertiaire dans l'inventaire régional constitue une autre des spécificités locales, à corréliser avec un climat plus favorable induisant des émissions liées au chauffage moins importantes.

Le profil des émissions de GES affiche une forte disparité départementale, comme il est possible de l'observer sur le graphe ci-après.

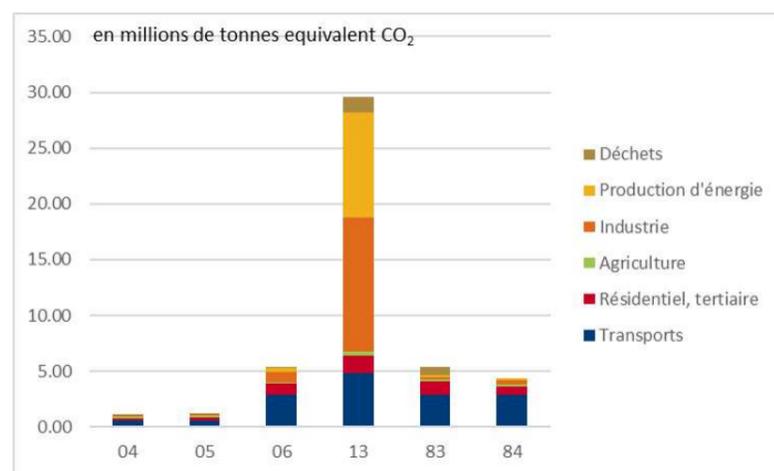


Figure 58 : Émissions de GES par département en Sud PACA en 2016 (source : AtmoSud)

Le département des Bouches-du-Rhône émet à lui seul 51% des émissions régionales de GES, en lien avec la forte activité industrielle sur son territoire.

Pour les autres départements, c'est le secteur des transports qui est le secteur le plus émetteur.

Quant à eux deux, les territoires des Alpes de Haute Provence et des Hautes Alpes constituent pour leur part seulement 5% des émissions régionales.

L'évolution des émissions totales de GES en Sud PACA et en France entre 2007 et 2016 est représentée graphiquement ci-après, tous secteurs confondus, ainsi que les émissions de GES par secteur pour la région Sud PACA.

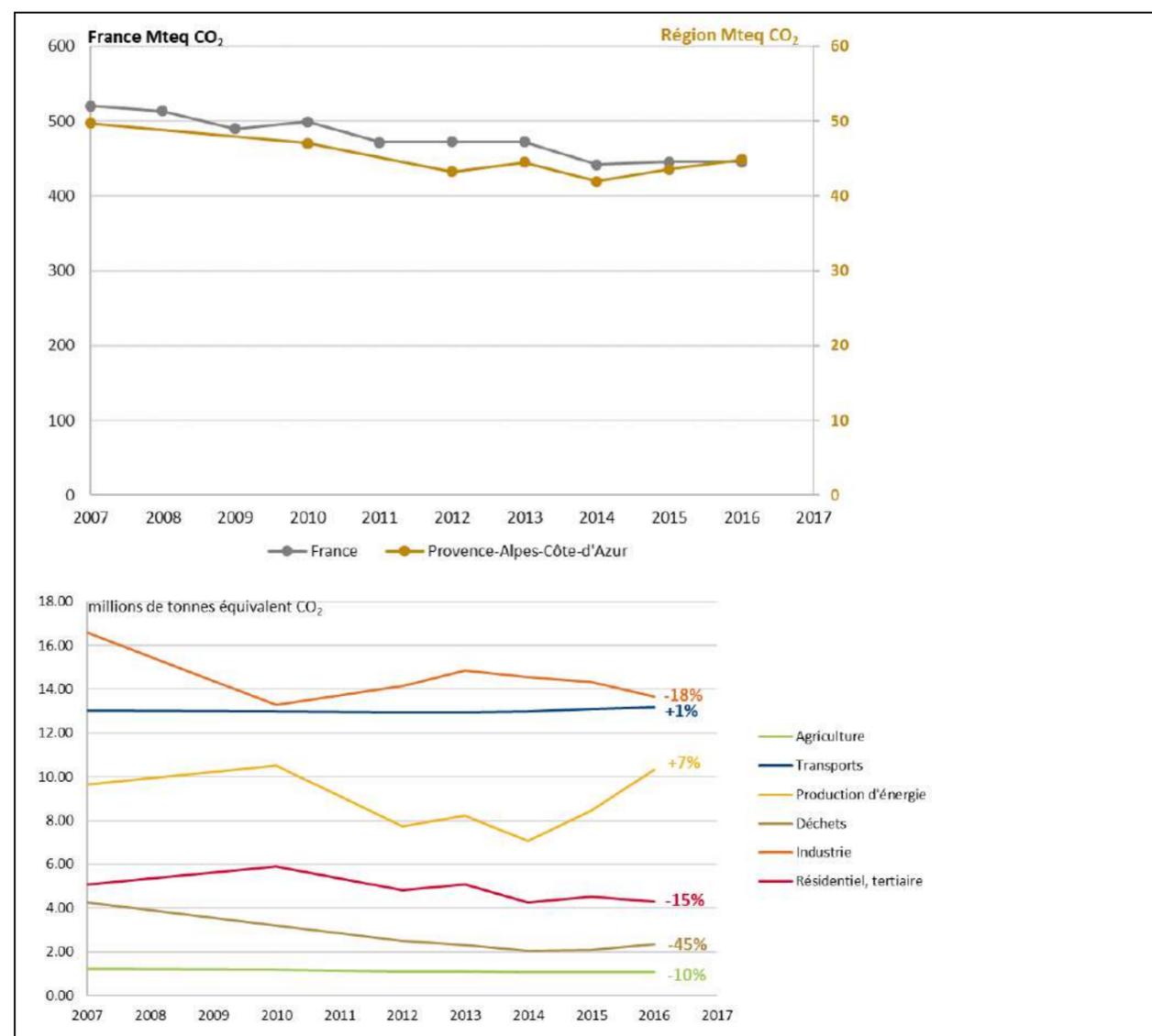


Figure 59 : Évolution des émissions totales de GES en France et Sud PACA et évolution des émissions de GES par secteur en Sud PACA entre 2007 et 2016

Remarque : Les émissions des trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O) en Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur ont diminué de 11 % sur la période 2007-2016.

Au niveau national, la baisse est de 14 % sur la même période.

Cependant, cette diminution doit être intensifiée pour s'inscrire dans la trajectoire de réduction :

- Loi TECV (Transition Énergétique pour la Croissance Verte) : -40 % à horizon 2030 par rapport à 1990
- SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) : -75 % à horizon 2050 par rapport à 1990 (facteur 4)

La majeure partie de cette baisse est due aux effets conjugués des améliorations technologiques industrielles et aux impacts de la crise économique de 2008 sur l'activité économique. Depuis 2012, ces émissions montrent une stabilisation, en liaison avec la reprise de l'activité en région.

Cette tendance est comparable à celle observée sur le territoire national.

En 2016, l'augmentation des émissions de GES au niveau régional s'explique en très grande partie par la hausse de la consommation d'énergie primaire des centrales thermiques à gaz (+120 % par rapport à 2015).

Abstraction faite de la variabilité interannuelle des émissions de GES du secteur de la production d'énergie, la plupart des secteurs indique une baisse des émissions depuis 2007. Seul le secteur des transports montre une légère hausse des émissions, les améliorations technologiques des moteurs, moins émetteurs, ne compensent pas l'augmentation observée du trafic.

Rappel : les principaux secteurs émetteurs en région Sud PACA sont l'industrie, les transports (marchandises et personnes), et la production d'énergie.

Il existe un groupe régional d'experts sur le climat en Sud PACA (GREC-SUD) qui a vocation à centraliser, transcrire et partager la connaissance scientifique sur le climat et le changement climatique. Il est aujourd'hui largement reconnu que la Méditerranée est l'une des régions les plus vulnérables au changement climatique.

Selon le GIEC, les travaux compilés dans un précédent rapport indiquent qu'une hausse des températures de 2 à 3°C est à prévoir en région méditerranéenne à l'horizon 2050, et de 3 à 5°C à l'horizon 2100. Les précipitations estivales pourraient diminuer de 35 % sur la rive sud et de 25 % sur la rive nord d'ici la fin du siècle.

Il ressort que la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est d'ores et déjà confrontée à d'importants problèmes de stress hydrique, désertification, pertes de biodiversité et événements climatiques extrêmes tels qu'inondations et sécheresses. En cohérence avec l'augmentation des températures, le nombre de journées très chaudes croît également (température maximale supérieure à 30°C).

Conformément à l'accord de Paris de 2015, pour limiter l'ampleur du réchauffement climatique à 1,5°C, le GIEC recommande que les émissions de dioxyde de carbone soient réduites d'environ 45 % par rapport aux niveaux de 2010, cela d'ici à 2030.

Secteur industriel

En France, selon les inventaires du CITEPA¹³, les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone des industries évoluent à la baisse (cf. schéma ci-après). La part des émissions de ce secteur dans le total national est également en baisse, passant de 26 % en 1990 à 18 % en 2018.

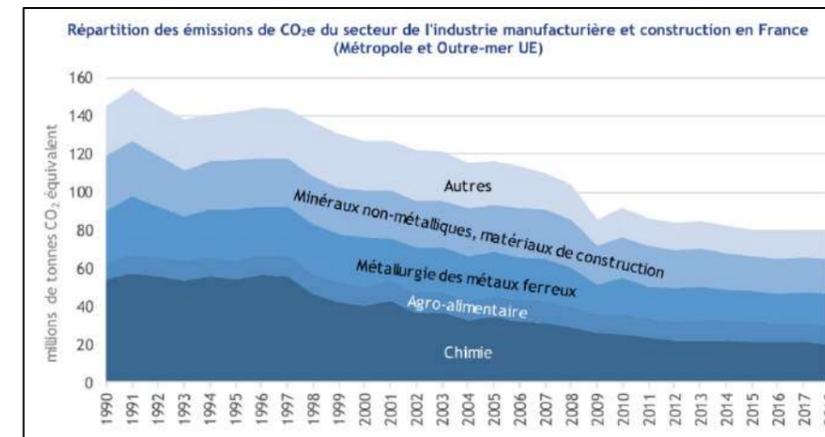


Figure 60 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO2 des industries (Source : Citepa, avril 2020 - Format SECTEN)

Le mix énergétique des industries en 2018 en Sud PACA¹⁴ est représenté graphiquement ci-dessous.

Les énergies fossiles représentaient plus de 40 % des énergies consommées par ce secteur.

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des industries en Sud PACA pour l'année 2018 s'élèvent à environ 13 792 ktCO₂eq.

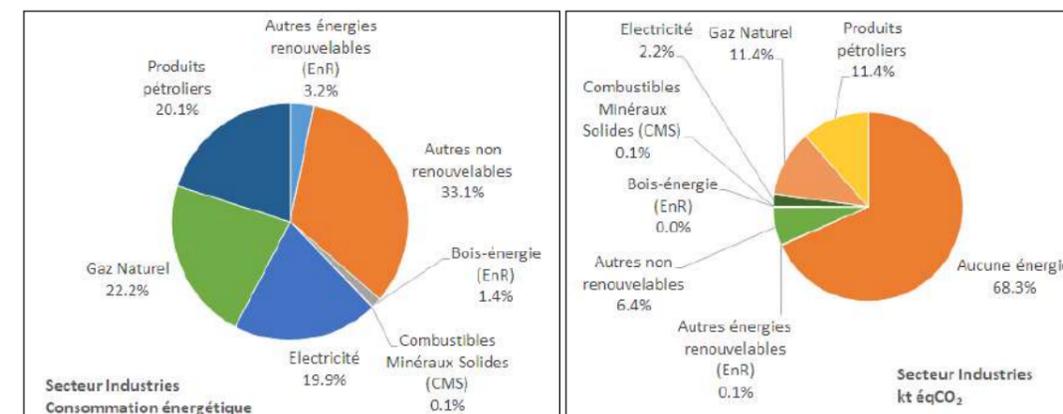


Figure 61 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur des industries en Sud PACA en 2018 (inventaire AtmoSud CIGALE v7.1)

¹³ Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

¹⁴ <https://cigale.atmosud.org/extraction.php> (Inventaire v7.1)

Secteur résidentiel & tertiaire

En France, et toujours selon les inventaires du CITEPA, les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone des secteurs résidentiel et tertiaire sont relativement stables, en signalant néanmoins une légère tendance à la baisse ces dernières années (cf. schéma ci-après). La part des émissions de ces secteurs dans le total national est mécaniquement en hausse du fait de la baisse des émissions totales, passant de moins de 16,9 % en 1990 à 18,7 % en 2018.

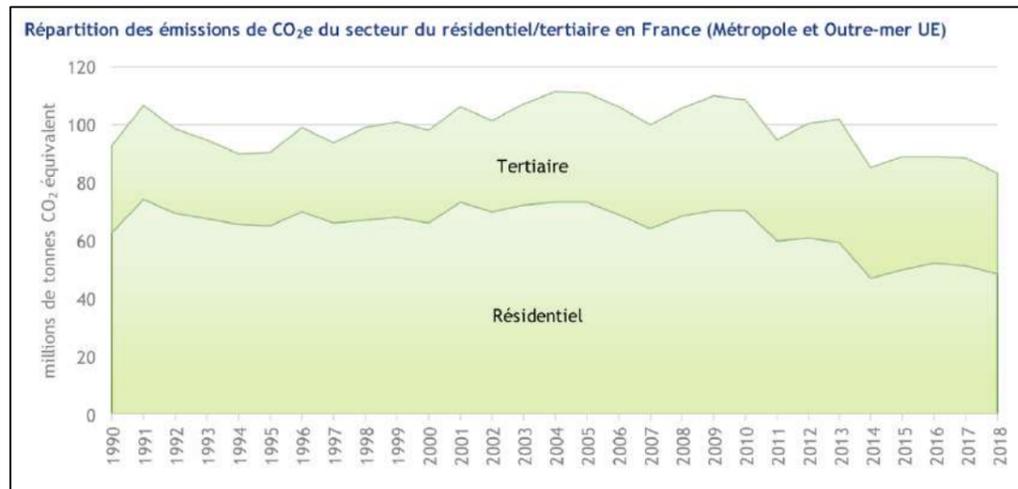


Figure 62 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO₂ du résidentiel/tertiaire (Source : Citepa, avril 2020 - Format SECTEN)

Le mix énergétique des secteurs résidentiel et tertiaire en 2018 en Sud PACA est schématisé sur la planche qui va suivre. Les énergies fossiles représentaient 36,6 % et 34,1 % des énergies consommées respectivement par le résidentiel et le tertiaire.

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur tertiaire en Sud PACA pour l'année 2018 s'élèvent à environ 2 018 ktCO₂e et celles du secteur résidentiel à 3 288 ktCO₂e.

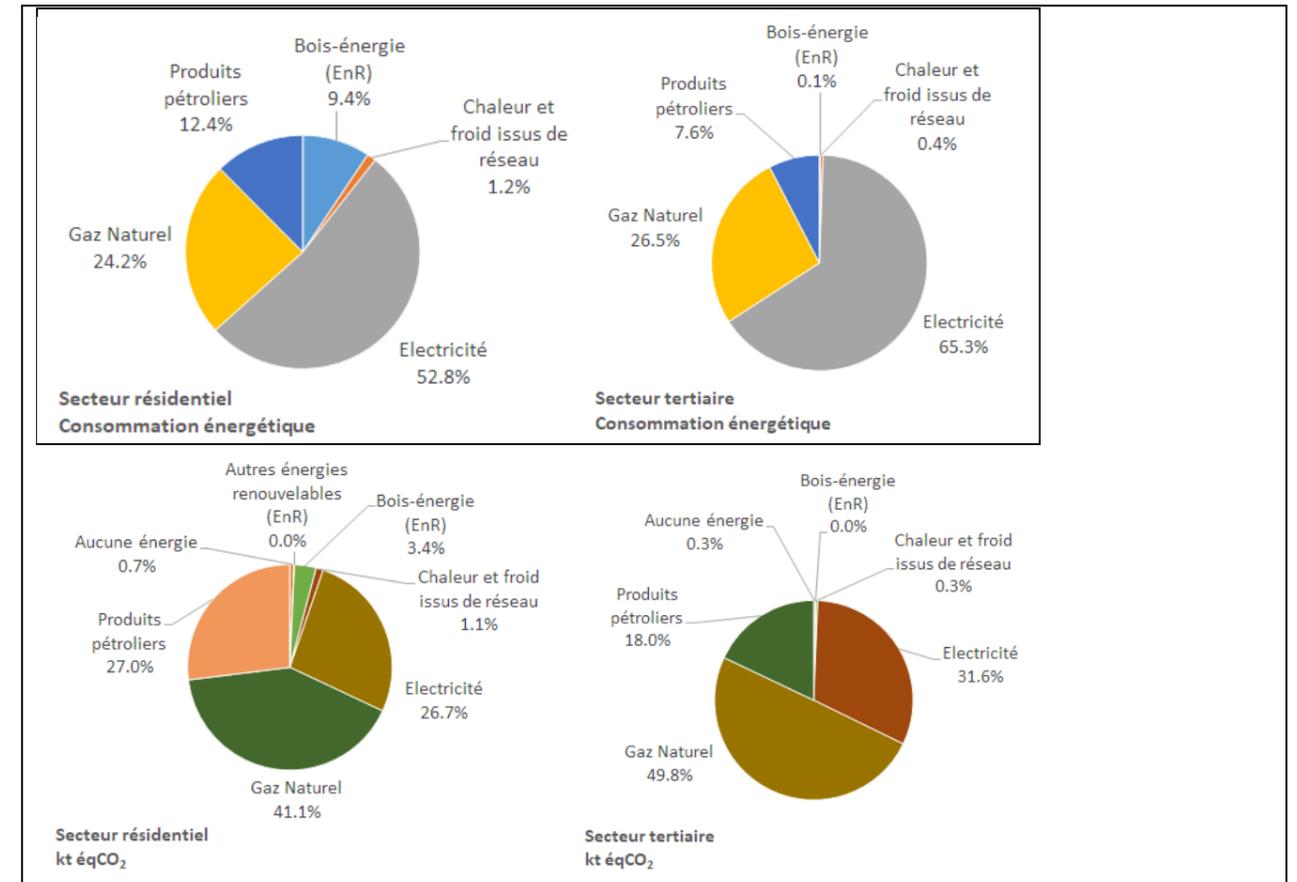


Figure 63 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur résidentiel et du secteur tertiaire en Sud PACA en 2018 (inventaire AtmoSud CIGALE v7.1)

Transport routier

Les inventaires du CITEPA indiquent que les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone du transport routier diminuent dans leur ensemble, après plusieurs années de faible hausse (cf. schéma ci-après).

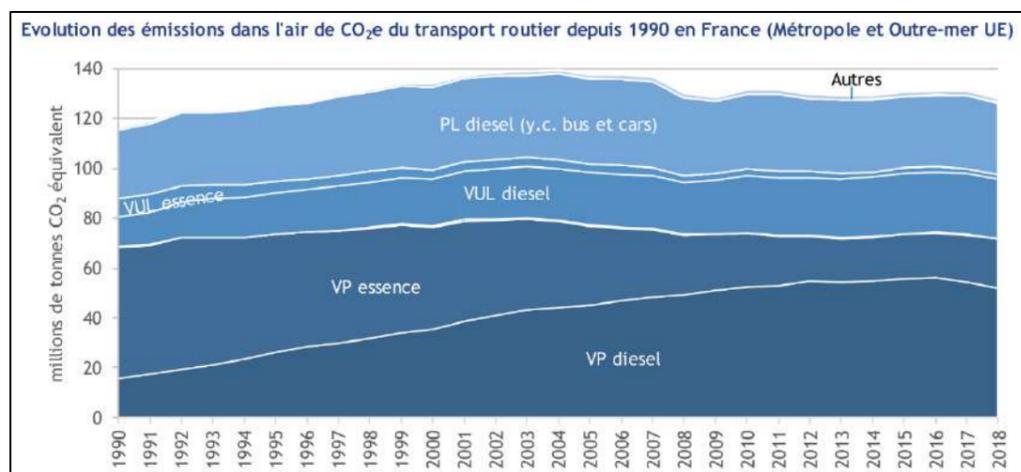


Figure 64 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO₂ du transport routier (Source : Citepa, avril 2020 - Format SECTEN)

Cette baisse s'explique par la dé-diésélisation du parc de véhicules particuliers, conjuguée à la baisse des consommations moyennes par véhicule.

Le diagramme suivant représente les émissions de GES par type de transports en France.

Il est possible d'observer que les véhicules particuliers sont les principaux émetteurs de GES, tous transports confondus.

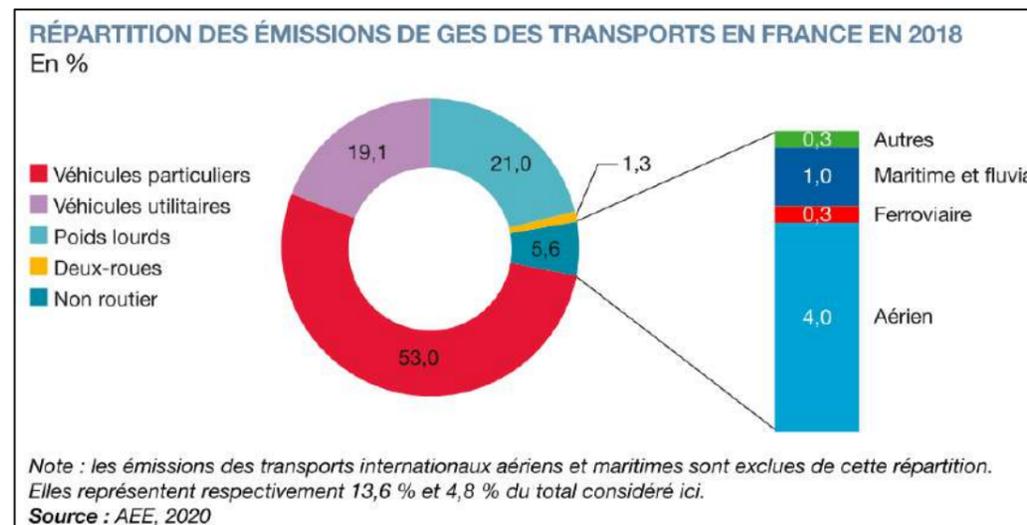


Figure 65 : Émissions de GES par type de transports en France (source : DataLAB Climat ; Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - édition 2021 ; Ministère de la Transition Écologique)

Le mix énergétique du secteur du transport routier en 2018 en Sud PACA est illustré ci-après.

Les énergies fossiles représentaient 91,3 % des énergies consommées.

Les émissions de gaz à effet de serre du transport routier en Sud PACA pour l'année 2018 s'élèvent à environ 11 117 ktCO₂eq.

Selon les inventaires d'AtmoSud, le transport routier représentait 28,0 % en 2007 et 30,0 %¹⁵ en 2018, des émissions de GES (exprimé en équivalent CO₂) pour la région Sud PACA.

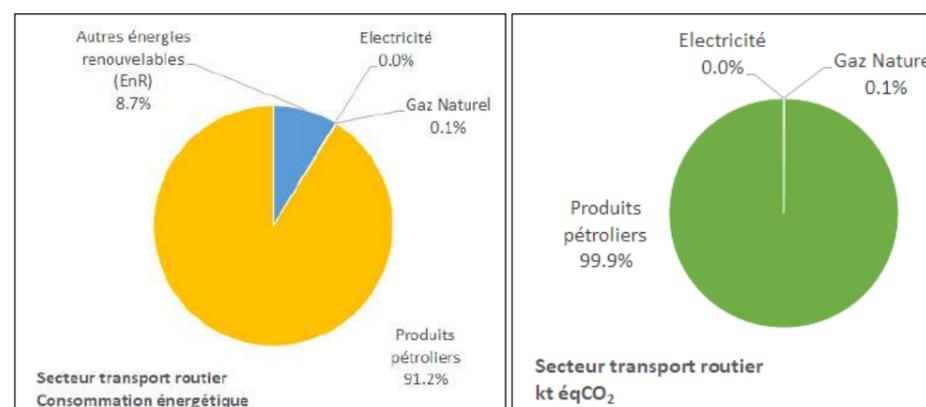


Figure 66 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur du transport routier en Sud PACA en 2018 (inventaire AtmoSud CIGALE v7.1)

¹⁵ <https://cigale.atmosud.org/>

8.2 ÉMISSIONS DE GES DU RESEAU D'ETUDE (SECTEUR ROUTIER)

Pour le présent dossier, la quantification en GES a été effectuée au moyen du logiciel COPERT pour les émissions engendrées par le trafic du réseau d'étude.

Pour mémoire, les émissions de gaz à effet de serre dépendent directement :

- Du type de véhicule (2R / VP / VUL / PL, essence/diesel, cylindrée) ;
- De la technologie du véhicule (conventionnel, euro 1 à 6) ;
- Des paramètres liés à la circulation (vitesse, pente, moteur froid etc.).

Les quantités des gaz à effet de serre émis par le trafic routier sur le réseau d'étude considéré sont reportées dans le tableau suivant.

Tableau 57 : Quantité de GES produits par le trafic routier du réseau d'étude considéré

[kilo équivalent 100 ans CO ₂ /jour]	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
CO ₂ [PRG = 1]	128003,1	138790,1	139147,6
N ₂ O [PRG = 265]	967,5	796,3	816,2
CH ₄ [PRG = 30]	34,7	35,5	35,9
TOTAL	129005,3	139621,9	139999,7

PRG : pouvoir de réchauffement global – les PRG considérés sont ceux fournis par l'ADEME via le 5^e rapport du GIEC de 2013¹⁶

Par ailleurs, les quantités de Gaz à Effet de Serre sont dépendantes de la tendance des consommations de carburant. Elles augmentent de 8,2 % et 8,5 % sur le réseau d'étude, respectivement, pour les situations futures au Fil de l'Eau et Projet par rapport à la situation actuelle, cela étant à corréliser avec l'augmentation des consommations énergétiques elles-mêmes liées à l'augmentation des VK.

Sur le réseau d'étude, la réalisation du projet va induire une hausse (minime) des émissions de GES de 0,3 %, par rapport au scénario Fil de l'Eau.

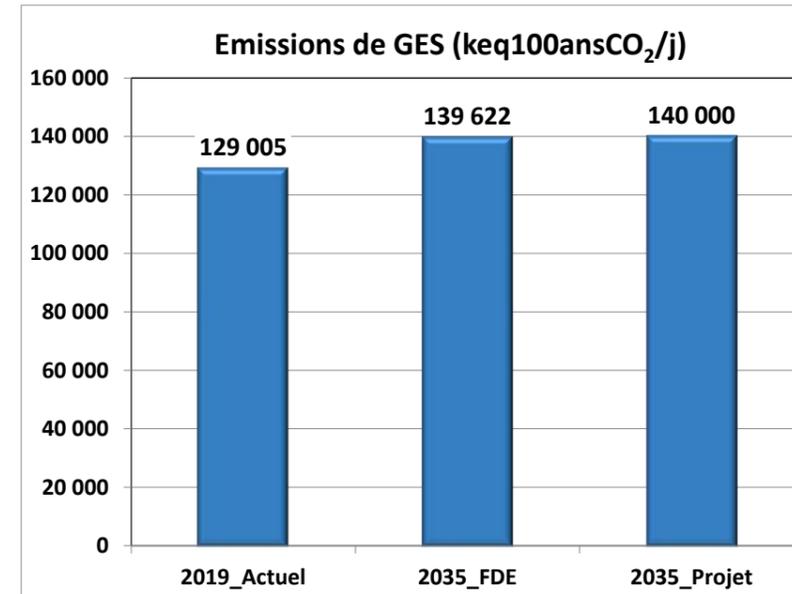


Figure 67 : Émissions des gaz à effet de serre (kg équivalent 100 ans CO₂/jour) sur le réseau d'étude

Note : Bien que le méthane et le protoxyde d'azote possèdent un PRG beaucoup plus important que celui du dioxyde de carbone, ces deux composés ne représentent qu'une faible partie des émissions (Cf. figure suivante).

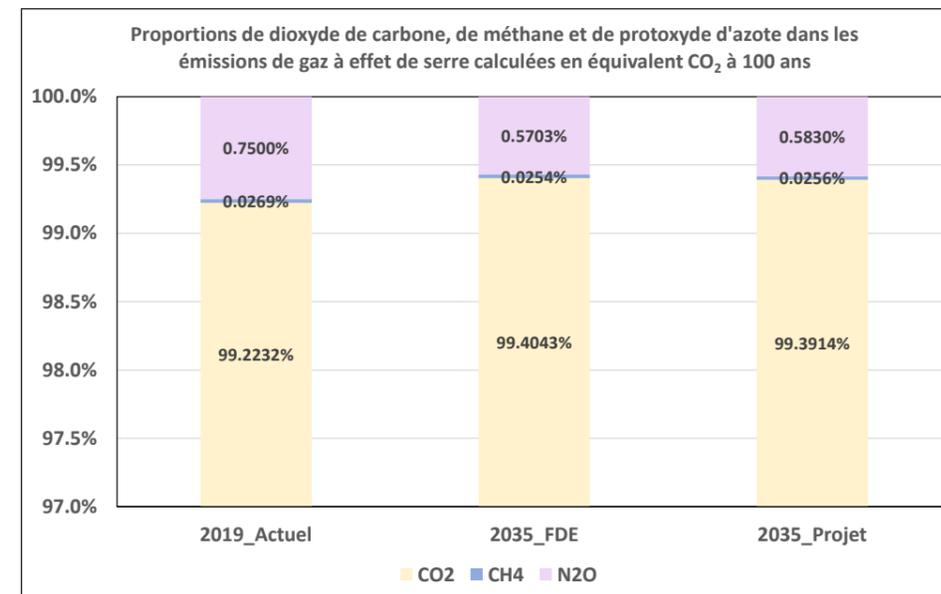


Figure 68 : Proportions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote dans les émissions de GES calculées sur le réseau d'étude

¹⁶ http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?prg.htm

Le dioxyde de carbone provient de la combustion de combustibles fossiles.

Il est utile de garder en mémoire que la réduction des émissions des gaz à effet de serre provenant du trafic routier passe par la décarbonisation du parc roulant *via* le développement des véhicules électriques et/ou hybrides.

Le trafic routier et les consommations de carburant sur le réseau d'étude augmentent pour l'horizon futur au 'Fil de l'eau' par rapport à la situation 'actuelle'.

La mise en place du projet induit une augmentation des trafics sur le réseau d'étude par rapport à la situation au Fil de l'Eau.

En corollaire, les émissions globales de Gaz à Effet de Serre liées au trafic routier (à l'instar de la consommation de carburant) suivent la même tendance.

La réalisation du projet engendre une évolution des émissions de GES, par rapport au scénario sans projet, de +0,3 % en 2035, sur le réseau d'étude.

9 COÛTS COLLECTIFS DES GAZ A EFFET DE SERRE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

9.1 COÛTS LIES AUX EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Le décret n°2003-767 a introduit, à propos des infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact concernant une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.

La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'Euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet.

Dans une fiche-outils du 03/05/2019 (« Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique »), le Ministère de l'Environnement recommande des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique. Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes, mais elles concernent néanmoins la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, interurbain, etc.), une valeur de l'impact - principalement sanitaire - de la pollution atmosphérique.

Tableau 58 : Classes de densité

Densité de population de la zone d'étude	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
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

Compte tenu de la densité de population moyenne de la zone d'étude (>4 500 hab/km²), cette dernière peut être classifiée en tant que milieu urbain très dense.

Les valeurs à considérer pour l'évaluation des coûts de la pollution atmosphérique sont reportées dans le tableau immédiatement ci-après.

Tableau 59 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier (en €2015 / 100 véhicules x km)

Densité de population	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
Valeurs tutélaires pour le transport routier (en €₂₀₁₅ / 100 véhicules x km)					
Véhicule Particulier	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
VP diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1
VP essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
VP GPL	3,7	1	0,4	0,3	0,1
Véhicule Utilitaire Léger	19,8	5,6	2,4	2	1,7
VUL diesel	20,2	5,7	2,5	2	1,8
VUL essence	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
PL Diesel	133	26,2	12,4	6,6	4,4
Deux-roues	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
Bus	83,7	16,9	8,3	4,5	3,1

La fiche-outils précise qu'il est nécessaire d'actualiser ces valeurs suivant l'évolution du parc automobile et du PIB par rapport à la population.

Sur la région Sud PACA, l'évolution du PIB par habitant à retenir est de 1,2 % par an.

Au cours de la dernière décennie (2010-2020), l'inflation a été en moyenne de 1,01 % par an d'après l'INSEE. Cette valeur sera utilisée pour extrapoler les coûts à l'horizon futur.

L'application des valeurs recommandées et de leur règle d'évolution pour l'ensemble du trafic considéré conduit aux évaluations présentées dans le tableau (valeurs journalières et annuelles) et la figure ci-après.

Tableau 60 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier du réseau d'étude

Type de véhicules	2019 Actuel (en € ₂₀₁₉)	2035 Sans Projet (en € ₂₀₃₅)	2035 Projet (en € ₂₀₃₅)
Sur une journée			
VL	70 488 €	66 962 €	67 909 €
PL	56 495 €	50 968 €	49 395 €
Total	126 983 €	117 930 €	117 304 €
Sur l'ensemble de l'année			
VL	25 728 k€	24 441 k€	24 787 k€
PL	20 621 k€	18 603 k€	18 029 k€
Total	46 349 k€	43 045 k€	42 816 k€

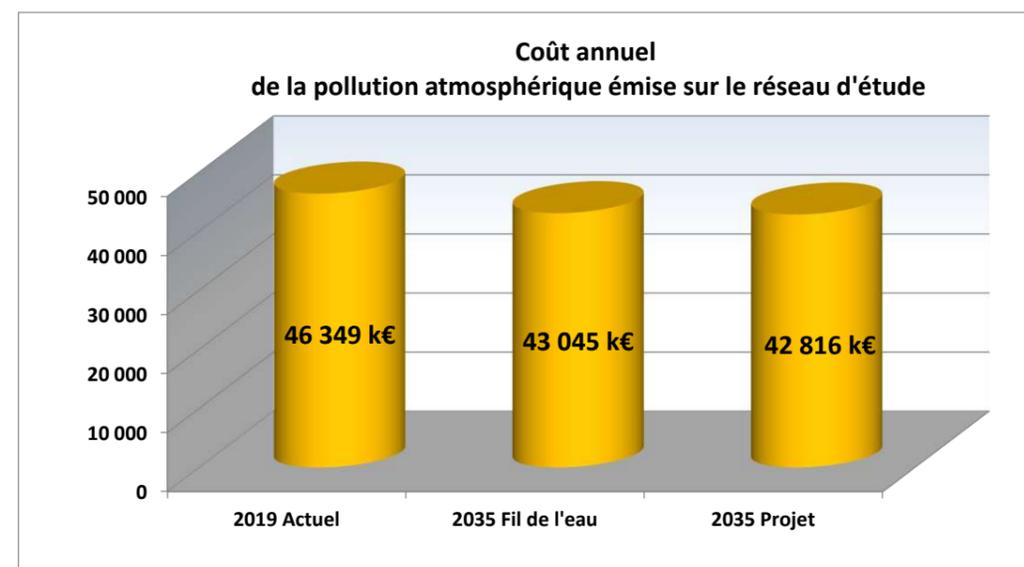


Figure 69 : Coût annuel de la pollution atmosphérique du réseau d'étude

Par rapport à la situation actuelle, le coût de la pollution atmosphérique émise sur le réseau d'étude diminue pour l'horizon futur (-7,1 % pour la situation Fil de l'Eau et -7,6 % pour la situation projet).

La mise en place du projet engendre une légère diminution du coût de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude par rapport au scénario Fil de l'Eau de 0,5 % à l'horizon 2035, du fait de la diminution des VK PL, malgré l'augmentation des VK TV.

Il est nécessaire de prendre en compte le fait que, à ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics sans retenir : ni la répartition spatiale de la population, ni les paramètres d'exposition.

Il devrait être possible d'affiner l'estimation des coûts sanitaires en s'intéressant à l'exposition de la population, dès lors que l'on se base sur le principe d'un lien de proportionnalité entre le coût sanitaire et l'Indice Pollution Population. Diverses études sont actuellement menées sur ce thème.

9.2 COÛTS LIES AUX EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO₂.

La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.

Selon le document de France Stratégie intitulé « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO₂ émise sont de 54 €₂₀₁₈ en 2018, de 250 €₂₀₁₈ en 2030 et de 500 €₂₀₁₈ en 2040.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) a été réalisé à l'aide du logiciel COPERT V.

Le tableau ci-dessous fournit l'estimation des coûts des rejets de gaz à effet de serre pour tous les scénarios considérés.

Tableau 61 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier du réseau d'étude

	2019 Actuel (en € ₂₀₁₉)	2035 Sans Projet (en € ₂₀₃₅)	2035 Projet (en € ₂₀₃₅)
Sur une journée	9 165 €	62 120 €	62 288 €
Sur une année	3 345 k€	22 674 k€	22 735 k€

Ces résultats sont illustrés ci-dessous, en valeur annuelle.

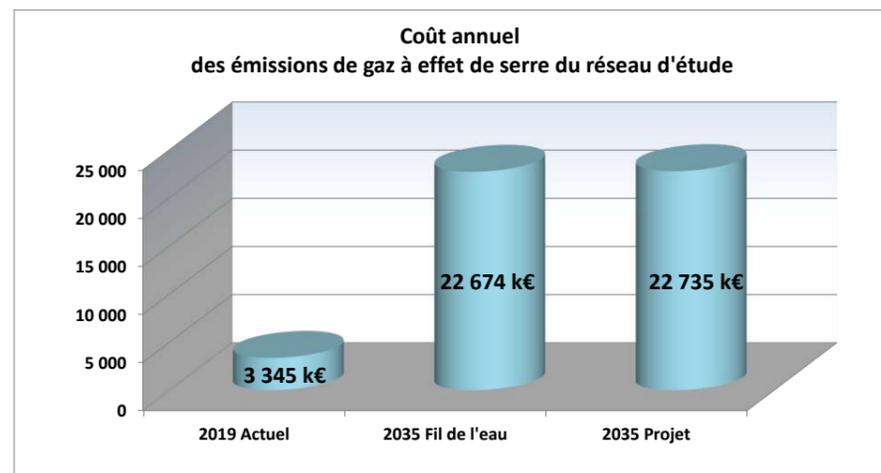


Figure 70 : Coût annuel des émissions de GES du réseau d'étude

Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre augmente à l'horizon futur par rapport à la situation actuelle, en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.

Par rapport au scénario Fil de l'Eau, la mise en place du projet engendre un surcoût lié aux émissions de GES de 0,3 % en 2035.

10 EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET DES GES SUR LA SANTE ET LE CLIMAT

10.1 EFFETS GENERAUX DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE

De nombreuses études épidémiologiques, dont celles pilotées par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), mettent en évidence une relation entre pollution de l'air et santé dans les grandes agglomérations. Le risque existe à partir de faibles niveaux de pollution.

Par ailleurs, il existe de fortes présomptions d'existence de relation synergique entre les allergènes, en particulier les pollens et les polluants atmosphériques.

Également, les effets sanitaires de la pollution de l'air varient selon les individus.

Les sujets les plus sensibles sont ainsi :

- Les enfants, dont le système respiratoire en pleine évolution est davantage sensible aux agressions ;
- Les personnes âgées qui présentent des défenses immunitaires plus faibles et souvent des fragilités du système respiratoire et cardiovasculaire ;
- Les sujets atteints de troubles cardiovasculaires ou respiratoires (asthme, rhinite allergique, bronchite chronique) ;
- Les sujets en activité physique intense (sport ou travaux) qui respirent 5 à 15 fois plus qu'un individu au repos et s'exposent ainsi à des quantités supérieures de polluants.

Les gaz et particules émis lors de la combustion du carburant présentent individuellement pour l'homme un risque toxicologique qui est relativement connu pour la plupart d'entre eux.

Cependant, afin de définir le risque toxicologique des émissions automobiles à l'égard de la santé humaine, il faut considérer un ensemble, c'est à dire étudier la composition chimique d'un mélange gaz/particules et analyser la toxicité, l'interaction et les synergies des éléments qui le composent. Les connaissances dans ce domaine sont moins développées.

Les paragraphes ci-dessous présentent les effets sanitaires des principaux polluants de l'air, à savoir : les oxydes d'azote [NO_x], les particules [PM], le monoxyde de carbone [CO], les composés organiques volatils [COV], le benzène, le dioxyde de soufre [SO₂] le benzo(a)pyrène et les métaux lourds.

Les oxydes d'azotes (NO_x)

Les principaux effets des oxydes d'azote sur la santé humaine se manifestent par une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.

Les oxydes d'azote sont des gaz très irritants. Ils pénètrent profondément dans l'arbre bronchique entraînant toux, irritations, étouffements, sensibilisation des bronches aux infections microbiennes, changements fonctionnels (baisse de l'oxygénation)...

La relation entre les NOx et les descripteurs sanitaires (mortalité, morbidité...) est difficile à établir et à mettre en évidence car leur teneur est fortement corrélée avec celle des autres polluants.

Les particules (PM)

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (surtout chez l'enfant et les personnes sensibles).

Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons mais sont retenues par les voies aériennes supérieures, tandis que les particules de taille inférieure à 2,5 µm pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les particules dites « ultra fines » (diamètre particulaire inférieur à 0,1 µm) sont suspectées de provoquer des effets néfastes sur le système cardiovasculaire.

La taille des particules et la profondeur de leur pénétration dans les poumons déterminent la vitesse d'élimination des particules. Sur un même laps de temps (24 heures), plus de 90 % des particules supérieures à 6 µm sont éliminées, alors que seulement moins de 30 % des particules inférieures à 1 µm le sont.

L'une des propriétés les plus dangereuses des poussières est de fixer des molécules gazeuses irritantes ou toxiques présentes dans l'atmosphère (par exemple, des sulfates, des métaux lourds, des hydrocarbures). Ainsi, les particules peuvent avoir des conséquences importantes sur la santé humaine et être responsables de maladies pulmonaires chroniques de type asthme, bronchite, emphysèmes (les alvéoles pulmonaires perdent de leur élasticité et se rompent) et pleurésies (inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe chacun de nos poumons).

Ces effets (irritations des voies respiratoires et/ou altérations de la fonction respiratoire) s'observent même à des concentrations relativement basses.

Certaines particules ont aussi des propriétés mutagènes et cancérogènes (particules diesel).

En octobre 2013, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules issues des moteurs diesel comme étant cancérogènes pour l'homme (Groupe 1), sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets aigus des particules :

- Les particules plus grandes que les PM10 n'ont, pour ainsi dire, aucun effet.
- Les particules grossières (différence massique estimée entre les PM10 et les PM2,5 ou entre les PM10 et les PM1), tout comme les particules fines (dont la masse estimée se situe à PM2,5 ou PM1) ou encore les particules ultrafines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.
- La fraction grossière des PM10 est plus fortement corrélée avec la toux, les crises d'asthme et la mortalité respiratoire, alors que les fractions fines ont une incidence plus forte sur les dysfonctionnements du rythme cardiaque ou sur l'augmentation de la mortalité cardio-vasculaire. Mais

les effets des particules fines ne s'expliquent pas uniquement par ceux des particules ultrafines, pas plus que les effets des particules grossières ne s'expliquent par ceux des particules fines.

- Compte tenu des concentrations et des variations que l'on rencontre habituellement aujourd'hui, les fractions grossières, fines et ultrafines ont des effets de même importance.
- Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio-vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement ou très rapidement après l'exposition et que celui des particules fines et ultrafines l'est de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge). Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire fait davantage de victimes.
- Les personnes souffrant d'affections des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.
- Les effets ont été démontrés par des études épidémiologiques, toxicologiques et cliniques.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets chroniques des particules sur la santé :

- Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus ;
- Les études épidémiologiques ont démontré la corrélation entre de fortes charges en PM10, en PM2,5 ou en sulfates, et une mortalité ou une morbidité accrue ;
- Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérogène ;
- Il n'existe pas (encore) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.

Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provoque des hypoxies (baisse de l'oxygénation du sang) car il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine. Il provoque également des céphalées, des troubles du comportement, des vomissements (c'est un neurotoxique), des troubles sensoriels (vertiges). C'est également un myocardiotoxique.

En se fixant sur l'hémoglobine du sang, le monoxyde de carbone forme une molécule stable, la carboxyhémoglobine, entraînant une diminution de l'oxygénation cellulaire qui est nocive pour le système nerveux central, le cœur et les vaisseaux sanguins.

Les composés organiques volatils (COV)

Ces composés proviennent d'une mauvaise combustion des produits pétroliers (carburants) et de l'évaporation des carburants.

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

Le benzène (C₆H₆)

Deux cas d'intoxication peuvent être observés : intoxication par ingestion et intoxication par inhalation.

L'intoxication par ingestion se caractérise par des troubles digestifs, des troubles neurologiques pouvant aller jusqu'au coma et une pneumopathie d'inhalation.

Notons qu'en application cutanée, le benzène est irritant.

Lors d'une intoxication par inhalation, on observe des symptômes neurologiques tels que des troubles de conscience, de l'ivresse, puis de la somnolence pouvant mener à un coma, des convulsions à très hautes doses.

Ces symptômes apparaissent à des concentrations variables selon les individus :

- À 25 ppm, pas d'effet ;
- De 50 à 100 ppm, apparaissent céphalées et asthénie ;
- A 500 ppm, les symptômes sont plus accentués ;
- A 3 000 ppm, la tolérance est seulement pendant 30 à 60 minutes ;
- A 20 000 ppm, la mort survient en 5 à 15 minutes.

Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre altère la fonction respiratoire de l'enfant et exacerbe les gênes respiratoires. De même, il trouble l'immunité du système respiratoire, abaisse le seuil de déclenchement chez le sujet asthmatique. C'est un cofacteur de la bronchite chronique.

Le dioxyde de soufre est un gaz très soluble. Il est ainsi absorbé à 85-99 % par les muqueuses du nez et du tractus respiratoire supérieur. Une faible fraction se fixe sur les particules carbonées et atteint donc les voies respiratoires inférieures. Il accentue l'intensité du bronchospasme chez les sujets asthmatiques.

Le plomb (Pb)

De manière générale, les métaux lourds ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme, ce qui implique dans le long terme d'éventuelles propriétés cancérigènes.

Le plomb est un toxique neurologique, rénal et sanguin.

On distingue deux types d'intoxication au plomb : intoxication après inhalation (poussières ou fumées) ou intoxication par ingestion (régurgitation ou problème d'hygiène cutanée).

Le cadmium (Cd)

Le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain. Les deux principales voies d'absorption sont l'inhalation et l'ingestion. Il peut provoquer des lésions des voies respiratoires et du rein. Les composés de cadmium sont également cancérigènes.

L'arsenic (As)

La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de :

- L'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose)
- Système cardiovasculaire (maladie de Raynaud)
- La peau (hyperkératose et hyperpigmentation)
- Système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse)

Le nickel (Ni)

Les études chez l'Homme (et l'animal) indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement au nickel. Les effets respiratoires étaient de type bronchite chronique, emphysème et diminution de la capacité vitale

Le benzo(a)pyrène (BaP)

Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérigène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'Homme. Les études chez l'animal indiquent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent, une action à la fois locale et systémique.

10.2 CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Identiquement à l'échelle mondiale, l'évolution des températures moyennes annuelles en France métropolitaine montre un net réchauffement depuis l'année 1900.

Ce réchauffement a connu un rythme variable, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980 (figure suivante).

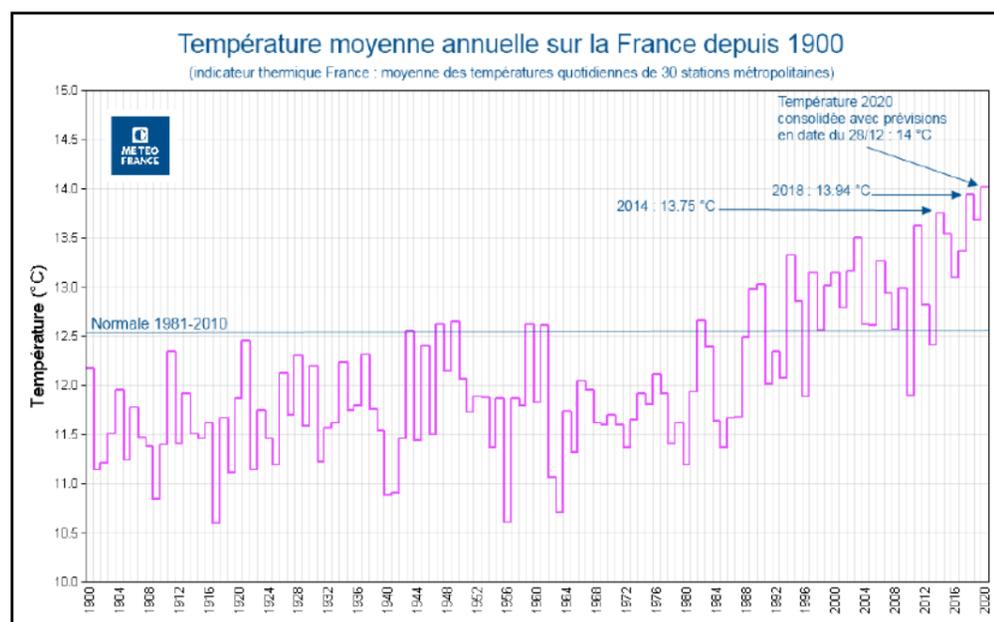


Figure 71 : Évolution des températures moyennes annuelles en France depuis 1900 (Source : Météo France)

Sur la période 1959-2009, la tendance observée est d'environ + 0,3°C par décennie. En 2020, la température moyenne annuelle de 14°C a dépassé la normale (référence 1961-1990) de 2,3°C, plaçant cette année-là au premier rang des années les plus chaudes observées en France métropolitaine depuis 1900, devant 2018 (13,9°C).

Selon Météo France, parmi les 10 années les plus chaudes depuis 1900, 9 appartiennent au XXI^e siècle (2020, 2018, 2014, 2019, 2011, 2003, 2015, 2017 et 2006) dont 7 appartenant à la dernière décennie.

L'évolution du climat modifie la fréquence, l'intensité, l'étendue, la durée et le moment d'apparition des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. Les vagues de chaleur recensées depuis 1947 à l'échelle nationale ont été deux fois plus nombreuses au cours des 34 dernières années que sur la période antérieure.

Cette évolution se matérialise aussi par l'occurrence d'événements plus forts (durée, intensité globale) au cours des dernières années.

En France, selon le scénario intermédiaire du GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat], le nombre de jours anormalement chauds devrait augmenter dans le futur, avec vraisemblablement plus de 100 jours supplémentaires par an à l'horizon 2100.

Le sud et l'est de la France seraient les régions les plus affectées par ces changements.

Cependant, même la région Hauts-de-France, par exemple, a elle aussi connu une canicule durant l'été 2020.

¹⁷ Bulletin de Santé Publique. PACA. Été 2020. Canicule et Santé. Santé Publique France, septembre 2020.

10.3 IMPACTS DIRECTS DES CANICULES ET DES FORTES CHALEURS SUR LA SANTE

La région Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur présente une exposition élevée aux épisodes de canicules remarquables de plus en plus fréquents, tout comme le reste du territoire métropolitain.

Depuis 2015, chaque été a présenté un épisode caniculaire remarquable, faisant suite à ceux de 2003 et 2006 pour le 21^e siècle.

En France métropolitaine¹⁷, l'été 2020 s'est traduit par le déclenchement, pour le deuxième été depuis la mise en place du Plan National Canicule, de vigilances 'rouge canicule'. Pour la 2^e année consécutive, les régions du Nord de la France ont été particulièrement touchées par la chaleur. L'été 2020 a été marqué par trois vagues de chaleur, dont une très étendue et particulièrement sévère dans le Nord de la France. La caractéristique remarquable de cet été réside dans les températures nocturnes élevées, dépassant des records dans certains départements.

L'été 2020 est considéré par Météo France comme le 7^e été le plus chaud à l'échelle nationale depuis 1900.

Les 3 vagues de chaleur se sont étendues du 26 juillet au 03 août, du 7 au 13 août et du 19 août au 21 août.

La figure suivante présente les caractéristiques de ces épisodes.

Dates	Régions concernées	Nombre de départements	Durée moyenne par département (jours)	% de la population métropolitaine touchée
26/07 – 03/08	Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val de Loire, Grand Est, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Provence-Alpes-Côte-D'azur	22	4,2	18,8 %
07/08 – 13/08	Toutes les régions métropolitaines à l'exception de la Bretagne et la Corse	64	5,1	71,1 %
19/08 – 21/08	Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	5	3	6,0 %

Figure 72 : Caractéristiques des différentes vagues de chaleur de l'été 2020 en France métropolitaine (source : Santé Publique France)

L'étendue géographique a été notable, puisque durant l'été 2020, potentiellement plus de 50 millions de personnes domiciliées dans les 73 départements touchés ont été exposées au moins un jour à des températures dépassant les seuils d'alerte, soit environ 77 % de la population.

Plusieurs pics de pollution à l'ozone concomitants à ces vagues de chaleur ont été observés, notamment dans les régions Auvergne-Rhône-Alpes, Grand Est, Hauts-de-France, Île-de-France, Normandie et Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur, qui ont été placées en dispositif d'alerte et de recommandations.

Il est observé que la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur a été relativement épargnée par les épisodes de chaleur au cours de l'été 2020 pendant lequel aucune vigilance orange canicule n'a été mise en place.

La région a toutefois été concernée, en 2020, par des épisodes de vagues de chaleur :

- Fin juillet
- Lors de la première quinzaine du mois d'août

Le 29 juillet 2020, les départements des Alpes-de-Haute-Provence et des Alpes-Maritimes (24,8 % de la population régionale résidente) ont été placés en vigilance jaune canicule par les prévisionnistes de Météo-France. Le 30 juillet, **l'ensemble de la région sauf le département des Bouches-du-Rhône** (59,7 % de la population régionale résidente) était concerné par cette vigilance jaune canicule. La vigilance jaune canicule a été étendue à l'ensemble de la région les 31 juillet et 1er août pour être levée le 2 août. A posteriori, Météo-France a montré que sur cette période un dépassement effectif des seuils d'alerte a été observé dans les Alpes-de-Haute-Provence du 29 juillet au 2 août.

Météo-France a placé le département des Alpes-Maritimes (21,6 % de la population régionale résidente) en vigilance jaune canicule du 6 au 12 août. A posteriori, Météo-France a montré que le dépassement des seuils d'alerte a été effectif sur ce département du 7 au 10 août.

En termes d'exposition pour la France métropolitaine, l'été 2020 reste moins intense que l'été précédent, les records de 2019 n'ayant pas été dépassés. En revanche, il apparaît plus sévère que 2019 dans les Hauts-de-France, en Île-de-France et en Normandie, car plus durable et caractérisé par des températures nocturnes élevées.

En Sud PACA, l'intensité des canicules 2020 s'est avérée faible (figure suivante).

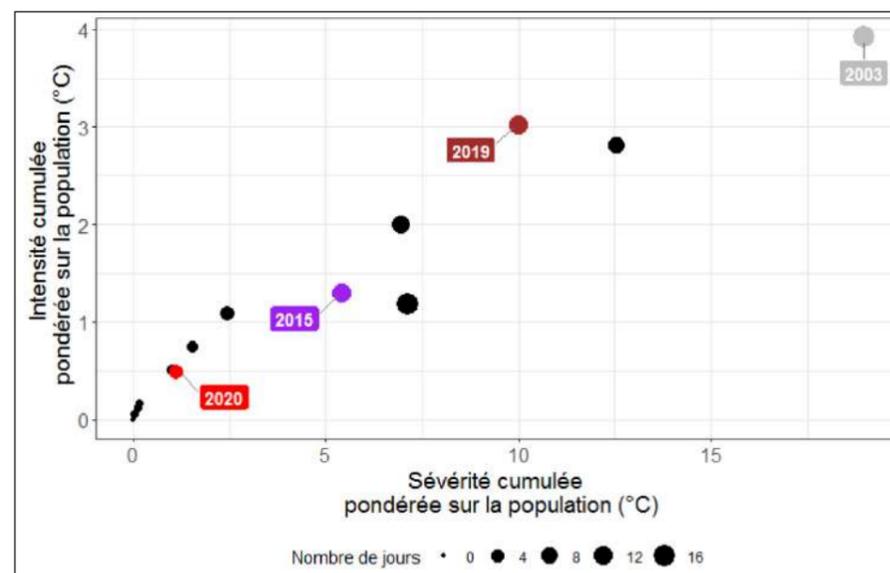


Figure 73 : Caractéristiques de l'exposition à la chaleur pour l'été 2020 par rapport aux autres vagues de chaleur survenues en Sud PACA depuis 1999 (croisement des données de température et de population) (Source : Santé Publique France)

En région Sud PACA, Sur l'ensemble de l'été, les vagues de chaleur n'ont représenté que 18,5 % des passages aux urgences et 19,9 % des consultations SOS médecins pour l'indicateur iCanicule.

L'épisode de chaleur de fin juillet – début août (29/07 au 05/08/20) a engendré en Sud PACA :

- 216 passages aux urgences hospitalières et 45 actes SOS Médecins pour iCanicule. Ces recours aux soins représentaient 0,6 % de l'activité toutes causes codées alors qu'ils s'élevaient en moyenne à 0,5 % en dehors des jours de dépassement des seuils d'alerte. L'activité la plus élevée a été observée le 2 août pour les services hospitaliers d'urgence (0,8 %) et le 30 juillet pour les associations SOS Médecins (1,2 %). Si toutes les classes d'âge ont été concernées, les passages aux urgences pour iCanicule ont été observés plus particulièrement chez les plus de 75 ans (43,1 % des cas) et les personnes âgées de 15 à 74 ans (42,1 % des cas). Les consultations SOS Médecins pour iCanicule ont concerné principalement les 15-74 ans (57,8 % des cas) puis les plus de 75 ans avec 33,3 % des cas.
- Parmi les passages aux urgences pour iCanicule, 143 (soit 66,2 %) ont donné lieu à une hospitalisation après ces passages (tableau 3). Les taux d'hospitalisation différaient selon les tranches d'âges : 53,1 % chez les moins de 15 ans, 56,0 % chez les 15-74 ans et 80,6 % chez les personnes âgées de 75 ans et plus. Ces hospitalisations ont représenté 1,8 % de l'ensemble des hospitalisations toutes causes codées après un passage aux urgences, avec un maximum atteint le 1er août (2,7 %).

L'épisode de chaleur de début à mi-août (7 au 13 août) a entraîné en Sud PACA :

- 196 passages aux urgences hospitalières et 41 consultations SOS Médecins pour iCanicule. Ces recours aux soins représentaient respectivement 0,6 % et 0,7 % de l'activité toutes causes codées alors qu'ils s'élevaient en moyenne à 0,5 % en dehors des jours de dépassement des seuils d'alerte. Le maximum d'activité a eu lieu le 11 août pour les services hospitaliers d'urgence (0,8 %) et le 12 août pour les

associations SOS Médecins (1,1 %). Si toutes les classes d'âge ont été concernées, les passages aux urgences pour iCanicule ont été observés plus particulièrement chez les adultes âgés de 75 et plus (49,5 % des cas) et les personnes âgées de 15 à 74 ans (39,8 % des cas).

- Parmi les passages aux urgences pour iCanicule, 136 (soit 69,3 % de ces passages) ont donné lieu à une hospitalisation. Les taux d'hospitalisation différaient selon les tranches d'âges : 57,1 % des moins de 15 ans, 48,7 % des 15-74 ans et 88,7 % des personnes âgées de 75 ans et plus. Ces hospitalisations ont représenté 1,9 % de l'ensemble des hospitalisations toutes causes codées après un passage aux urgences, le maximum ayant été atteint le 12 août (2,6 %).

Lors de ces 2 périodes de forte chaleur, les passages aux urgences pour déshydratation ont été les plus fréquents (57,3 % de l'indicateur iCanicule). Ils ont concerné plus particulièrement les moins de 15 ans (75,5 % des passages pour iCanicule dans cette classe d'âge). Les consultations SOS Médecins ont concerné plutôt des coups de chaleur (53,5 % de l'indicateur iCanicule). Ont surtout été touchés les moins de 15 ans (100 % des consultations pour iCanicule) et les 15-74 ans (75 %).

Les diverses planches qui vont suivre représentent la sévérité (cumul des valeurs maximales de dépassement des températures observées par rapport aux températures d'alerte sur la période de survenue) des vagues de chaleur et la surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2020.

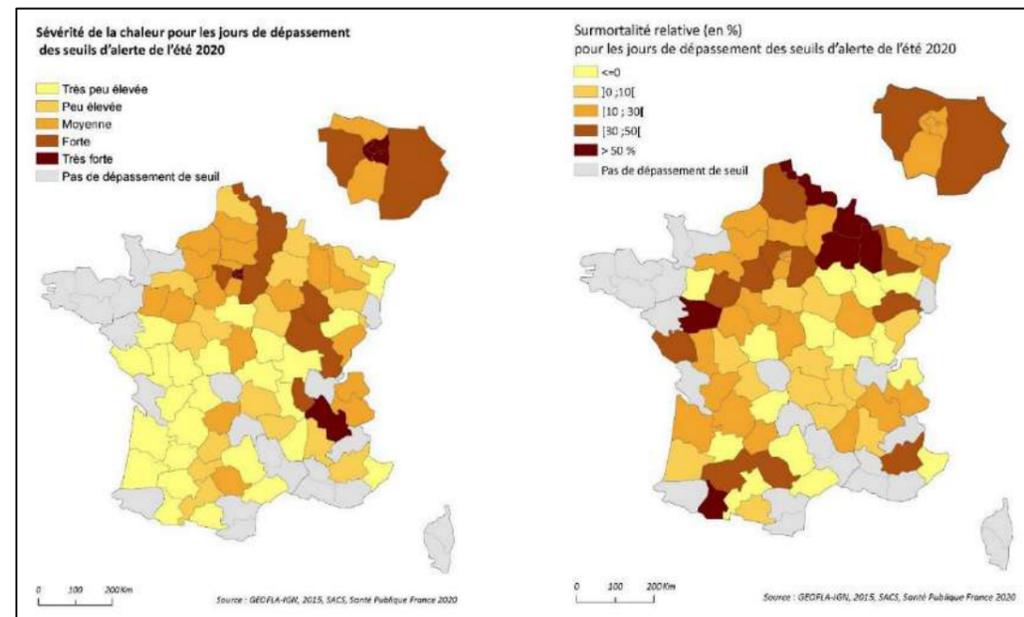


Figure 74 : Sévérité des vagues de chaleur et surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2020, France métropolitaine [Santé Publique France]

Nota : La sévérité de la chaleur a été très peu élevée pour les Alpes-Maritimes lors des jours de dépassement des seuils d'alerte canicule pour l'été 2020. Aucune surmortalité n'a été enregistrée.

En France métropolitaine, au cours des périodes de dépassement effectif des seuils départementaux, 1 924 décès en excès ont été observés au niveau métropolitain, soit une surmortalité relative de +18,3 %. Les 75 ans et plus ont représenté plus des deux tiers des décès en excès (1 377 décès) mais la surmortalité relative a été importante dès 65 ans, autour de +20 % (356 décès en excès pour les 65-74 ans).

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, sur les périodes de dépassement effectif des seuils départementaux durant les deux périodes de chaleur de l'été 2020, il n'a pas été observé de surmortalité dans l'ensemble :

- la première période de chaleur, pendant laquelle un dépassement effectif des seuils a été observé dans les Alpes-de-Haute-Provence, a totalisé 13 décès en excès (+42,5 %). Ils ont concerné principalement les personnes âgées de 65 à 74 ans (11 décès en excès ; +166,7 %) et les plus de 75 ans (2 décès en excès ; +7,1 %).
- On note pendant la deuxième période de chaleur, pendant laquelle un dépassement effectif des seuils a été observé dans les Alpes-Maritimes, une sous-mortalité tous âges de 22 décès. Une surmortalité a toutefois été observée chez les 65-74 ans (7 décès en excès ; +24,1 %).

Compte tenu des faibles effectifs, il convient d'interpréter ces chiffres avec prudence.

L'impact sanitaire dans la région Sud PACA a été modéré, que ce soit en termes de mortalité ou de recours aux soins.

Ces épisodes 2020 sont loin du bilan de la canicule de 2003, pour lequel l'estimation de la surmortalité nationale liée à la canicule d'août, a été d'environ 14 800 décès supplémentaires par rapport à la mortalité habituelle de cette période de l'année.

Lors de la canicule de 2003, les températures moyennes journalières ont atteint 31°C au cœur de Nice, par exemple.

Rappel : selon les scénarios du GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] la hausse attendue des températures d'ici la fin du siècle pourrait atteindre 5,7°C en période estivale. Le nombre de jours chauds devrait également augmenter. Dans ce contexte, l'exposition aux épisodes de canicule pourrait croître de façon significative.

La figure suivante fait état des vagues de chaleur en fonction de leur durée, en France entre l'année 1947 et 2020.

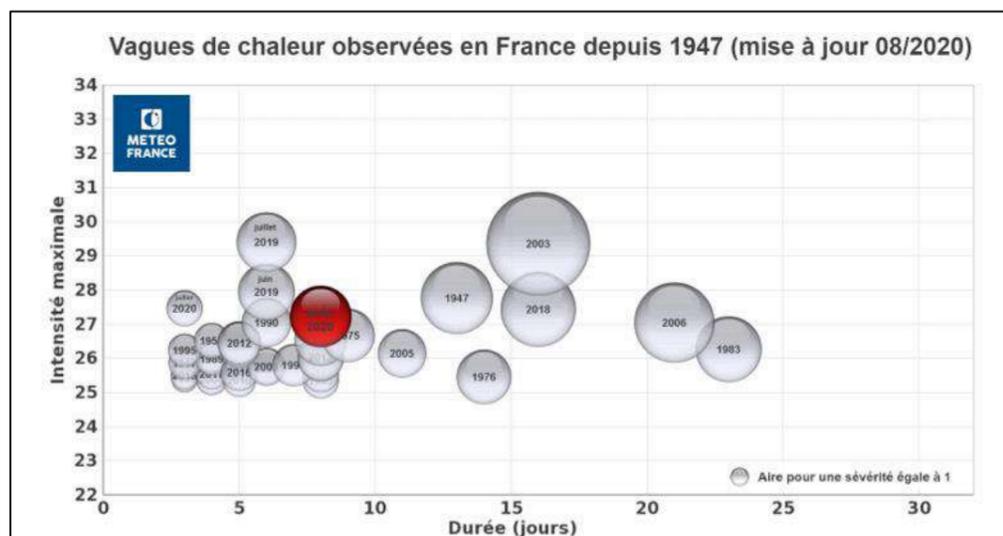


Figure 75 : Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947- 2020 (source : météo France)

43 vagues de chaleurs sont recensées à l'échelle de la France depuis 1947 :

- 4 avant 1960 ;
- 4 épisodes entre 1960 et 1980 ;
- 9 épisodes entre 1980 et 2000 ;
- 26 épisodes depuis 2000.

Il y a eu autant de vagues de chaleur avant 2005 qu'entre 2005 et 2020.

Alors que l'on comptait en moyenne moins de 5 jours de vagues de chaleur¹⁸ sur la période 1976-2005, on estime qu'il y a 3 chances sur 4¹⁹ pour que ce nombre augmente au moins de 5 à 10 jours supplémentaires dans le sud-est, et de 0 à 5 ailleurs, à l'horizon 2021-2050.

Le contrôle des émissions de gaz à effet de serre déterminera leur stabilisation dans la seconde moitié du XXIe siècle.

¹⁸ Les vagues de chaleur sont définies ici comme 5 jours consécutifs avec une température maximale supérieure de 5 degrés à la normale 1976-2005, selon le rapport sur les scénarios climatiques pour la France

Il est également estimé que ce nombre n'augmenterait que faiblement au cours de la deuxième moitié du XXIe siècle dans un scénario avec politique climatique qui conduirait à stabiliser le réchauffement climatique avant la fin du siècle.

En revanche, sans politique climatique, le nombre de jours de vagues de chaleur augmentera drastiquement par rapport à la période 1976-2005 (figure suivante).

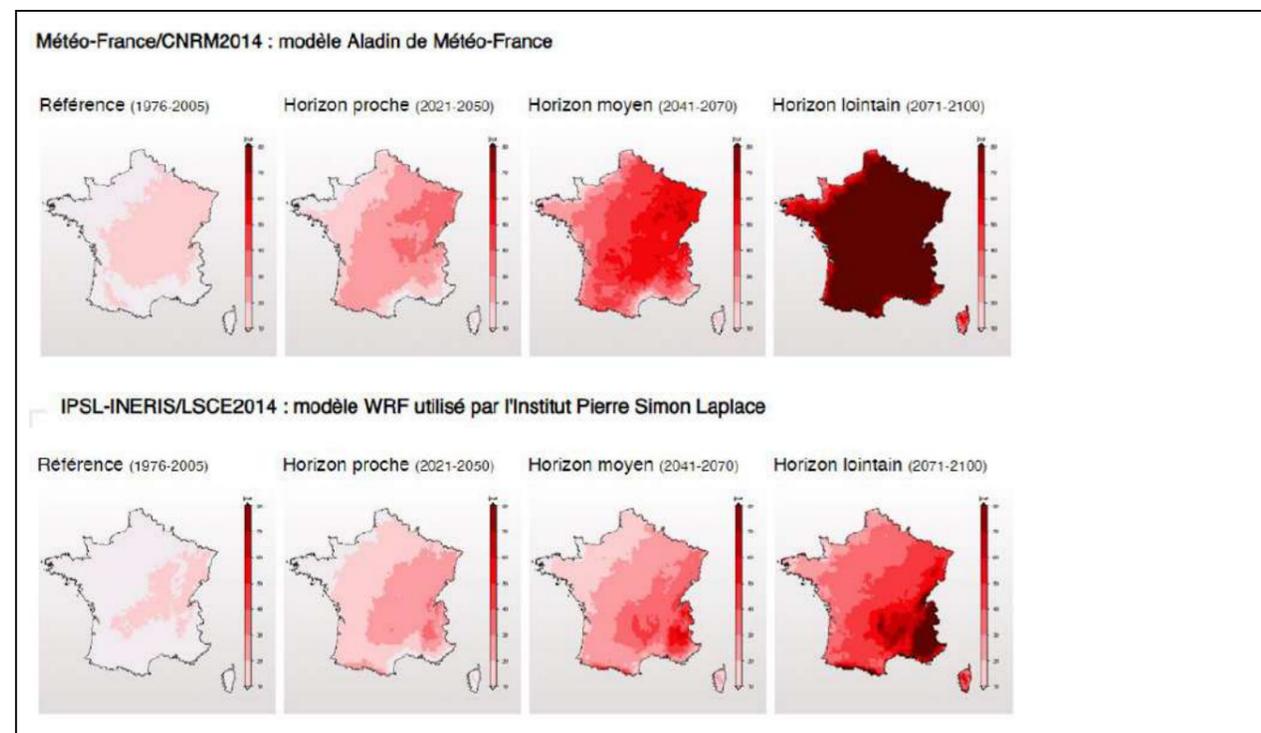


Figure 76 : Évolution du nombre de jours de vagues de chaleur en France par an selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique) et les modèles Aladin de Météo-France (en haut) et WRF de l'IPSL (en bas) ; échelle graduée de 10 à 80 jours (source : <http://www.drias-climat.fr>)

Au-delà de l'exposition aux épisodes de canicule, les aménagements urbains actuels favorisent le phénomène d'îlots de chaleur dans les zones urbaines et périurbaines, augmentant de ce fait la sensibilité des populations aux canicules.

La vulnérabilité actuelle de la population est forte. Cela s'explique par différents facteurs :

- Démographique : les personnes âgées étant les plus vulnérables
- Sociale : les personnes fragilisées sur le plan économique ou social (isolement, etc.) sont particulièrement sensibles
- Économique : la canicule a également un impact sur le rythme de vie et la santé au travail
- Culturel : la faible culture du risque « chaleur » (sauf régions du sud de la France)
- Organisationnel : l'accessibilité aux soins et la performance opérationnelle du plan canicule constituent un facteur de vulnérabilité non négligeable

¹⁹ Rapport "Le climat de la France au 21e siècle" « Scénarios régionalisés édition 2014 » publié par le ministère de l'Écologie

Le retour d'expérience de la canicule d'août 2003 a révélé cette forte vulnérabilité, comme en témoigne l'importance de son coût humain.

En sus de l'augmentation significative de l'exposition de la région aux canicules, un scénario plausible de l'augmentation de leur fréquence pourrait accroître la fragilité des populations et mettre à mal les systèmes de gestion de crise.

La vulnérabilité future, déjà forte aujourd'hui, dépendra de plusieurs facteurs, c'est-à-dire la capacité à :

- Réduire la fragilité des populations âgées et/ou dépendantes, dont le nombre augmentera significativement (vieillesse de la population) dans un contexte de solidarité familiale incertain. Cette tendance lourde induit la nécessité d'augmenter l'offre d'aïdants, aussi bien à domicile qu'en établissement, afin de répondre aux besoins des futures personnes dépendantes et de réduire leur faiblesse future ;
- Réduire l'augmentation tendancielle des inégalités sociales (notamment pour la population âgée de 60 ans ou plus) constitue un facteur non négligeable, notamment en matière d'accès à un logement adapté et de dépenses pour l'accès aux soins ;
- Adapter le rythme de travail lors des périodes de fortes chaleurs ;
- Maintenir la robustesse du système d'alerte et de gestion de crise, dans un contexte d'augmentation de la fréquence de ces épisodes, via la mise en place d'un système préventif performant en amont des crises pour éviter l'engorgement des services d'urgence ;
- Apporter des réponses en matière d'aménagement (qui dépend de la prise en compte du changement climatique dans les aménagements : bâti, présence de la nature en ville, inégalités territoriales, etc.).

Les épisodes caniculaires peuvent être accompagnés de pics de pollutions à l'ozone, dont l'impact sur la santé humaine se traduit par une infection des muqueuses respiratoires et oculaires, notamment chez les personnes fragiles (enfants en bas âge et personnes âgées).

Des liens entre la concentration en ozone et la surmortalité ont été établis : sur la période 1996-2003 en agrégeant les résultats obtenus pour 9 villes françaises, l'association correspond à une hausse de 1,01 % du risque de mortalité pour une augmentation de 10 µg/m³ de la concentration en ozone. Cependant, sur la période de la canicule de 2003, les excès de mortalité attribués à la température ou à l'ozone sont très disparates selon les villes. De même, la contribution de l'ozone à cet excès varie très fortement, allant de moins de 3 % à Bordeaux, à plus de 85 % à Toulouse²⁰.

Ainsi, les résultats confirment l'impact non négligeable sur la santé publique de la concentration d'ozone en zone urbaine.

²⁰ Relation entre température, ozone et mortalité dans neuf villes françaises pendant la vague de chaleur de 2003 – Analyse commentée de l'article paru dans *Environ Health Perspect.* 2006 ; 114 :1344-47

La vulnérabilité actuelle aux pics de pollution à l'ozone peut donc être qualifiée d'élevée en fonction des zones géographiques.

L'augmentation des températures moyennes estivales, de la fréquence et de l'intensité des canicules pourrait entraîner une augmentation de la pollution à l'ozone. Cependant, les politiques menées en matière de qualité de l'air permettent d'ores et déjà de réduire les émissions de polluants.

Le vieillissement de la population et l'augmentation possible des populations allergiques pourraient entraîner une augmentation du nombre de personnes exposées à cette pollution. Quoi qu'il en soit, il demeure complexe de prévoir l'évolution de la pollution atmosphérique future, ne serait-ce qu'au regard des politiques menées aujourd'hui quant à l'amélioration de la qualité de l'air et l'atténuation du changement climatique.

10.4 IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES

Les allergies respiratoires concernent 1 Français sur 4²¹ et les allergies aux pollens concernent aujourd'hui 1 Français sur 6. Les habitants des zones urbaines y sont particulièrement sensibles.

Les chercheurs ont déjà pu observer des effets liés au réchauffement, tels qu'une augmentation de la période d'exposition aux pollens, liée à une pollinisation plus précoce pour certaines espèces, à un allongement de la période de pollinisation et à une modification de la répartition des végétaux sur le territoire. En outre, l'accentuation de la pollution atmosphérique stresse les plantes qui, en réaction, se mettent à produire davantage de pollens.

Les études épidémiologiques récentes laissent voir une augmentation de la fréquence de l'allergie pollinique, peut-être induite par la pollution atmosphérique. La pollinose se développerait par augmentation de l'agressivité des pollens sous l'influence des polluants atmosphériques. La pollution agit de plus en plus sur les voies respiratoires en les fragilisant et en les rendant plus réceptives aux pollens.

La pollution atmosphérique accroît les effets des pollens :

- Elle rend les pollens plus allergènes
- La sensibilité des individus aux pollens augmente lors des épisodes de pollution
- Elle peut contribuer à l'accroissement de la période de pollinisation

En Sud PACA, en 2019, la saison pollinique s'est étalée de janvier à septembre (figure ci-après).

²¹ Surveillance des pollens et des moisissures dans l'air ambiant – 2019 ; APSF/RNSA/AtmoFrance

Par exemple : l'apparition d'*Aedes albopictus* (le 'moustique tigre') sur le territoire métropolitain depuis 2004 (liée à la densification des transports) et implanté actuellement (01/01/2021) dans 64 départements sur les 96 départements métropolitains.

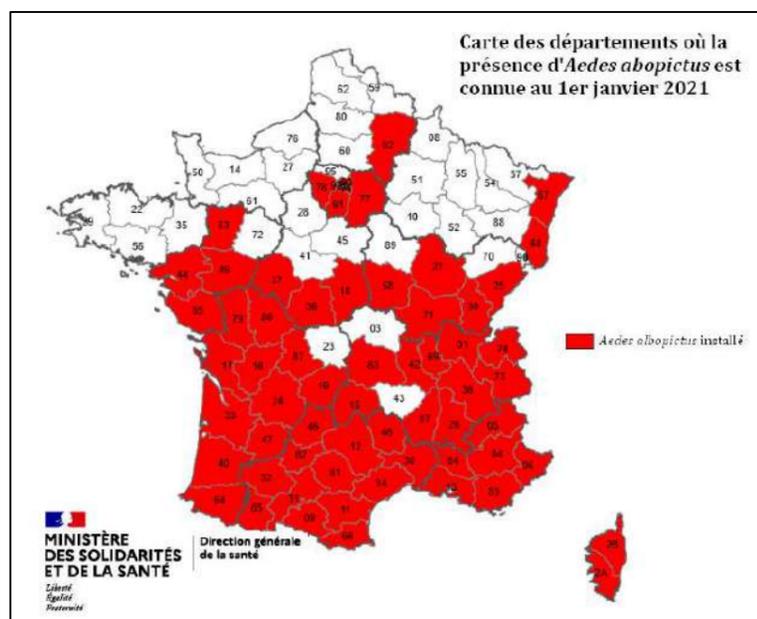


Figure 78 : Carte d'implantation du moustique tigre au 1^{er} janvier 2021 en France métropolitaine

Le moustique tigre est essentiellement urbain. Son caractère anthropophile (qui aime les lieux habités par l'Homme) explique que, une fois installé dans une commune ou un département, il est pratiquement impossible de s'en débarrasser.

L'implantation du moustique *Aedes albopictus* n'est pas homogène pour chaque département. Fin 2020, l'implantation du moustique tigre a été constatée et confirmée sur 3 419 communes de métropole.

Ce moustique est un vecteur de maladies comme la dengue, le chikungunya, le Zika.

Les premiers cas de contamination autochtone des maladies portées par ce moustique en métropole sont apparus en 2010. Plus récemment, un autre type de moustique, très répandu, le *Culex pipiens*, a transmis un autre type de virus : le virus du Nil occidental (West Nile Virus).

²⁴ <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine>

²⁵ <https://lejournal.cnrs.fr/articles/moustique-tigre-une-inquietante-invasion>

Le nombre de cas autochtones certains ou probables est plutôt en augmentation (35 en 2018 ; 19 en 2017 pour 4 en 2010)²⁴. Le changement climatique entre en jeu dans l'apparition des cas autochtones, et pas seulement pour des questions de température.

Ainsi, les onze cas autochtones de chikungunya de Montpellier seraient liés aux pluies exceptionnelles de 2014, qui ont provoqué la prolifération des insectes vecteurs de la maladie²⁵.

Aedes albopictus est apparu dans les Alpes-Maritimes en 2004 et est aujourd'hui installé et actif. (Il s'agit du premier département colonisé).

Au 1^{er} janvier 2021, plus de 40 % des communes du département sont colonisées et plus de 40 % de la population du département est exposée.

Année	Mois	Région	Département	Code dept.	Virus	Nb. Total de cas
2010	sept	PACA	Alpes-Maritimes	06	Dengue	2
2010	sept	PACA	Var	83	Chik.	2
2013	oct	PACA	Bouches-du-Rhône	13	Dengue	1
2014	août	PACA	Var	83	Dengue	1
2014	oct	PACA	Bouches-du-Rhône	13	Dengue	2
2014	sept	PACA	Var	83	Dengue	1
2014	oct	Occit.	Hérault	34	Chik.	12
2015	août	Occit.	Gard	30	Dengue	7
2017	août	PACA	Var	83	Chik.	17
2017	sept	PACA	Alpes-Maritimes	06	West-Nile	2
2018	juil	PACA	Alpes-Maritimes	06	West-Nile	22
2018	août	Occit.	Pyrénées orientales	66	West-Nile	1
2018	sept	PACA	Vaucluse	84	West-Nile	1
2018	août/sept	Corse	Corse du Sud	2A	West-Nile	2
2018	sept	PACA	Bouches-du-Rhône	13	West-Nile	1
2018	sept	Occit.	Gard	34	Dengue	1
2018	sept	Occit.	Hérault	34	Dengue	2
2018	oct	PACA	Alpes-Maritimes	06	Dengue 2	5

Figure 79 : Recensement des cas autochtones de maladies transmises par des vecteurs moustiques de 2010 à 2018

En 2019, en France métropolitaine, 674 cas importés de dengue, 57 cas importés de chikungunya et 6 cas de Zika ont été déclarés. 12 cas autochtones ont été déclarés, 9 cas de dengue (Rhône et Alpes-Maritimes) et 3 cas de Zika (Var)²⁶.

En 2020, au 27 novembre, ont été confirmés 834 cas importés de dengue (dont 64 % avaient séjourné en Martinique et 23 % en Guadeloupe), 6 cas importés de chikungunya et 1 cas importé de Zika. Plusieurs épisodes localisés de transmission autochtone de dengue ont été identifiés : 13 cas confirmés au total, dont 7 dans les Alpes-Maritimes, 1 dans le Gard ou l'Hérault, 1 dans le Gard, 3 dans le Var, 1 dans l'Hérault²⁷.

²⁶ <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/moustiques>

²⁷ <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/chikungunya/articles/donnees-en-france-metropolitaine/chikungunya-dengue-et-zika-donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-france-metropolitaine-en-2020>

La majorité des cas autochtones de maladies portées par ce moustique a été recensée sur le territoire de la région Sud PACA.

10.6 IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Le projet franco-italien CLIMAERA²⁸ (2017-2020) sur le territoire ALCOTRA (3 régions italiennes : Piémont, Ligurie, Vallée d'Aoste et 2 françaises : Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur) s'est intéressé à rechercher les meilleures solutions visant à améliorer la qualité de l'air tout en réduisant l'impact sur le changement climatique ainsi que les interactions entre le changement climatique et la pollution atmosphérique.

Les objectifs de ce projet sont les suivants :

- Évaluer la qualité de l'air entre plusieurs régions françaises et italiennes en tenant compte des changements climatiques
- Élaborer des préconisations pour diminuer les gaz à effet de serre et polluants, grâce à des scénarios d'émission à l'horizon 2030 et 2050 et à une hiérarchisation des mesures à prendre en compte. Ces modélisations pourront servir à anticiper des actions adaptées (renouvellement des équipements de chauffage et du parc automobile, développement des transports collectifs...)
- Mieux comprendre les freins du grand public face aux changements des comportements et définir les messages et outils les plus adaptés pour y répondre

Les partenaires du projet, face à la thématique du changement climatique, ont fait appel au CMCC (Centre euro-Méditerranéen sur le Changement Climatique) pour modéliser à l'échelle du territoire ALCOTRA, l'évolution des paramètres météorologiques entre 2013, 2030 et 2050. L'étude du CMCC a mis en évidence un réchauffement global de ces régions pouvant aller jusqu'à +2°C en considérant un scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre optimiste (RCP4.5). Les jours d'enneigement pourraient être réduits jusqu'à 25 jours par an dans le cas du scénario pessimiste sur l'ensemble de la zone alpine.

Ces jeux de données météorologiques ont ensuite permis de modéliser la qualité de l'air en considérant l'évolution des émissions de chaque région.

Il découle de ce projet que la qualité de l'air en 2030 et 2050 devrait s'améliorer par rapport à 2013 avec l'introduction et la mise sur le marché de technologies innovantes et moins polluantes, permettant de réduire d'année en année le bilan des émissions de chaque secteur d'activité.

- L'impact du changement climatique a été abordé en comparant deux scénarios d'années météorologiques différentes, mais avec les mêmes émissions atmosphériques 2030 (un scénario «

émissions 2030/météo 2013 » et un scénario « émissions 2030/météo 2030 »). La conclusion tirée est forte : la météorologie de 2030 aura pour effet d'augmenter sensiblement (jusqu'à +5 µg/m³ sur la moyenne annuelle) les concentrations de particules, notamment sur la région Auvergne-Rhône-Alpes et le Piémont. Ce constat est alarmant car une évolution des gaz à effet de serre "optimiste" (RCP4.5) a été prise en compte pour les scénarios météorologiques. En effet, la hausse des particules serait encore plus importante, si l'évolution des gaz à effet de serre s'avérait moins favorable.

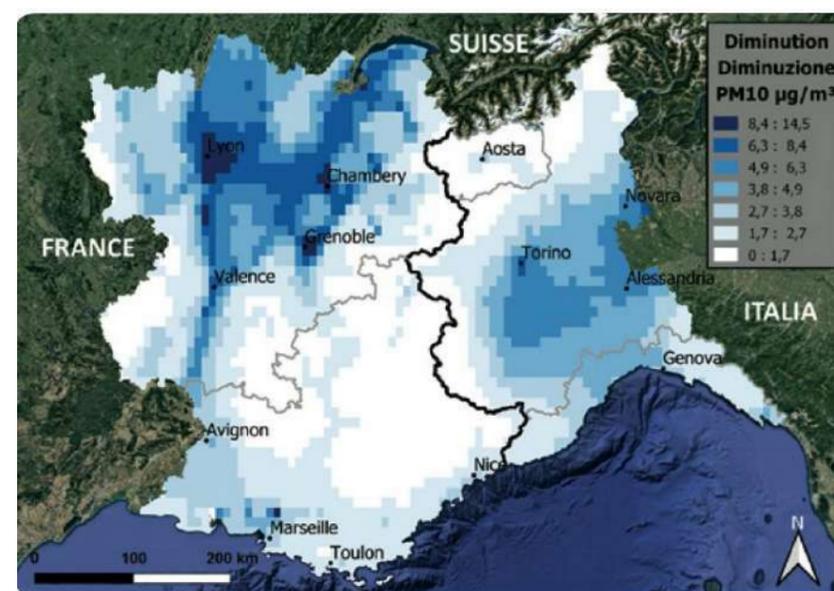


Figure 80 : Impact de la baisse des émissions anthropiques en 2030 sur les concentrations de PM10 par rapport à 2013 (scénario émissions 2030 - scénario émissions 2013) à météo 2013 constante (source : CLIMAERA)

²⁸ Interreg Alcotra ; CLIMAERA ; Rapport final. <https://www.climaera.eu/fr/resultats/rapports>

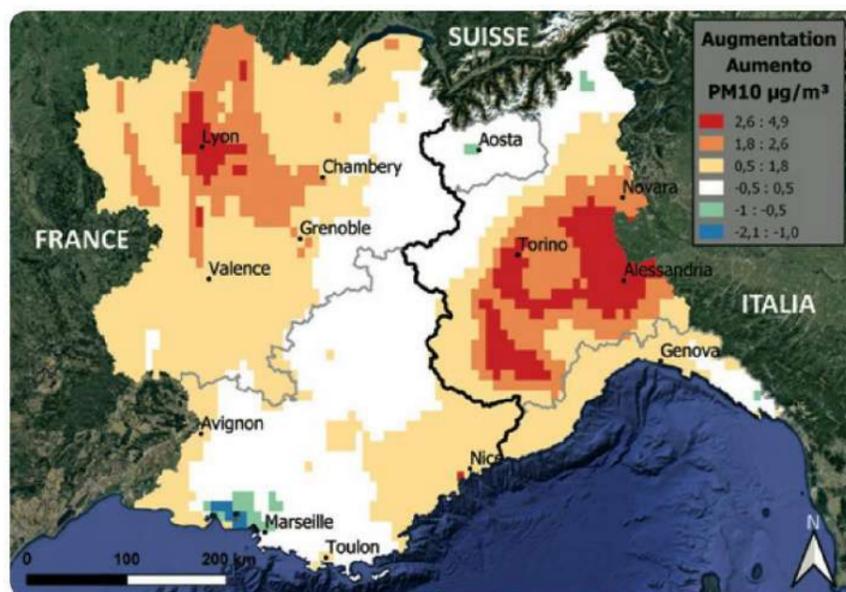


Figure 81 : Impact de la météo future 2030 sur les concentrations moyennes annuelles de PM10 par rapport à 2013 (scénario météo 2030 - scénario météo 2013) à émissions 2013 constantes (source : CLIMAERA)

Face à ces résultats, un outil capable de trouver des solutions pour contrebalancer l'impact du changement climatique a été testé. L'outil RIAT+, logiciel développé dans le cadre d'un projet européen antérieur (Programme LIFE), hiérarchise les mesures les plus efficaces pour réduire les concentrations annuelles de particules fines PM10, PM2,5 et/ou de dioxyde d'azote NO2. Il permet également de répondre aux attentes de collectivités et de décideurs. En effet, chaque action est associée à un coût en euro et à la réduction d'émissions de gaz à effet de serre. Il est possible de sélectionner les meilleures actions réduisant les émissions atmosphériques et de gaz à effet de serre et de visualiser le bénéfice sur la qualité de l'air en 2030.

Le chauffage au bois résidentiel et le trafic routier apparaissent en tant que les deux secteurs sur lesquels il convient d'agir pour améliorer au mieux la qualité de l'air dans la plupart des régions partenaires du projet.

11 EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA FAUNE, LA FLORE, LE SOL ET LES BATIMENTS

11.1 EFFETS SUR LES SOLS

La pollution de l'air a deux effets sur les sols :

- La contamination des sols avec des substances potentiellement toxiques (les métaux lourds, par exemple) ;
- L'acidification des sols.

La contamination du sol est due à la présence de polluants qui ont été dispersés, puis déposés sur le sol.

Plusieurs études mentionnent que les dépôts de métaux lourds se montrent plus importants à proximité de la route (5 à 25 m) et sont approximativement divisés par deux à 100 m de la voie. Ces résultats ont été confirmés par d'autres études portant sur la contamination des végétaux implantés près des voies de circulation. Les résultats signalent que la contamination en métaux lourds (plomb, cadmium et zinc) est plus importante à proximité de la route (de 0,5 à 10 m) et devient beaucoup plus faible à une distance de 20 m. (Ward, 1994 ; Ylaranta, 1994 ; Malbreil, 1997 ; Garcia & Milan, 1998).

Les principaux effets de l'acidification sur la flore sont dus au dépôt de substances acidifiantes comme, par exemple :

- Le dioxyde de soufre ;
- Les oxydes d'azote ;
- L'ammoniac.

Les effets de l'acidification varient géographiquement et dépendent d'une combinaison de deux facteurs : la quantité de dépôts (secs et humides) et la sensibilité naturelle du récepteur en question (sol et eau).

L'acidification réduit considérablement la fertilité des sols, en affectant essentiellement leur biologie, en décomposant les matières organiques et en provoquant la perte de substances nutritives. De plus, l'acidification des sols est un facteur déterminant de la libération de cations tels que le fer, l'aluminium, le calcium, le magnésium ou les métaux lourds (présents dans le sol en quantités significatives, mais de façon généralement très peu mobile). Cela a pour effet de réduire le pouvoir tampon des sols (par la décomposition des minéraux argileux) et, partant, de modifier leur capacité à neutraliser l'acidité.

Ce phénomène intervient notamment sur les sols dotés d'un faible pouvoir tampon et constitue un problème grave, car irréversible.

Enfin, l'acidification des sols est étroitement liée à l'acidification de l'eau, qui peut affecter la vie aquatique, les eaux souterraines et l'approvisionnement en eau potable qui y est lié.

11.2 EFFETS SUR LA VEGETATION

La pollution atmosphérique gazeuse et particulaire affecte la végétation.

La pollution gazeuse pénètre dans les plantes par des orifices situés sur les feuilles, les stomates. La plante réagit en fermant ces stomates et en fabriquant des enzymes. L'absorption des polluants entraîne des perturbations au niveau d'un grand nombre de processus physiologiques cellulaires. La plante, pour faire face à ce stress extérieur, y remédie en mettant en place des processus de rétablissement. Si ces processus s'avèrent insuffisants pour réparer ou compenser les dysfonctionnements cellulaires, des dommages apparaissent sur la plante. À fortes doses, ces dommages peuvent être irréversibles et causer des mortalités cellulaires et l'apparition de nécroses foliaires.

La pollution particulaire se dépose sur les sols et est ensuite absorbée par les racines des plantes. Les polluants sous forme soluble sont les plus toxiques car ils sont assimilables par les plantes. Absorbés par les racines, ils peuvent ainsi s'accumuler dans la plante et contaminer la chaîne alimentaire.

Les possibilités d'accumulation des métaux dans les plantes varient en fonction de nombreux paramètres comme, par exemple les propriétés du sol (pH, composition), le type d'élément, le type d'espèce et le type d'organe considérés. Par ailleurs, l'observation de caractéristiques différentes de routes montre que la contamination des sols varie selon la géométrie de l'infrastructure (remblai, déblai) et les conditions climatiques locales.

Les polluants primaires sont peu phytotoxiques. Les effets sur les végétaux sont provoqués essentiellement par la transformation en polluants secondaires :

- Pluies acides ;
- Formation d'ozone beaucoup plus phytotoxique (périodes chaudes).

Les concentrations en polluants secondaires sont faibles en milieu urbain.

Ainsi, il y a peu d'effets sur la végétation.

En milieu interurbain, les polluants (principalement l'ozone, généré en milieu urbain) se répartissent sur de larges zones. Les concentrations, même à faible niveau, entraînent une réaction de défense des végétaux. Les exploitations agricoles et forestières en subissent directement les conséquences par une diminution de leur rendement.

Ozone (O₃)

L'ozone est un oxydant puissant, qui réagit directement avec les composés chimiques présents à la surface des cellules végétales (parois et membranes).

L'ozone peut entraîner des dégâts foliaires entraînant un vieillissement prématuré des feuilles, et donc une photosynthèse moins longtemps efficace, aboutissant à une diminution de la croissance et de la production des plantes. Cependant, l'impact sur le fonctionnement des plantes reste limité si juste une faible proportion de la surface des feuilles est endommagée.

L'ozone peut également avoir pour conséquence des perturbations du métabolisme sans dégâts apparents, mais qui conduisent à une diminution de la croissance ou de la productivité des cultures :

- Réduction de la photosynthèse
- Augmentation de la respiration : une partie des sucres élaborés par la photosynthèse est consommée par la respiration pour fournir l'énergie nécessaire à la réparation des tissus abîmés par l'ozone

Particules en suspension (PM)

Les effets des poussières sur les écosystèmes sont encore assez peu connus.

Cependant, il est possible de citer plusieurs effets directs des particules sur la végétation, c'est-à-dire :

- Blocage des échanges gazeux
- Dégradation ou abrasion de la cuticule
- Diminution de la photosynthèse
- Développement d'organismes pathogènes, comme les champignons

Cela peut engendrer du stress sur les plantes, se traduisant par exemple par la multiplication des feuillaisons des arbres.

Les cultures maraîchères, fruitières et fourragères sont les plus exposées et présentent plus de risque de transfert vers l'animal et l'Homme. Par ailleurs, les céréales sont relativement protégées par leur enveloppe.

La majorité des poussières ne présente qu'une contamination de surface qui peut être diminuée par le lavage des aliments. Néanmoins, les particules peuvent également avoir une action sur le milieu, notamment par l'eau et le sol. Ainsi, certains polluants, comme les métaux lourds, peuvent être assimilés par les racines des plantes et transmis aux parties comestibles.

Au niveau physiologique, les métaux lourds peuvent être divisés en deux groupes :

- Les éléments nécessaires au métabolisme, qui peuvent devenir toxiques en excès (Le zinc, par exemple)
- Les éléments non nécessaires (comme le plomb ou le cadmium) qui sont toxiques, même à de faibles concentrations

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote présente également des effets sur divers écosystèmes.

Chaque écosystème possède des caractéristiques propres (notamment le type de sol) qui déterminent la vulnérabilité de ce dernier aux apports d'azote.

Dans les écosystèmes pauvres en élément nutritifs, l'apport d'azote modifie la compétition entre les espèces, au détriment des espèces adaptées aux substrats pauvres. D'importants changements sont ainsi observés dans la composition des espèces lorsque le milieu se sature peu à peu d'azote.

On peut également noter la modification du rapport partie 'aérienne'/partie 'racinaire' des plantes.

Les surfaces de captation des eaux (racines) diminuent par rapport aux surfaces de transpiration (feuilles).

Cela entraîne une augmentation de la sensibilité à la sécheresse et au froid de la plante, avec par conséquent une réduction de la croissance de la plante (et par extension, une réduction de rendement s'il s'agit de végétaux agricoles).

Impact sur la végétation de la pollution atmosphérique liée au trafic routier du réseau d'étude

Dans la réglementation française, 2 polluants (en sus de l'ozone) ont un niveau critique mentionné pour la protection de la végétation.

Il s'agit des NOx avec un niveau critique à 30 µg/m³ (exprimé en équivalent NO₂) en moyenne annuelle et du SO₂ avec un niveau critique à 20 µg/m³ en moyenne annuelle et hivernale.

Les tableaux suivants synthétisent les résultats des modélisations pour l'ensemble des scénarios et horizons concernant les polluants visés.

Tableau 63 : Résultats des modélisations pour les oxydes d'azote – moyenne annuelle

NOx (µg/m ³) Moyenne annuelle en équivalent NO ₂	Niveau critique pour la protection de la végétation		
	2019 Situation actuelle	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	190,13	61,66	64,36
CENTILE 90	96,70	30,70	30,93
CENTILE 80	68,12	20,76	21,06
CENTILE 70	56,51	17,43	17,65
CENTILE 60	45,27	14,86	15,08
CENTILE 50	33,77	10,84	10,95
CENTILE 40	18,02	5,74	5,78
CENTILE 30	4,61	1,47	1,49
CENTILE 20	0,97	0,31	0,31
CENTILE 10	0,27	0,09	0,09
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	160,61	49,40	51,56
CENTILE 90	89,43	27,37	27,87
CENTILE 80	73,05	22,31	22,61
CENTILE 70	64,92	19,94	20,28
CENTILE 60	60,30	18,56	18,82
CENTILE 50	56,84	17,43	17,61
CENTILE 40	54,80	16,65	16,85
CENTILE 30	47,03	15,59	15,90
CENTILE 20	41,52	13,98	14,16
CENTILE 10	36,52	12,20	12,34
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

Niveau critique dépassé

Niveau critique respecté

Tableau 64 : Résultats des modélisations pour le dioxyde de soufre – moyenne annuelle

SO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Niveau critique pour la protection de la végétation		
	2019 Situation actuelle	2035 Sans projet	2035 Avec projet
ZONE ÉTUDE - MAX	1,57	1,59	1,61
CENTILE 90	0,81	0,80	0,80
CENTILE 80	0,57	0,55	0,55
CENTILE 70	0,47	0,46	0,46
CENTILE 60	0,39	0,39	0,39
CENTILE 50	0,28	0,28	0,28
CENTILE 40	0,15	0,15	0,15
CENTILE 30	0,04	0,04	0,04
CENTILE 20	0,01	0,01	0,01
CENTILE 10	0,00	0,00	0,00
Concentrations relevées sur le périmètre Projet			
Max Projet	1,35	1,28	1,30
CENTILE 90	0,74	0,71	0,70
CENTILE 80	0,61	0,59	0,59
CENTILE 70	0,54	0,53	0,53
CENTILE 60	0,50	0,49	0,49
CENTILE 50	0,47	0,46	0,46
CENTILE 40	0,45	0,44	0,44
CENTILE 30	0,40	0,40	0,41
CENTILE 20	0,35	0,36	0,36
CENTILE 10	0,31	0,31	0,31
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis dans l'étude trafic.</i>		

Niveau critique dépassé

Niveau critique respecté

Regardant le dioxyde de soufre, quels que soient l'horizon et scénario, le niveau critique pour la protection de la végétation est respecté sur l'intégralité de la grille de calcul (et a fortiori sur le périmètre projet), en ne considérant que les émissions des voies dont les trafics ont été fournis.

Pour les NOx, les teneurs dépassent le niveau critique pour la protection de la végétation entre le centile 40 et le centile 50 des concentrations calculées sur la zone d'étude -en situation actuelle - et entre le centile 80 et le centile 90 à l'horizon futur, avec et sans projet. L'intégralité du périmètre projet est concernée par un dépassement du seuil critique en NOx pour la protection de la végétation en situation actuelle.

En revanche, à l'horizon futur 2035, le dépassement de ce seuil concerne uniquement moins de 10 % des concentrations calculées sur le périmètre projet.

11.3 EFFETS SUR LA FAUNE

Les animaux, ou la faune, ne sont pas immunisés contre l'effet de la pollution atmosphérique. Les polluants inquiétants incluent les pluies acides, les métaux lourds, les polluants organiques persistants (POP) et d'autres substances toxiques.

Pour mieux comprendre cet effet, il faut garder à l'esprit que les animaux sont rangés dans une grande variété d'espèces, comme les insectes, les vers, les mollusques, les poissons, les oiseaux et les mammifères, dont chacune interagit différemment avec son milieu. Par conséquent, l'exposition et la vulnérabilité de chaque animal aux effets de la pollution atmosphérique peuvent aussi être différentes.

La pollution atmosphérique peut être préjudiciable à la faune de deux principales façons.

Elle :

- Détériorer la qualité de l'environnement ou de l'habitat où les animaux vivent ;
- Diminuer la disponibilité et la qualité de l'approvisionnement alimentaire.

Effets de la pollution atmosphérique sur la qualité de l'habitat

Les animaux vivent sur et dans le sol, aussi bien que dans l'eau. Ils doivent aussi respirer de l'air en utilisant des poumons, des ouïes ou une autre forme d'échange gazeux, comme la diffusion passive à travers la surface de la peau. Toutes ces conditions influent sur la vulnérabilité d'un animal aux effets de la pollution atmosphérique.

Les pluies acides peuvent modifier la composition chimique et la qualité du sol et de l'eau. Par exemple, les plans d'eau peuvent devenir trop acides pour que certains animaux puissent y survivre ou avoir des fonctions physiologiques normales. Les pluies acides peuvent accroître la lixiviation des métaux lourds présents dans le sol (exemple : l'aluminium) et aussi dans les habitats aquatiques, ce qui augmente la disponibilité dans la colonne d'eau des métaux lourds comme l'aluminium et le mercure, qui sont très toxiques pour de nombreux animaux, y compris les poissons.

Certains métaux lourds, comme le mercure, peuvent être transportés dans l'atmosphère très loin de leurs sources d'émission.

Bien qu'elles ne soient pas aussi bien connues, d'autres formes de pollution atmosphérique, comme le Smog, les particules et l'ozone troposphérique, détériorent la santé de la faune de la même façon que la santé humaine, et produisent des effets sur les poumons et le système cardiovasculaire.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'approvisionnement et la qualité alimentaires

Bon nombre de métaux lourds, substances toxiques, polluants organiques persistants (POP) et autres polluants atmosphériques sont nocifs pour la faune en entrant dans la chaîne trophique et en influant sur l'approvisionnement et la qualité alimentaires.

Une fois consommés, bon nombre de ces polluants s'accumulent et s'emmagasinent dans les tissus des animaux. Lorsque les animaux sont mangés par d'autres animaux de la chaîne trophique, ces polluants continuent de s'accumuler et d'accroître leur concentration. Ce processus est appelé la bioaccumulation. Les prédateurs du haut de la chaîne, comme les ours et les aigles entre autres, sont particulièrement vulnérables à la bioaccumulation de ces types de polluants atmosphériques.

Par exemple, le mercure est tellement préoccupant qu'il est recommandé de réduire la fréquence de consommation de certains types de poissons, en raison de la quantité de ce métal lourd qui peut se retrouver dans leur chair.

Les polluants atmosphériques peuvent être toxiques pour les animaux en perturbant leur fonction endocrinienne, en endommageant leurs organes, en accroissant leur vulnérabilité au stress et à la maladie, en diminuant leur chance de reproduction et en causant éventuellement leur mort.

Les changements dans l'abondance d'une espèce causés par la pollution atmosphérique peuvent grandement influencer sur l'abondance et la santé des espèces dépendantes. Par exemple, la perte de certaines espèces de poissons due à l'augmentation des concentrations d'aluminium peut permettre aux populations d'insectes de s'accroître, ce qui peut être avantageux pour certains types de canards qui se nourrissent d'insectes, mais cette perte peut être préjudiciable aux aigles, aux balbuzards pêcheurs et à bon nombre d'autres animaux qui comptent sur le poisson pour s'alimenter.

Il apparaît extrêmement complexe de bien comprendre et déterminer dans quelle mesure et de quelle façon ces changements toucheront d'autres espèces de l'écosystème.

En bref

La pollution de l'air affecte également la faune : déclin de certaines populations pollinisatrices, difficultés de certaines espèces à se reproduire ou à se nourrir.

Elle modifie la physiologie des organismes, l'anatomie et les caractéristiques du biotope et des populations.

11.4 EFFETS SUR LES BATIMENTS

Depuis plus de deux siècles, le grand développement des industries, des transports et du chauffage a entraîné d'importantes émissions dans l'atmosphère de composés soufrés, azotés et carbonés. Ces composés sont soit gazeux (SO₂, NO_x, CO, CO₂ ...), soit particuliers (cendres volantes et suies). Soumis au fil des ans à leur action, les matériaux des façades, essentiellement la pierre, le ciment et le verre, se détériorent. (Source : Airparif).

L'observation d'un bâtiment ou d'une statue révèle l'ampleur de cette dégradation physique et esthétique attribuée au dépôt et à l'accrochage de poussières noirâtres. Ainsi, sur une même façade, coexistent des zones sombres et des zones claires. Les premières, abritées de la pluie, sont couvertes d'une fine pellicule de suies

associées à une faible quantité de sulfates et de carbonates. A l'inverse, les zones claires, frappées par la pluie ou parcourues par des ruissellements d'eau, offrent l'aspect d'un matériau nu, lavé ou même érodé : les particules déposées entre deux pluies ont été évacuées, ainsi que les sulfates et les carbonates qui auraient pu se former. Si les zones sombres sont anciennes et n'ont pas été nettoyées depuis quelques décennies, elles comportent non pas des pellicules fines mais des croûtes noires épaisses très sulfatées et contenant des cendres volantes. Ces croûtes épaisses se sont formées à une époque où la pollution par le dioxyde de soufre était importante.

La répartition de ces zones sombres et claires sur une même façade répond à une logique simple : les parties hautes du bâtiment, plus fréquemment atteintes par la pluie, comportent une majorité de zones claires, tandis que ses parties basses, soumises plus directement aux émissions du trafic automobile, comportent une majorité de zones sombres. Vers la base des murs, le jeu croisé de la pollution atmosphérique, de la pluie, des remontées à partir du sol d'eau chargée de sels, et la plus ou moins grande fragilité de la pierre liée à sa composition et à sa porosité, amène la formation d'un puzzle de petites taches noires, grises et blanches dues au détachement périodique de petites écailles aux contours sinueux.

La surface de tous les matériaux peut se couvrir de suies noires : pierre, plâtre, ciment, béton, verre, vitrail, brique, céramique, bois, plastique, métaux... mais seuls ceux qui comportent des carbonates peuvent se sulfater en profondeur car le SO₂ les transforme facilement : c'est le cas des calcaires et des grès calcaireux.

Le verre des fenêtres et des façades de beaucoup de grands immeubles contemporains est chimiquement stable du fait de sa composition (silicium, calcium et sodium) : la pluie, même acide, l'altère très peu en profondeur. En revanche, sur les zones qu'elle lave, elle laisse des traces blanchâtres ou grisâtres qui le rendent flou ; sur les zones qu'elle n'atteint pas, des dépôts de suies noires se développeraient rapidement si des nettoyages réguliers ne les empêchaient de se former.

Le cas des vitraux anciens est plus préoccupant : de composition différente de celle des vitres modernes (silicium, calcium et potassium), ils sont facilement attaqués chimiquement par la pluie, jusqu'à être profondément corrodés, voire troués. Dans les zones situées à l'abri de la pluie, des dépôts de suies noires se forment et demeurent en place, car on ne nettoie pas régulièrement les vitraux, sauf lors de grandes campagnes de restauration, rares et très coûteuses.

12 MESURES D'ÉVITEMENT, DE RÉDUCTION ET DE COMPENSATION DES IMPACTS

Au niveau du secteur tertiaire, la construction de bâtiments économes en énergie permet de minimiser les émissions par une moindre consommation. En outre, les modes de chauffage et de production d'eau chaude fonctionnant sans combustion permettent de réduire considérablement les émissions atmosphériques locales.

La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Cependant, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, la généralisation de la norme Euro 6 (voire 7) associée au renouvellement du parc roulant vont permettre une diminution des émissions, et donc une amélioration de la qualité de l'air.

Concernant les horizons à long terme (postérieurs à 2030), il est plausible d'envisager que les émissions de polluants atmosphériques liées au transport routier puissent baisser de manière encore plus importante en fonction de plusieurs leviers tels que :

- L'évolution de la législation sur les transports : par exemple la Loi Mobilités, qui prévoit l'interdiction des ventes de véhicules à énergies fossiles carbonée à l'horizon 2040 (sachant qu'en 2018 ces derniers représentent encore 93 % des ventes²⁹ de véhicules neufs) ou encore le développement des zones environnementales type ZFE (Zones à Faibles Émissions) imposant des restrictions de circulation pour certains véhicules ;
- L'innovation sur de nouveaux modes de transport : de nombreux projets ou déploiements de technologies déjà existantes voient le jour, que ce soit pour le transport individuel ou collectif, afin de renouveler et révolutionner les mobilités dans le futur.

Il est possible de citer :

- Le déploiement des véhicules électriques à batteries ou à pile à combustibles (hydrogène) et les projets de logistique du dernier kilomètre avec le projet ESPRIT (quadricycles électriques en auto-partage emboîtables et attelables pour former des trains routiers) ;
- Les trains à sustentation magnétique tels que le Transrapid de Shanghai, le Linimo au Japon déjà en circulation ;
- Les capsules taxi autonomes à sustentation magnétique telles que le projet SkyTran ;
- Des capsules suspendues sur rails à propulsion humaine (par pédales) telles que le projet Shweeb ;
- Les « vactrain » tel que Hyperloop ou Transpod fonctionnant sur coussin d'air dans des tubes sous pression réduite : de nombreux projets ont été imaginés en France. Des projets similaires existent également pour le transport de marchandises en souterrain ;
- Les téléphériques urbains à vocation de transport en commun et non juste de desserte de sites touristiques, tels que Métrocable à Medellín, le téléphérique de Brest (800 000 personnes par an) déjà en fonctionnement. Plusieurs projets sont à l'étude en France, notamment en région parisienne. Le projet de l'agglomération grenobloise a été validé le 20 février 2020 et verra le jour

²⁹ <http://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/venteParTypeEnergie>

en 2023. Ce téléphérique urbain reliera les communes de Fontaine et de Saint-Martin-le-Vinoux en survolant la rivière du Drac et l'autoroute A80 ;

- Le développement des transports individuels en free-floating (vélos, trottinettes) ;
- Concernant le transport maritime, des projets de bateaux au GPL et force des vents (coque ou voile gigantesque) ou encore solaires voient le jour tels que Vindskip, Efuture 13000C, Skysails ;
- Le transport aérien voit des projets d'avions modulables avec Clip-Air ou d'avion solaire (Solar Impulse), des projets reprenant le principe du dirigeable tels que SolarShip, Aeros ;
- Les projets d'hoverboard (skate en lévitation) utilisant le principe de supraconductivité tels que Magsurf ou Slide.

▪ L'évolution des pratiques personnelles de transport :

- Déploiement des véhicules gyroscopiques roulant électriques monoplace (gyropode, gyroroue, gyroskate) ;
- Augmentation de la part modale du vélo (électrique ou non) en zone urbaine, la part modale augmentant de l'ordre de 10 % à 35 % par an dans les grandes villes françaises (source : ADEME) ;
- L'utilisation importante du free-floating.

À l'égard de l'ensemble de ces projets, déjà en service ou en développement, visant la réduction du transport routier individuel, il est vraisemblable que dans le futur long terme, la mobilité telle que nous la connaissons aujourd'hui soit révolutionnée et que les émissions polluantes liées à la combustion des véhicules thermiques diminuent fortement et plus rapidement que dans les perspectives actuelles.

En tout état de cause, plusieurs types de mesures peuvent être mis en place afin de minimiser l'exposition des populations à la pollution atmosphérique.

12.1 MESURES D'ÉVITEMENT

Concernant la qualité de l'air, l'évitement est le premier levier dont disposent les élus et les décideurs.

Cela consiste à ne pas exposer de nouvelles personnes dans les zones où la qualité de l'air est déjà dégradée ou à proximité immédiate d'une source d'émission, ou de ne pas construire de nouveaux équipements, sources d'émission de polluants, à proximité immédiate de zones habitées ou sensibles.

12.2 MESURES DE RÉDUCTION

Lorsque les mesures d'évitement ne peuvent être mises en place, il est alors nécessaire de faire appel à des mesures de réduction afin de limiter au maximum les situations à risque pour les populations.

▪ Éloignement

L'éloignement consiste à installer les populations à distance des sources d'émissions, et particulièrement les populations sensibles pour réduire autant que possible leur exposition aux polluants atmosphériques.

Les sources routières doivent faire l'objet d'une attention particulière, car elles représentent une part importante des émissions de polluants (en moyenne en France, plus de 55 % pour le dioxyde d'azote et entre 15 et 20 % pour les PM10 et PM2,5).

Les mesures d'éloignement vis-à-vis des sources routières peuvent être mises en œuvre en imposant, par exemple, un retrait des constructions par rapport à la voie. Un foncier suffisant est alors nécessaire, mais le gain attendu, en termes d'exposition des personnes, peut rapidement se montrer important.

▪ Adaptation de la morphologie urbaine

Lorsque les mesures d'éloignement ne peuvent être mises en place de manière satisfaisante (espace urbain trop contraint, peu de disponibilité foncière, etc.), il est possible d'agir sur la morphologie urbaine, l'objectif étant de modifier les conditions d'écoulement des masses d'air afin de, soit :

- Favoriser la dispersion des polluants et éviter l'accumulation de polluants, responsable de l'augmentation des concentrations ;
- Limiter la dispersion (utilisation d'obstacles), afin que les zones à enjeux ou sensibles soient protégées des sources d'émission.

▪ Mesures constructives sur les bâtiments et gestion du bâtiment au quotidien

Le recours aux mesures constructives peut être systématique, mais doit plutôt s'envisager comme intervenant en complément des autres mesures, ou lorsque celles-ci ne sont pas suffisantes pour réduire l'exposition à la pollution des populations ou encore impossibles à mettre en place.

Elles visent essentiellement à limiter les transferts de polluants de l'extérieur vers l'intérieur.

Pour limiter la pénétration de la pollution provenant de l'extérieur, plusieurs recommandations peuvent être faites sur :

- Le positionnement et l'implantation des ouvrants : dans la mesure du possible, il faut privilégier le positionnement des pièces de vie, comportant des ouvertures généralement plus larges sur cour, et les pièces de service (buanderie, salle de bain) sur la façade côté voirie. Dans la pratique, ces recommandations sont complexes à mettre en œuvre, car elles peuvent aller à l'encontre de la RT2012 qui impose de concevoir des bâtiments bioclimatiques, privilégiant les apports solaires.
- Le positionnement des bouches de prise d'air neuf : les règles de l'art applicables aux installations de ventilation mécanique contrôlée du secteur résidentiel sont exposées dans le document technique unifié NF-DTU 68.3 qui fournit l'ensemble des règles de conception et de dimensionnement du système, ainsi que les prescriptions de mise en œuvre et d'exécution de l'installation. De manière générale, on privilégiera le positionnement des bouches de prise d'air neuf sur le côté le moins exposé du bâtiment, loin des bouches d'air vicié, de parkings ou de garages ou d'une cheminée.

- La ventilation : mise en place d'une VMC (ventilation mécanique contrôlée) double flux comprenant une filtration de l'air entrant. Deux types de filtres sont généralement installés : un filtre gravimétrique, retenant les pollens et un filtre retenant les poussières fines (taux d'abattement allant jusqu'à 30 % selon les filtres). Ces filtres doivent être changés très régulièrement pour maintenir l'efficacité du système, 1 fois par an pour les pollens (après la saison pollinique) et 1 à 2 fois par an pour les particules fines. Cependant, en fonction de la performance des filtres et de la localisation géographique (à proximité immédiate de routes très circulées), ces derniers peuvent vite s'encrasser et doivent être changés à une fréquence plus élevée (tous les 2 à 3 mois). Au-delà du changement de filtre, une VMC double flux demande un entretien régulier pour éviter qu'elle ne s'encrasse et qu'elle ne perde en efficacité (nettoyage des bouches d'extraction, dépoussiérage des bouches de soufflage tous les trois mois, et entretien complet tous les trois ans par un professionnel). Les systèmes VMC double flux sont intrinsèquement très efficaces. Cependant la qualité des installations est encore trop souvent négligée et le changement des filtres peut s'avérer délicat, voire impossible. La mise en œuvre de ces systèmes doit donc être anticipée dès la conception des bâtiments, pour permettre leur entretien.

12.3 AMENAGEMENTS DU TERRITOIRE

Les aménagements du territoire agissent non pas sur les émissions mais sur l'exposition des populations. Les activités polluantes mais également les aménagements générant un trafic important (centres commerciaux, pôles tertiaires, centres de loisirs...) seront installés de préférence loin des populations et des équipements accueillant un public vulnérable.

À l'échelle de l'aménagement, plusieurs paramètres ont une influence sur l'exposition des populations et sur la dispersion des polluants :

- La présence d'obstacles verticaux obstrue les flux d'air, mais peut aussi être mise à profit via des bâtiments « masques », par exemple, pour protéger des espaces vulnérables et/ou sensibles de voies au trafic soutenu ;
- La présence d'obstacles horizontaux influence fortement la vitesse du vent en fonction des inégalités de hauteur de la canopée urbaine.
- Les configurations « en canyon » bloquent le flux d'air et limitent la ventilation ;
- La complexité des rues et leur obstruction (rapport entre l'écartement des immeubles et leur hauteur) sont des facteurs aggravants.

Les espaces ouverts (Nature en ville, parcs, jardins, voire espaces agricoles et naturels) constituent des espaces permettant la circulation de l'air et la dispersion des polluants contrairement à des bâtiments accolés les uns aux autres.

³⁰ <http://www.vegetation-en-ville.org/> (site du RNSA)

Ils peuvent aussi représenter un potentiel de fixation des polluants atmosphériques. L'impact sur la fixation ou la dispersion des polluants diffère selon les types de végétalisation et selon les espèces végétales et sont à considérer dans le choix des espèces :

- Les toitures végétales captent les particules fines.
- Les parcs et forêts urbains contribuent à la réduction des particules en suspension et autres polluants (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote...) ; selon les travaux conduits au sein du Laboratoire Image-Ville-Environnement de l'Université de Strasbourg, la végétation permet une réduction des niveaux de concentrations de l'ordre de 0,4% pour le NO₂ et de 1% pour les PM₁₀.
- La végétation en bordure de route capte une partie des émissions liées à la circulation routière.
- Les alignements d'arbres ont une capacité de captation mais limitent la ventilation des rues et la dispersion des polluants (notamment dans les rues « canyons » et/ou si le ratio entre le volume des arbres et le volume total de la rue est trop élevé).
- En revanche, certaines espèces sont émettrices de polluants (composés organiques volatils) ou allergisantes, cela est à prendre en considération dans le choix des espèces (le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) fournit un guide de la végétation en ville afin de planter en se prévenant des risques allergiques et permettre une reconnaissance des espèces allergisantes³⁰).

12.4 LUTTE CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Avec le réchauffement climatique, les vagues de chaleur devraient s'intensifier significativement en Europe dans les décennies à venir. Pour contrecarrer le phénomène des îlots de chaleur urbains, plusieurs solutions sont envisagées : de l'aménagement des espaces verts à l'arrosage des chaussées, en passant par la mise en œuvre de revêtements adaptés.

En effet, augmenter la couverture végétale au sol permet de rafraîchir plus efficacement les rues. Cet effet de rafraîchissement est d'autant plus efficace si la surface végétalisée est importante et si la proportion d'arbres est élevée. Selon les stratégies, on peut obtenir une baisse de 0,5°C à 2°C, et la combinaison de végétation maximale permet d'atteindre jusqu'à -3°C localement³¹.

Des solutions alternatives telles l'emploi d'enrobés rafraîchissants sont en cours d'étude.

12.5 MESURES DE REDUCTION INTEGREES A LA PROGRAMMATION DU PROJET

- Approche Quartier Durable Méditerranéen niveau Argent, voire Or, certification HQE Aménagement et inscription des opérations dans une certification BDM a minima Bronze ou BREEAM Very Good > 55% ou LEED Argent ou NF habitat HQE 6 étoiles en fonction de la typologie et de l'usage.

³¹ *Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville*, C. De Munck, 2013.

- Intégration des outils de l'EPA pour suivre, concurrencer et communiquer sur le projet à travers le référentiel et le label ECOQUARTIER notamment.
- Matériaux recyclés pour les terrassements, fonds de forme, enrobés, revêtements et réseaux : béton de granulats locaux pour les espaces piétons, pierres naturelles et régionales pour les lieux qualitatifs, bois pour les assises, les terrasses et 75% des types de mobiliers urbains seront avec des matériaux recyclés.
- Équilibre déblais/remblais visé en utilisant un procédé par liant hydraulique écologique pour traiter le sol sur place afin de le réutiliser.
- Éléments préfabriqués : caniveaux, bordures, regards, chambre de tirage, ouvrage de stockage d'eau.
- Construire en bas carbone (béton bas carbone) et bois (PEFC, FSC, bois des alpes) en anticipant la future RE2020 en imposant un pourcentage de construction avec le niveau C2 dans chaque secteur.
- Voiries : proposer les dernières technologies : asphalte basse température ou enrobé à froid avec liant végétal, système intégré pour faciliter l'entretien de la voie, et route dépolluante et auto-réparatrice.
- Cheminements vélos, piétons : des chaussées avec des matériaux peu énergivores.
- Réemployer au maximum, en complément d'un diagnostic classique déchets, avec un diagnostic réemploi sur site ou ailleurs en relation avec les associations régionales actives sur le sujet.
- Qualité de l'air intérieur : choix de matériaux sains à l'intérieur des logements par des préconisations dans le CPAUEP et travail sur les sites d'émission, et prises d'air sur les espaces extérieurs pour favoriser la qualité de l'air intérieur (choix de la ventilation des constructions).
- Réduire les besoins des constructions et viser un quartier à énergie positive :
 - Analyse de l'ensoleillement du projet pour optimiser les apports passifs.
 - Réduire les besoins en imposant des niveaux d'enveloppe bâti très performants (isolation et étanchéité à l'air) et des systèmes techniques économes pour atteindre un niveau a minima E2 et E3 pour les bâtiments publics et un Bbio -30% sur la base du calcul réglementaire et STD. Imposer les tests d'étanchéité à l'air sur les réseaux et les bâtiments dès le clos couverts.
 - Proposer un mix énergétique centralisé chaud et froid, 80% EnR&R avec gestion intelligente pour l'effacement de la pointe, soit un mix bois/solaire et/ou un mix géothermie, PAC sur eaux usées, thalassothermie / production solaire photovoltaïque avec imposition / micro-stockage d'énergies (cf. note en annexe spécifique) et respect du guide SMART GRIDS niveau 2 et 3.
 - Fixer à l'échelle d'îlot des kWh produits en ENR/m² construits et ne pas dépasser 5kgeqCO₂/an.m² de plancher.
- Favoriser la mixité fonctionnelle, la 'ville des Petits Pas' avec un maillage fin et un accès facile aux TC à pied.
- Aménagement où les modes doux sont intégrés et favorisés : hiérarchisation des voies, vitesse modérée, partage des espaces, signalisation dynamique.
- Voies dédiées aux modes doux.
- Proposer un aménagement où les modes actifs sont intégrés et favorisés : vitesse modérée, partage des espaces, signalisation dynamique.
- Stationnements vélos (point important à proximité des services, des équipements publics et commerces) avec dispositif prenant en compte le développement du vélo électrique et implantation du vélo bleu.
- Recharge électrique sur l'espace public.
- Stations auto-partage, covoiturage, mutualisation parking, création de parkings silos.
- Stationnement des vélos pour les constructions tertiaires et logements.

13 CONCLUSION DE L'ANALYSE DES IMPACTS

Ce chapitre a traité l'analyse des impacts du volet Air & Santé concernant le projet de création de la ZAC « Parc Méridia », sur le territoire de la ville de NICE.

L'analyse des impacts a été menée en prenant pour cadre la **Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019** relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et en l'adaptant au contexte d'aménagement urbain.

14 établissements vulnérables existants en l'état actuel (crèches, écoles, Ehpad) sont recensés dans la zone d'étude définie pour l'analyse des impacts.

Par ailleurs, le projet inclut la création de 2 crèches, 2 groupes scolaires et un centre de soins incluant une extension.

Le projet d'aménagement va générer des émissions atmosphériques lors des phases :

- Chantier
- Exploitation

Des mesures à la fois techniques et organisationnelles sont disponibles en vue de réduire au maximum les nuisances liées au chantier.

Les émissions polluantes liées aux bâtis devraient être restreintes si la norme RT 2012 (suivie dès que possible par la réglementation environnementale des bâtiments neufs RE 2020) est appliquée.

Également, le projet s'inscrit dans une démarche de certification environnementale : Approche Quartiers Durables Méditerranéen niveau Argent, voire Or, certification HQE Aménagement et inscription des opérations dans une certification BDM a minima Bronze ou BREEAM Very Good > 55% ou LEED Argent ou NF habitat HQE 6 étoiles en fonction de la typologie et de l'usage ; Intégration des outils de l'EPA pour suivre, challenger et communiquer sur le projet à travers le référentiel et le label ECOQUARTIER. A noter que le mix énergétique comprendra 80 % d'énergies renouvelables et de récupération.

Les impacts du bâti seront de ce fait minimes, comparé aux autres sources d'émissions déjà présentes, en particulier la circulation automobile.

Le projet va induire un léger trafic supplémentaire. Toutefois, les modélisations laissent observer que d'une part, en dépit de cette augmentation, l'impact du trafic automobile lié au projet sur la qualité de l'air et la santé des populations de la zone d'étude est négligeable et, d'autre part, que l'influence du trafic routier sur ces paramètres est moins importante à l'horizon futur 2035 qu'en situation actuelle, à corréliser avec le renouvellement du parc automobile et les améliorations technologiques.

Selon les modélisations réalisées, le périmètre projet est faiblement impacté par les émissions de particules liées au passage des tramways.

A l'horizon futur 2035, L'évaluation quantitative des risques sanitaires n'a pas mis en évidence de risques sanitaires significatifs pour les teneurs, les scénarios, les scénarios et durées d'exposition considérés, avec ou sans projet.

Ainsi, aucun impact sanitaire significatif lié à la réalisation du projet n'est remarqué au droit des établissements vulnérables existants et des résidents actuels et futurs de la zone d'étude, considérant les scénarios d'exposition construits.

En définitive, l'aménagement projeté de la ZAC « Parc Méridia » n'est pas de nature à exercer d'impact significatif, ni sur la qualité de l'air du secteur étudié ni sur la santé des populations environnantes et futures de cette opération.

Le tableau suivant synthétise les impacts du projet, comparativement à la situation dite actuelle.

THEMES	Avantages / Inconvénients
PHASE TRAVAUX	La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il est très complexe, au niveau actuel de l'étude, de chiffrer les émissions atmosphériques totales du chantier.
VEHICULES-KILOMETRES	D'après les hypothèses considérées, par rapport à la situation Fil de l'Eau, le projet induit une évolution des indices VK Tous Véhicules de +1,1 % à l'horizon 2035. Les VK augmentent à l'horizon futur par rapport à la situation actuelle.
CONSOMMATION DE CARBURANT	En lien avec la hausse des VK, par rapport à la situation Fil de l'Eau, le projet induit une évolution des consommations énergétiques de +0,3 % à l'horizon 2035. Par rapport à la situation actuelle, la consommation en carburant augmente à l'horizon futur.
ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	Par rapport à la situation Fil de l'Eau, le projet induit une évolution des émissions de polluants atmosphériques de +0,8 % à l'horizon 2035 (tous polluants confondus considérés). Les émissions de polluants diminuent à l'horizon futur par rapport à la situation actuelle pour la majorité des principaux polluants (notamment ceux émis à l'échappement), en lien avec le renouvellement du parc automobile et les améliorations technologiques des véhicules, et ce, malgré la hausse des VK. À noter que les émissions de polluants liées à l'abrasion diminuent quant à elles de manière moins importante, voire augmentent légèrement.

THEMES	Avantages / Inconvénients
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	<p>Par rapport à la situation au Fil de l'Eau, le projet induit une évolution des émissions de gaz à effet de serre de +0,3 % en 2035 sur le réseau d'étude.</p> <p>Par rapport à la situation actuelle, les émissions de GES à l'horizon futur augmentent en lien avec la hausse des consommations énergétiques liée à l'augmentation des VK, sur le réseau d'étude.</p>
CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	<p>D'après les hypothèses considérées, les concentrations maximales annuelles en polluants atmosphériques sur la zone d'étude (moyenne sur les polluants de la Note technique du 22 février 2019) évoluent pour la situation projetée par rapport à la situation Fil de l'Eau de +2,0 %. Par ailleurs, en comparaison avec la situation actuelle, les teneurs maximales sur la zone d'étude (moyenne sur les polluants de la Note technique du 22 février 2019) diminuent de l'ordre de 22 % à l'horizon futur 2035 avec et sans projet (diminution très importante des principaux polluants émis à l'échappement contrebalancée par une légère augmentation des polluants émis par l'abrasion et l'usure ainsi que du SO₂).</p> <p>Les concentrations maximales sont bien logiquement celles enregistrées au niveau de l'autoroute A8.</p> <p>Il faut garder à l'esprit que, au niveau du projet et des lieux vulnérables, les concentrations annuelles modélisées sont toutes inférieures aux seuils réglementaires à l'horizon futur avec et sans projet.</p>
EXPOSITION DU PROJET AUX EMISSIONS DE PARTICULES DU TRAMWAY	<p>Les émissions de particules liées au passage du tramway sont comparativement très faibles par rapport aux émissions de particules du transport routier sur la <u>zone d'étude</u>.</p> <p>Selon les modélisations réalisées, le <u>périmètre projet</u> est très faiblement impacté par les émissions de particules liées au passage des tramways. En effet, les concentrations calculées sont très faibles et négligeables au regard des concentrations générées par le transport routier</p>
EQRS	<p>En considérant les émissions des brins dont les trafics ont été fournis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'indice des risques non cancérigènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés. - L'indice des risques cancérigènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés à l'horizon futur. - L'indice des risques cancérigènes par inhalation est supérieur à la valeur en situation actuelle pour les scénarios d'exposition étudiés du fait des particules diesel. Pour mémoire, il a été pris pour hypothèse que l'ensemble des particules émises à l'échappement sont des particules diesel. Cette hypothèse est majorante : de fait, l'exposition aux particules diesel en situation actuelle est plus faible. - La réalisation du projet, par rapport au scénario Fil de l'Eau, n'engendre pas de variation significative des indices sanitaires. - Les indices calculés aux horizons futurs sont tous inférieurs à ceux en situation actuelle.
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	<p>Par rapport au scénario au Fil de l'Eau, la mise en place du projet entraîne des coûts sanitaires moins importants (-0,5 % en 2035) du fait de la diminution des VK PL, malgré l'augmentation des VK TV.</p> <p>Le coût sanitaire à l'horizon futur 2035 est inférieur à celui en situation actuelle 2019, en lien avec le renouvellement du parc automobile et les améliorations technologiques compensant la hausse des VK.</p>

THEMES	Avantages / Inconvénients
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	<p>Le coût des émissions de gaz à effet de serre augmente à l'horizon futur en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée et de la hausse des émissions.</p> <p>Par rapport au scénario au Fil de l'Eau, la mise en place du projet entraîne un coût lié aux émissions de GES légèrement plus important (+0,3 % en 2035).</p>

14 ANNEXES

14.1 ANNEXE 1 – GLOSSAIRE

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l’Air	ERP	Établissement Recevant du Public
ADEME	Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Énergie	ERU	Excès de risque Unitaire
AEE	Agence Européenne de l’Environnement	EQIS	Évaluation Quantitative de l’Impact Sanitaire
ALD	Affections Longues Durées	EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail	FET	Facteur d’équivalence Toxique
ARS	Agence Régionale de Santé	GES	Gaz à Effet de Serre
As	Arsenic	GIEC	Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	GPL	Gaz de pétrole liquéfié
Ba	Baryum	HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
B(a)P	Benzo(a)Pyrène	Hg	Mercur
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive	HPM	Heure de pointe du matin
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes	HPS	Heure de pointe du soir
CAA	Concentration Admissible dans l’Air	IAU-IdF	Institut d’Aménagement et d’Urbanisme de la région Ile de France
Cd	Cadmium	IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l’Aménagement et des Réseaux
CépiDc	Centre d’épidémiologie sur les causes médicales de Décès	IGN	Institut national de l’information géographique et forestière
CEREMA	Centre d’études et d’expertise sur les risques, l’environnement, la mobilité et l’aménagement	INERIS	Institut national de l’environnement industriel et des risques
CH₂O	Formaldéhyde	INRETS	Institut de recherche sur les transports
CH₄	Méthane	INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
C₂H₄O	Acétaldéhyde	INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
C₃H₄O	Acroléine	InVS	Institut de Veille Sanitaire
C₄H₆	1,3-Butadiène	IPP	Indice Pollution Population
C₆H₆	Benzène	IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer	IREP	Registre français des émissions polluantes
CITEPA	Centre Interprofessionnel technique d’Étude de la Pollution Atmosphérique	kep	kilo équivalent pétrole
CJUE	Cour de justice de l’Union européenne	LOM	Loi d’Orientation des Mobilités
CMI	Concentration Moyenne Inhalée	MRL	Minimum Risk Level
CO	Monoxyde de carbone	NH₃	Ammoniac
CO₂	Dioxyde de carbone	Ni	Nickel
COPERT	COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport	NO	Monoxyde d’azote
CORINAIR	CORe INventories AIR	NO₂	Dioxyde d’azote
COV	Composé Organique Volatil	NOx	Oxydes d’azote
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique	N₂O	Protoxyde d’azote
Cr	Chrome	O₃	Ozone
DREAL	Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement	OAP	Orientation d’Aménagement et de Programmation
DREES	Direction de la Recherche, des Études, de l’Évaluation et des Statistiques	OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
EFSA	European Food Safety Authority	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
EHPAD	Établissement d’Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes	ORS	Observatoire Régional de Santé
EICU	Effet d’Ilot de Chaleur Urbain	PADD	Projet d’Aménagement et de Développement Durable
EIS	Évaluation de l’Impact Sanitaire	Pb	Plomb
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale	PCET	Plan Climat Énergie Territorial
EPT	Établissement Public Territorial	PCAET	Plan Climat Air Énergie Territorial
ERI	Excès de Risque Individuel	PDU	Plan de Déplacements Urbains
		PIB	Produit intérieur brut
		PL	Poids Lourd
		PLD	Plan Local de Déplacement
		PLQA	Plans Locaux de Qualité de l’Air
		PLU	Plan Local d’Urbanisme
		PLUi	Plan Local d’Urbanisme intercommunal
		PM	Particulate Matter (particules fines en suspension)

PM10	Particules de taille inférieure à 10 µm
PM2,5	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
PM1,0	Particules de taille inférieure à 1,0 µm
PNSE	Plan National Santé Environnement
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PREPA	Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques
PRG	Pouvoir de Réchauffement Global
PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l'Air
PRSE	Plan Régional Santé Environnement
PRSQA	Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air
QD	Quotient de danger
REL	Risk Effect Level
RfC	Reference concentration
RIVM	[Pays-Bas] RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut national de la santé publique et de l'environnement)
RNSA	Réseau National de Surveillance Aérobiologique
SCoT	Schémas de Cohérence Territoriale
SECTEN	SECTeur émetteur et ENergie
SDRIF	Schéma directeur de la région Île-de-France
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
SO₂	Dioxyde de soufre
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires
SRCAE	Schéma Régional Climat, Air, Énergie
TCA	Tolerable concentration in air
TEPCV	Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte
TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
TSP	Poussières Totales (<i>Total Suspended Particulate matter</i>)
TV	Tous Véhicules
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UVP	Unité de Véhicule Particulier
VGAI	Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur
VK	Véhicules-Kilomètres
VL	Véhicule Léger
VMC	Ventilation mécanique contrôlée
VP	Véhicule Personnel
VUL	Véhicule Utilitaire Léger
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZCR	Zone à Circulation Restreinte
ZFE	Zones à faibles émissions
ZPA	Zone de Protection de l'Air
ZPAd	Zone de Protection de l'Air départementale

14.2 ANNEXE 2 – DONNEES TRAFICS CONSIDEREES DANS L'ETUDE

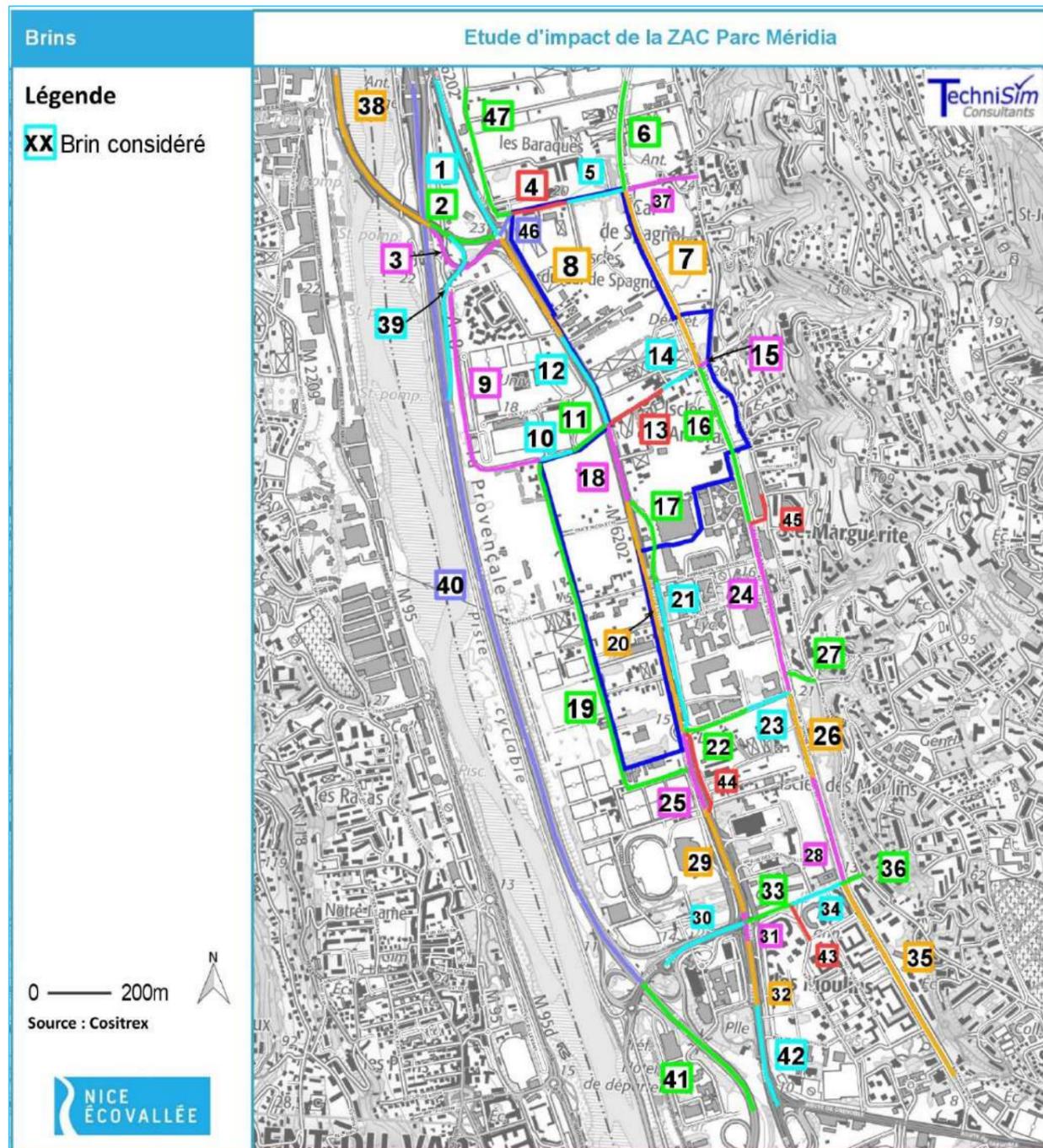


Figure 82 : Brins considérés

Brin	Longueur (m)	Nom de la voie	Situation actuelle 2019				Situation Fil de l'eau 2035				Situation projetée 2035			
			TMJA				TMJA				TMJA			
			Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]
1	533	M6202 - Boulevard du Mercantour	2137	50	32338	50	2366	50	35798	50	1808	50	36650	50
2	230	Bretelle M6202 vers M6202bis	464	50	10528	50	950	50	21562	50	969	50	21983	50
3	333	Bretelle M6202bis vers M6202	1360	50	20656	50	1247	50	18937	50	1290	50	19598	50
4	180	Boulevard Maitre Maurice Slama	78	50	9426	50	99	50	11919	50	132	50	15930	50
5	184	Boulevard Maitre Maurice Slama	66	50	8322	50	86	50	10816	50	87	50	10989	50
6	347	Avenue Simone Veil	275	50	11666	50	391	50	16619	50	405	50	17191	50
7	607	Avenue Simone Veil	267	50	11348	50	348	50	14778	50	346	50	14682	50
8	372	M6202 - Boulevard du Mercantour	2641	50	39954	50	2642	50	39968	50	1932	50	39180	50
9	770	Voie sans nom	235	50	786	50	76	50	255	50	0	50	524	50
10	106	Chemin des Arboras	396	50	559	50	351	50	496	50	0	50	800	50
11	137	Chemin des Arboras	585	50	370	50	519	50	328	50	0	50	5100	50
12	313	M6202 - Boulevard du Mercantour	2610	50	39488	50	2591	50	39205	50	1992	50	40394	50
13	205	Chemin des Arboras	245	50	8043	50	337	50	11063	50	373	50	12252	50
14	133	Chemin des Arboras	177	50	8271	50	236	50	11039	50	257	50	12027	50
15	42	Chemin des Arboras	120	50	7108	50	171	50	10163	50	180	50	10701	50
16	513	Avenue Simone Veil	252	50	10707	50	355	50	15082	50	348	50	14765	50
17	295	Avenue Pierre Isnard	116	50	1303	50	32	50	363	50	0	50	0	50
18	247	M6202 - Boulevard du Mercantour	2141	50	41547	50	2150	50	41719	50	1586	50	45060	50
19	1272	Boulevard Jean Luciano	56	50	193	50	56	50	193	50	0	50	9	50
20	750	M6202 - Boulevard du Mercantour	1637	50	31774	50	1765	50	34257	50	1312	50	37265	50
21	482	Avenue Pierre Isnard	234	50	6338	50	181	50	4898	50	127	50	3436	50
22	214	Avenue du docteur Robini	207	50	12724	50	195	50	11992	50	196	50	12052	50
23	143	Avenue du docteur Robini	207	50	12724	50	168	50	10324	50	170	50	10469	50
24	551	Avenue Simone Veil	402	50	17083	50	589	50	25015	50	569	50	24189	50
25	251	M6202 - Boulevard du Mercantour	2717	50	44128	50	2398	50	38952	50	1868	50	41564	50
26	276	Avenue Simone Veil	480	50	20372	50	343	50	14555	50	380	50	16156	50
27	104	Voie sans nom	210	50	11600	50	129	50	7146	50	144	50	7951	50
28	344	Avenue Simone Veil	480	50	20372	50	441	50	18715	50	471	50	20004	50
29	348	M6202 - Boulevard du Mercantour	1440	50	23387	50	1218	50	19787	50	971	50	21618	50
30	291	M6222	2256	50	50024	50	2650	50	58766	50	2749	50	60947	50
31	90	M6202 - Boulevard du Mercantour	973	50	22988	50	1057	50	24962	50	1087	50	25688	50
32	202	M6202 - Boulevard du Mercantour	630	50	11109	50	1535	50	27067	50	1524	50	26882	50
33	156	Traverse de la digue des Français	308	50	21896	50	268	50	19080	50	260	50	18507	50
34	177	Traverse de la digue des Français	294	50	21630	50	247	50	18184	50	241	50	17707	50
35	700	Boulevard Paul Montel	324	50	13774	50	360	50	15292	50	370	50	15737	50
36	59	Traverse de la digue des Français	124	50	19019	50	126	50	19471	50	126	50	19361	50
37	233	Boulevard Maitre Maurice Slama	17	50	7273	50	16	50	6796	50	16	50	6796	50
38	593	M6202bis	2815	50	42588	50	4568	50	69110	50	4652	50	70386	50
39	623	Bretelle A8 ver M6202bis	644	50	14616	50	680	50	15420	50	684	50	15521	50
40	2953	A8	9274	90	89384	90	10286	90	99138	90	10275	90	99037	90

Brin	Longueur (m)	Nom de la voie	Situation actuelle 2019				Situation Fil de l'eau 2035				Situation projetée 2035			
			TMJA				TMJA				TMJA			
			Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]
41	547	A8	11438	90	110243	90	12285	90	118405	90	12329	90	118830	90
42	323	M6202 - Boulevard du Mercantour	1916	50	33777	50	2932	50	51703	50	2962	50	52233	50
43	128	Avenue de la Méditerranée	98	50	7221	50	84	50	6152	50	83	50	6085	50
44	276	Avenue Pierre Isnard	76	50	2069	50	98	50	2646	50	95	50	2571	50
45	136	Voie sans nom	101	50	4309	50	47	50	2018	50	49	50	2061	50
46	82	Voie sans nom	78	50	9426	50	99	50	11919	50	132	50	15930	50
47	471	Boulevard des jardiniers	11	50	1273	50	13	50	1595	50	18	50	2197	50

VL = VP + VUL

14.3 ANNEXE 3 – RESULTATS DES MODELISATIONS AU NIVEAU DES LIEUX VULNERABLES EXISTANTS EN L'ETAT ACTUEL (TRAFIC ROUTIER)

Récepteur A : Crèche La Farandole

Tableau 65 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur A pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR A	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,07E+01	2,91E+00	2,95E+00
	Heure	4,21E+01	1,11E+01	1,13E+01
Particules PM10	Année	2,50E+00	1,91E+00	1,92E+00
	Jour	7,63E+00	6,00E+00	6,05E+00
Particules PM2,5	Année	1,80E+00	1,14E+00	1,14E+00
Dioxyde de soufre	Année	3,13E-01	3,03E-01	3,04E-01
	Jour	9,65E-01	9,62E-01	9,59E-01
	Heure	2,46E+00	2,33E+00	2,34E+00
Monoxyde de carbone	Heure	1,46E+02	6,49E+01	6,58E+01
Benzène	Année	3,63E-02	5,60E-03	5,74E-03
Plomb	Année	6,26E-06	6,20E-06	6,23E-06
B[a]P	Année	7,58E-05	5,21E-05	5,28E-05
Arsenic	Année	1,17E-06	1,17E-06	1,17E-06
Cadmium	Année	7,82E-07	7,70E-07	7,73E-07
Nickel	Année	8,98E-06	8,70E-06	8,73E-06

Tableau 66 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur A pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR A	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	4,11E-01	5,26E-01	5,38E-01
PM à l'échappement	Année	8,62E-01	1,20E-01	1,21E-01
COVNM	Année	1,30E+00	2,40E-01	2,39E-01
Acétaldéhyde	Année	4,31E-02	7,74E-03	7,59E-03
Acroléine	Année	2,06E-02	3,15E-03	3,09E-03
Butadiène (1,3)	Année	1,80E-02	5,02E-03	4,90E-03
Éthylbenzène	Année	1,14E-02	2,27E-03	2,32E-03
Formaldéhyde	Année	8,06E-02	1,43E-02	1,40E-02
Toluène	Année	5,77E-02	9,99E-03	1,03E-02
Xylènes	Année	4,67E-02	9,22E-03	9,35E-03
16 HAP*	Année	8,33E-03	6,18E-03	6,24E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,52E-04	1,13E-04	1,14E-04
Naphtalène	Année	6,32E-02	4,33E-02	4,40E-02
Chrome	Année	2,49E-05	2,72E-05	2,73E-05
Mercure	Année	3,42E-05	3,48E-05	3,50E-05
Dioxines	Année	5,59E-12	1,26E-12	1,28E-12
Furanes	Année	8,30E-12	1,88E-12	1,91E-12
PM2,5	Jour	5,51E+00	3,58E+00	3,61E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,73E+01	1,16E+01	1,17E+01
Propionaldéhyde	Année	1,14E-02	2,12E-03	2,07E-03

* Dont le BaP

Récepteur B : Crèche Les petites bulles

Tableau 67 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur B pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR B	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,11E+00	3,12E-01	3,17E-01
	Heure	4,80E+00	1,33E+00	1,35E+00
Particules PM10	Année	2,66E-01	2,13E-01	2,14E-01
	Jour	6,49E-01	5,11E-01	5,15E-01
Particules PM2,5	Année	1,89E-01	1,27E-01	1,28E-01
Dioxyde de soufre	Année	3,26E-02	3,24E-02	3,24E-02
	Jour	8,03E-02	7,85E-02	7,89E-02
	Heure	2,83E-01	2,80E-01	2,82E-01
Monoxyde de carbone	Heure	1,79E+01	8,24E+00	8,40E+00
Benzène	Année	4,27E-03	7,35E-04	7,54E-04
Plomb	Année	6,52E-07	6,63E-07	6,64E-07
B[a]P	Année	7,93E-06	5,63E-06	5,71E-06
Arsenic	Année	1,22E-07	1,25E-07	1,25E-07
Cadmium	Année	8,15E-08	8,24E-08	8,24E-08
Nickel	Année	9,35E-07	9,30E-07	9,30E-07

Tableau 68 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur B pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR B	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	5,05E-02	6,89E-02	7,05E-02
PM à l'échappement	Année	8,72E-02	1,31E-02	1,32E-02
COVNM	Année	1,47E-01	2,76E-02	2,71E-02
Acétaldéhyde	Année	4,70E-03	8,23E-04	7,89E-04
Acroléine	Année	2,24E-03	3,34E-04	3,20E-04
Butadiène (1,3)	Année	1,95E-03	5,34E-04	5,08E-04
Éthylbenzène	Année	1,35E-03	2,89E-04	2,97E-04
Formaldéhyde	Année	8,79E-03	1,52E-03	1,45E-03
Toluène	Année	6,89E-03	1,33E-03	1,37E-03
Xylènes	Année	5,48E-03	1,16E-03	1,18E-03
16 HAP*	Année	8,67E-04	6,60E-04	6,66E-04
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,58E-05	1,21E-05	1,22E-05
Naphtalène	Année	6,67E-03	4,77E-03	4,86E-03
Chrome	Année	2,60E-06	2,91E-06	2,92E-06
Mercure	Année	3,56E-06	3,72E-06	3,73E-06
Dioxines	Année	5,84E-13	1,39E-13	1,42E-13
Furanes	Année	8,68E-13	2,08E-13	2,12E-13
PM2,5	Jour	4,64E-01	3,04E-01	3,07E-01
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,86E+00	1,25E+00	1,27E+00
Propionaldéhyde	Année	1,24E-03	2,22E-04	2,12E-04

* Dont le BaP

Récepteur C : Crèche Babilou Nice Grenouillères

Tableau 69 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur C pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR C		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,64E+01	4,18E+00	4,27E+00
	Heure	5,58E+01	1,47E+01	1,50E+01
Particules PM10	Année	3,92E+00	2,84E+00	2,86E+00
	Jour	1,00E+01	7,20E+00	7,22E+00
Particules PM2,5	Année	2,78E+00	1,69E+00	1,70E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,80E-01	4,36E-01	4,38E-01
	Jour	1,24E+00	1,11E+00	1,11E+00
	Heure	3,22E+00	3,08E+00	3,10E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,06E+02	9,11E+01	9,28E+01
Benzène	Année	6,25E-02	9,42E-03	9,76E-03
Plomb	Année	9,61E-06	8,94E-06	8,96E-06
B[a]P	Année	1,16E-04	7,53E-05	7,68E-05
Arsenic	Année	1,80E-06	1,68E-06	1,68E-06
Cadmium	Année	1,20E-06	1,11E-06	1,11E-06
Nickel	Année	1,38E-05	1,25E-05	1,26E-05

Tableau 70 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur C pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR C		Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	7,38E-01	8,83E-01	9,13E-01
PM à l'échappement	Année	1,29E+00	1,75E-01	1,77E-01
COVNM	Année	2,16E+00	3,69E-01	3,62E-01
Acétaldéhyde	Année	6,95E-02	1,13E-02	1,07E-02
Acroléine	Année	3,31E-02	4,59E-03	4,37E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,91E-02	7,35E-03	6,93E-03
Éthylbenzène	Année	1,97E-02	3,73E-03	3,86E-03
Formaldéhyde	Année	1,30E-01	2,08E-02	1,98E-02
Toluène	Année	1,01E-01	1,70E-02	1,77E-02
Xylènes	Année	8,03E-02	1,51E-02	1,54E-02
16 HAP*	Année	1,27E-02	8,86E-03	8,99E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,32E-04	1,63E-04	1,64E-04
Naphtalène	Année	9,78E-02	6,33E-02	6,51E-02
Chrome	Année	3,83E-05	3,92E-05	3,94E-05
Mercure	Année	5,24E-05	5,02E-05	5,03E-05
Dioxines	Année	8,59E-12	1,85E-12	1,89E-12
Furanes	Année	1,28E-11	2,76E-12	2,83E-12
PM2,5	Jour	7,18E+00	4,29E+00	4,30E+00
NOx (ég. NO ₂)	Année	5,70E+01	1,68E+01	1,70E+01
Propionaldéhyde	Année	1,83E-02	3,06E-03	2,90E-03

* Dont le BaP

Récepteur D : Crèche L'Arbre Bleu

Tableau 71 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur D pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR D		Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,65E+01	4,46E+00	4,56E+00
	Heure	6,03E+01	1,60E+01	1,65E+01
Particules PM10	Année	3,98E+00	3,07E+00	3,08E+00
	Jour	1,03E+01	7,62E+00	7,62E+00
Particules PM2,5	Année	2,82E+00	1,83E+00	1,83E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,87E-01	4,67E-01	4,67E-01
	Jour	1,28E+00	1,19E+00	1,19E+00
	Heure	3,59E+00	3,37E+00	3,39E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,25E+02	1,02E+02	1,04E+02
Benzène	Année	6,31E-02	1,04E-02	1,08E-02
Plomb	Année	9,75E-06	9,58E-06	9,57E-06
B[a]P	Année	1,17E-04	8,05E-05	8,21E-05
Arsenic	Année	1,83E-06	1,80E-06	1,80E-06
Cadmium	Année	1,22E-06	1,19E-06	1,19E-06
Nickel	Année	1,40E-05	1,34E-05	1,34E-05

Tableau 72 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur D pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR D		Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]		
COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	7,48E-01	9,72E-01	1,01E+00
PM à l'échappement	Année	1,30E+00	1,88E-01	1,90E-01
COVNM	Année	2,20E+00	4,03E-01	3,91E-01
Acétaldéhyde	Année	7,09E-02	1,23E-02	1,14E-02
Acroléine	Année	3,37E-02	4,97E-03	4,65E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,99E-02	8,00E-03	7,38E-03
Éthylbenzène	Année	1,99E-02	4,08E-03	4,24E-03
Formaldéhyde	Année	1,33E-01	2,26E-02	2,11E-02
Toluène	Année	1,02E-01	1,87E-02	1,95E-02
Xylènes	Année	8,14E-02	1,66E-02	1,68E-02
16 HAP*	Année	1,28E-02	9,46E-03	9,59E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,35E-04	1,74E-04	1,75E-04
Naphtalène	Année	9,85E-02	6,78E-02	6,98E-02
Chrome	Année	3,88E-05	4,20E-05	4,20E-05
Mercure	Année	5,32E-05	5,38E-05	5,37E-05
Dioxines	Année	8,67E-12	1,98E-12	2,03E-12
Furanes	Année	1,29E-11	2,96E-12	3,04E-12
PM2,5	Jour	7,35E+00	4,54E+00	4,54E+00
NOx (ég. NO ₂)	Année	5,80E+01	1,79E+01	1,82E+01
Propionaldéhyde	Année	1,87E-02	3,32E-03	3,08E-03

* Dont le BaP

Récepteur E : Crèche Les Petits Loups

Tableau 73 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur E pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR E	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,73E+01	4,42E+00	4,46E+00
	Heure	5,92E+01	1,50E+01	1,51E+01
Particules PM10	Année	4,12E+00	2,98E+00	2,98E+00
	Jour	1,11E+01	7,82E+00	7,80E+00
Particules PM2,5	Année	2,92E+00	1,77E+00	1,77E+00
Dioxyde de soufre	Année	5,02E-01	4,49E-01	4,49E-01
	Jour	1,35E+00	1,18E+00	1,18E+00
	Heure	3,42E+00	3,08E+00	3,06E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,24E+02	9,31E+01	9,39E+01
Benzène	Année	7,05E-02	1,06E-02	1,08E-02
Plomb	Année	1,01E-05	9,20E-06	9,18E-06
B[a]P	Année	1,25E-04	7,95E-05	8,01E-05
Arsenic	Année	1,89E-06	1,73E-06	1,73E-06
Cadmium	Année	1,26E-06	1,14E-06	1,14E-06
Nickel	Année	1,44E-05	1,29E-05	1,29E-05

Tableau 74 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur E pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR E	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	8,41E-01	9,93E-01	1,01E+00
PM à l'échappement	Année	1,33E+00	1,83E-01	1,84E-01
COVNM	Année	2,32E+00	3,75E-01	3,69E-01
Acétaldéhyde	Année	7,23E-02	1,08E-02	1,04E-02
Acroléine	Année	3,48E-02	4,38E-03	4,23E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,89E-02	6,93E-03	6,65E-03
Éthylbenzène	Année	2,23E-02	4,18E-03	4,25E-03
Formaldéhyde	Année	1,35E-01	1,99E-02	1,92E-02
Toluène	Année	1,14E-01	1,93E-02	1,97E-02
Xylènes	Année	8,94E-02	1,65E-02	1,66E-02
16 HAP*	Année	1,36E-02	9,26E-03	9,31E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,47E-04	1,69E-04	1,69E-04
Naphtalène	Année	1,07E-01	6,79E-02	6,87E-02
Chrome	Année	4,00E-05	4,04E-05	4,04E-05
Mercuré	Année	5,48E-05	5,17E-05	5,16E-05
Dioxines	Année	9,18E-12	1,98E-12	2,00E-12
Furanes	Année	1,36E-11	2,96E-12	2,99E-12
PM2,5	Jour	7,86E+00	4,66E+00	4,65E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,85E+01	1,76E+01	1,77E+01
Propionaldéhyde	Année	1,90E-02	2,90E-03	2,78E-03

* Dont le BaP

Récepteur H : École maternelle Les Pervenches

Tableau 75 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur H pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR H	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,67E+01	4,51E+00	4,62E+00
	Heure	6,29E+01	1,66E+01	1,70E+01
Particules PM10	Année	4,02E+00	3,12E+00	3,12E+00
	Jour	1,07E+01	7,96E+00	7,92E+00
Particules PM2,5	Année	2,86E+00	1,86E+00	1,86E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,92E-01	4,73E-01	4,73E-01
	Jour	1,33E+00	1,25E+00	1,24E+00
	Heure	3,69E+00	3,48E+00	3,48E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,36E+02	1,04E+02	1,07E+02
Benzène	Année	6,40E-02	1,06E-02	1,10E-02
Plomb	Année	9,85E-06	9,71E-06	9,69E-06
B[a]P	Année	1,18E-04	8,15E-05	8,32E-05
Arsenic	Année	1,85E-06	1,83E-06	1,82E-06
Cadmium	Année	1,23E-06	1,21E-06	1,20E-06
Nickel	Année	1,41E-05	1,36E-05	1,36E-05

Tableau 76 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur H pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR H	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	7,60E-01	9,93E-01	1,03E+00
PM à l'échappement	Année	1,32E+00	1,91E-01	1,92E-01
COVNM	Année	2,23E+00	4,11E-01	3,98E-01
Acétaldéhyde	Année	7,19E-02	1,25E-02	1,16E-02
Acroléine	Année	3,41E-02	5,05E-03	4,71E-03
Butadiène (1,3)	Année	3,04E-02	8,14E-03	7,49E-03
Éthylbenzène	Année	2,02E-02	4,16E-03	4,32E-03
Formaldéhyde	Année	1,34E-01	2,30E-02	2,14E-02
Toluène	Année	1,03E-01	1,91E-02	1,99E-02
Xylènes	Année	8,26E-02	1,69E-02	1,72E-02
16 HAP*	Année	1,30E-02	9,58E-03	9,71E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,37E-04	1,76E-04	1,77E-04
Naphtalène	Année	9,94E-02	6,87E-02	7,08E-02
Chrome	Année	3,92E-05	4,25E-05	4,25E-05
Mercuré	Année	5,37E-05	5,45E-05	5,44E-05
Dioxines	Année	8,75E-12	2,00E-12	2,06E-12
Furanes	Année	1,30E-11	3,00E-12	3,08E-12
PM2,5	Jour	7,65E+00	4,74E+00	4,72E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,87E+01	1,82E+01	1,85E+01
Propionaldéhyde	Année	1,90E-02	3,38E-03	3,12E-03

* Dont le BaP

Récepteur I : École maternelle Bois de Boulogne 1

Tableau 77 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur I pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR I	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]				
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	2,41E+01	7,50E+00	7,56E+00	
	Heure	1,01E+02	3,02E+01	3,03E+01	
Particules PM10	Année	5,67E+00	5,06E+00	5,10E+00	
	Jour	1,85E+01	1,62E+01	1,63E+01	
Particules PM2,5	Année	4,07E+00	3,01E+00	3,04E+00	
Dioxyde de soufre	Année	7,09E-01	7,92E-01	7,97E-01	
	Jour	2,33E+00	2,57E+00	2,59E+00	
	Heure	5,91E+00	6,40E+00	6,44E+00	
Monoxyde de carbone	Heure	3,40E+02	1,78E+02	1,80E+02	
Benzène	Année	7,94E-02	1,54E-02	1,56E-02	
Plomb	Année	1,42E-05	1,62E-05	1,64E-05	
B[a]P	Année	1,69E-04	1,35E-04	1,36E-04	
Arsenic	Année	2,66E-06	3,05E-06	3,07E-06	
Cadmium	Année	1,77E-06	2,02E-06	2,03E-06	
Nickel	Année	2,04E-05	2,28E-05	2,29E-05	

Tableau 78 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur I pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR I	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]				
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	8,95E-01	1,45E+00	1,47E+00	
PM à l'échappement	Année	1,96E+00	3,13E-01	3,16E-01	
COVNM	Année	2,92E+00	6,61E-01	6,65E-01	
Acétaldéhyde	Année	9,84E-02	2,12E-02	2,13E-02	
Acroléine	Année	4,66E-02	8,61E-03	8,63E-03	
Butadiène (1,3)	Année	4,21E-02	1,39E-02	1,39E-02	
Éthylbenzène	Année	2,49E-02	6,17E-03	6,25E-03	
Formaldéhyde	Année	1,84E-01	3,91E-02	3,91E-02	
Toluène	Année	1,26E-01	2,76E-02	2,80E-02	
Xylènes	Année	1,03E-01	2,54E-02	2,57E-02	
16 HAP*	Année	1,87E-02	1,60E-02	1,61E-02	
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	3,42E-04	2,95E-04	2,97E-04	
Naphtalène	Année	1,40E-01	1,12E-01	1,13E-01	
Chrome	Année	5,65E-05	7,10E-05	7,15E-05	
Mercuré	Année	7,75E-05	9,11E-05	9,18E-05	
Dioxines	Année	1,25E-11	3,26E-12	3,29E-12	
Furanes	Année	1,86E-11	4,87E-12	4,92E-12	
PM2,5	Jour	1,33E+01	9,65E+00	9,73E+00	
NOx (éq. NO ₂)	Année	8,53E+01	3,01E+01	3,03E+01	
Propionaldéhyde	Année	2,62E-02	5,79E-03	5,80E-03	

* Dont le BaP

Récepteur J : École maternelle Orchidées

Tableau 79 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur J pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR J	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]				
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Dioxyde d'azote	Année	1,66E+01	4,96E+00	5,01E+00	
	Heure	7,29E+01	2,18E+01	2,20E+01	
Particules PM10	Année	3,87E+00	3,28E+00	3,30E+00	
	Jour	1,34E+01	1,13E+01	1,14E+01	
Particules PM2,5	Année	2,79E+00	1,95E+00	1,97E+00	
Dioxyde de soufre	Année	4,87E-01	5,22E-01	5,26E-01	
	Jour	1,71E+00	1,83E+00	1,84E+00	
	Heure	4,27E+00	4,62E+00	4,64E+00	
Monoxyde de carbone	Heure	2,48E+02	1,27E+02	1,28E+02	
Benzène	Année	5,25E-02	9,37E-03	9,52E-03	
Plomb	Année	9,75E-06	1,07E-05	1,08E-05	
B[a]P	Année	1,16E-04	8,90E-05	8,98E-05	
Arsenic	Année	1,83E-06	2,01E-06	2,02E-06	
Cadmium	Année	1,22E-06	1,33E-06	1,34E-06	
Nickel	Année	1,40E-05	1,50E-05	1,51E-05	

Tableau 80 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur J pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR J	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]				
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet	2035 Avec projet
Ammoniac	Année	5,81E-01	8,81E-01	8,95E-01	
PM à l'échappement	Année	1,36E+00	2,05E-01	2,07E-01	
COVNM	Année	1,95E+00	4,20E-01	4,21E-01	
Acétaldéhyde	Année	6,64E-02	1,38E-02	1,38E-02	
Acroléine	Année	3,15E-02	5,62E-03	5,61E-03	
Butadiène (1,3)	Année	2,83E-02	9,00E-03	8,97E-03	
Éthylbenzène	Année	1,64E-02	3,80E-03	3,86E-03	
Formaldéhyde	Année	1,24E-01	2,54E-02	2,54E-02	
Toluène	Année	8,27E-02	1,67E-02	1,70E-02	
Xylènes	Année	6,80E-02	1,57E-02	1,58E-02	
16 HAP*	Année	1,29E-02	1,06E-02	1,07E-02	
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,36E-04	1,95E-04	1,96E-04	
Naphtalène	Année	9,64E-02	7,34E-02	7,42E-02	
Chrome	Année	3,88E-05	4,68E-05	4,72E-05	
Mercuré	Année	5,32E-05	6,01E-05	6,05E-05	
Dioxines	Année	8,62E-12	2,13E-12	2,16E-12	
Furanes	Année	1,28E-11	3,19E-12	3,22E-12	
PM2,5	Jour	9,74E+00	6,74E+00	6,78E+00	
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,86E+01	1,98E+01	2,00E+01	
Propionaldéhyde	Année	1,77E-02	3,79E-03	3,77E-03	

* Dont le BaP

Récepteur K : École élémentaire privée International School of Nice

Tableau 81 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur K pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR K	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,37E+01	4,06E+00	4,08E+00
	Heure	5,15E+01	1,47E+01	1,49E+01
Particules PM10	Année	3,30E+00	2,80E+00	2,78E+00
	Jour	9,39E+00	7,53E+00	7,47E+00
Particules PM2,5	Année	2,33E+00	1,67E+00	1,66E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,01E-01	4,17E-01	4,14E-01
	Jour	1,16E+00	1,19E+00	1,18E+00
	Heure	3,01E+00	3,08E+00	3,05E+00
Monoxyde de carbone	Heure	1,93E+02	9,35E+01	9,41E+01
Benzène	Année	5,50E-02	1,03E-02	1,04E-02
Plomb	Année	8,04E-06	8,55E-06	8,47E-06
B[a]P	Année	9,82E-05	7,33E-05	7,36E-05
Arsenic	Année	1,51E-06	1,61E-06	1,59E-06
Cadmium	Année	1,00E-06	1,06E-06	1,05E-06
Nickel	Année	1,15E-05	1,20E-05	1,19E-05

Tableau 82 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur K pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR K	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	6,58E-01	9,62E-01	9,70E-01
PM à l'échappement	Année	1,06E+00	1,71E-01	1,70E-01
COVNM	Année	1,86E+00	3,63E-01	3,53E-01
Acétaldéhyde	Année	5,87E-02	1,04E-02	9,85E-03
Acroléine	Année	2,80E-02	4,21E-03	4,00E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,42E-02	6,72E-03	6,33E-03
Éthylbenzène	Année	1,74E-02	4,01E-03	4,06E-03
Formaldéhyde	Année	1,10E-01	1,92E-02	1,82E-02
Toluène	Année	8,90E-02	1,88E-02	1,90E-02
Xylènes	Année	7,04E-02	1,60E-02	1,60E-02
16 HAP*	Année	1,07E-02	8,53E-03	8,53E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,95E-04	1,56E-04	1,55E-04
Naphtalène	Année	8,30E-02	6,27E-02	6,33E-02
Chrome	Année	3,20E-05	3,75E-05	3,72E-05
Mercuré	Année	4,38E-05	4,80E-05	4,76E-05
Dioxines	Année	7,23E-12	1,83E-12	1,85E-12
Furanes	Année	1,07E-11	2,74E-12	2,76E-12
PM2,5	Jour	6,74E+00	4,49E+00	4,45E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	4,74E+01	1,63E+01	1,63E+01
Propionaldéhyde	Année	1,55E-02	2,79E-03	2,63E-03

* Dont le BaP

Récepteur L : École élémentaire Verne

Tableau 83 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur L pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR L	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	3,39E+00	1,02E+00	1,04E+00
	Heure	1,52E+01	4,33E+00	4,40E+00
Particules PM10	Année	8,09E-01	7,01E-01	7,04E-01
	Jour	2,47E+00	1,96E+00	1,94E+00
Particules PM2,5	Année	5,72E-01	4,17E-01	4,19E-01
Dioxyde de soufre	Année	9,83E-02	1,03E-01	1,04E-01
	Jour	2,98E-01	3,08E-01	3,05E-01
	Heure	8,92E-01	9,00E-01	8,97E-01
Monoxyde de carbone	Heure	5,72E+01	2,69E+01	2,74E+01
Benzène	Année	1,41E-02	2,68E-03	2,73E-03
Plomb	Année	1,97E-06	2,12E-06	2,12E-06
B[a]P	Année	2,45E-05	1,85E-05	1,87E-05
Arsenic	Année	3,69E-07	3,98E-07	3,98E-07
Cadmium	Année	2,46E-07	2,63E-07	2,63E-07
Nickel	Année	2,82E-06	2,96E-06	2,97E-06

Tableau 84 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur L pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR L	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	1,69E-01	2,51E-01	2,55E-01
PM à l'échappement	Année	2,59E-01	4,27E-02	4,30E-02
COVNM	Année	4,62E-01	8,88E-02	8,79E-02
Acétaldéhyde	Année	1,43E-02	2,43E-03	2,35E-03
Acroléine	Année	6,88E-03	9,85E-04	9,57E-04
Butadiène (1,3)	Année	5,73E-03	1,56E-03	1,50E-03
Éthylbenzène	Année	4,46E-03	1,05E-03	1,06E-03
Formaldéhyde	Année	2,68E-02	4,48E-03	4,35E-03
Toluène	Année	2,28E-02	4,91E-03	5,01E-03
Xylènes	Année	1,79E-02	4,09E-03	4,13E-03
16 HAP*	Année	2,66E-03	2,14E-03	2,15E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	4,83E-05	3,89E-05	3,91E-05
Naphtalène	Année	2,09E-02	1,60E-02	1,62E-02
Chrome	Année	7,83E-06	9,31E-06	9,34E-06
Mercuré	Année	1,07E-05	1,19E-05	1,19E-05
Dioxines	Année	1,80E-12	4,66E-13	4,73E-13
Furanes	Année	2,67E-12	6,97E-13	7,07E-13
PM2,5	Jour	1,74E+00	1,17E+00	1,16E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	1,15E+01	4,09E+00	4,13E+00
Propionaldéhyde	Année	3,75E-03	6,47E-04	6,25E-04

* Dont le BaP

Récepteur M : École élémentaire Bois de Boulogne 1

Tableau 85 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur M pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR M	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,46E+01	4,19E+00	4,24E+00
	Heure	5,78E+01	1,75E+01	1,77E+01
Particules PM10	Année	3,39E+00	2,75E+00	2,77E+00
	Jour	1,12E+01	9,22E+00	9,29E+00
Particules PM2,5	Année	2,44E+00	1,64E+00	1,65E+00
Dioxyde de soufre	Année	4,26E-01	4,40E-01	4,43E-01
	Jour	1,44E+00	1,51E+00	1,52E+00
	Heure	3,38E+00	3,69E+00	3,72E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,07E+02	1,04E+02	1,05E+02
Benzène	Année	4,62E-02	7,74E-03	7,90E-03
Plomb	Année	8,54E-06	9,03E-06	9,08E-06
B[a]P	Année	1,02E-04	7,51E-05	7,59E-05
Arsenic	Année	1,60E-06	1,70E-06	1,71E-06
Cadmium	Année	1,07E-06	1,12E-06	1,13E-06
Nickel	Année	1,22E-05	1,27E-05	1,27E-05

Tableau 86 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur M pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR M	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	5,13E-01	7,28E-01	7,42E-01
PM à l'échappement	Année	1,19E+00	1,73E-01	1,74E-01
COVNM	Année	1,71E+00	3,50E-01	3,50E-01
Acétaldéhyde	Année	5,81E-02	1,16E-02	1,15E-02
Acroléine	Année	2,76E-02	4,71E-03	4,68E-03
Butadiène (1,3)	Année	2,47E-02	7,52E-03	7,46E-03
Éthylbenzène	Année	1,45E-02	3,15E-03	3,21E-03
Formaldéhyde	Année	1,08E-01	2,13E-02	2,11E-02
Toluène	Année	7,29E-02	1,37E-02	1,40E-02
Xylènes	Année	5,98E-02	1,30E-02	1,32E-02
16 HAP*	Année	1,13E-02	8,94E-03	9,02E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,06E-04	1,65E-04	1,66E-04
Naphtalène	Année	8,46E-02	6,19E-02	6,27E-02
Chrome	Année	3,40E-05	3,95E-05	3,98E-05
Mercuré	Année	4,66E-05	5,06E-05	5,10E-05
Dioxines	Année	7,56E-12	1,80E-12	1,82E-12
Furanes	Année	1,12E-11	2,69E-12	2,72E-12
PM2,5	Jour	8,18E+00	5,50E+00	5,54E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	5,12E+01	1,67E+01	1,69E+01
Propionaldéhyde	Année	1,55E-02	3,17E-03	3,14E-03

* Dont le BaP

Récepteur N : École maternelle Digue des Français ; École élémentaire Digue des Français 1 et 2

Tableau 87 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur N pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR N	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	1,96E+01	4,91E+00	4,99E+00
	Heure	6,76E+01	1,70E+01	1,71E+01
Particules PM10	Année	4,69E+00	3,34E+00	3,35E+00
	Jour	1,05E+01	7,57E+00	7,62E+00
Particules PM2,5	Année	3,32E+00	1,99E+00	1,99E+00
Dioxyde de soufre	Année	5,71E-01	5,05E-01	5,06E-01
	Jour	1,29E+00	1,17E+00	1,17E+00
	Heure	3,93E+00	3,42E+00	3,42E+00
Monoxyde de carbone	Heure	2,59E+02	1,08E+02	1,09E+02
Benzène	Année	7,87E-02	1,17E-02	1,20E-02
Plomb	Année	1,14E-05	1,04E-05	1,04E-05
B[a]P	Année	1,41E-04	8,85E-05	8,97E-05
Arsenic	Année	2,14E-06	1,95E-06	1,95E-06
Cadmium	Année	1,43E-06	1,29E-06	1,28E-06
Nickel	Année	1,64E-05	1,45E-05	1,45E-05

Tableau 88 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur N pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR N	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	9,39E-01	1,10E+00	1,12E+00
PM à l'échappement	Année	1,51E+00	2,05E-01	2,06E-01
COVNM	Année	2,64E+00	4,29E-01	4,21E-01
Acétaldéhyde	Année	8,29E-02	1,26E-02	1,20E-02
Acroléine	Année	3,97E-02	5,11E-03	4,89E-03
Butadiène (1,3)	Année	3,39E-02	8,15E-03	7,72E-03
Éthylbenzène	Année	2,49E-02	4,60E-03	4,72E-03
Formaldéhyde	Année	1,55E-01	2,32E-02	2,22E-02
Toluène	Année	1,27E-01	2,13E-02	2,18E-02
Xylènes	Année	1,00E-01	1,84E-02	1,86E-02
16 HAP*	Année	1,53E-02	1,03E-02	1,04E-02
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	2,79E-04	1,89E-04	1,90E-04
Naphtalène	Année	1,19E-01	7,52E-02	7,66E-02
Chrome	Année	4,55E-05	4,54E-05	4,55E-05
Mercuré	Année	6,24E-05	5,82E-05	5,82E-05
Dioxines	Année	1,03E-11	2,19E-12	2,23E-12
Furanes	Année	1,54E-11	3,28E-12	3,34E-12
PM2,5	Jour	7,46E+00	4,51E+00	4,54E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	6,71E+01	1,96E+01	1,99E+01
Propionaldéhyde	Année	2,18E-02	3,39E-03	3,23E-03

* Dont le BaP

Récepteur O : École maternelle Moulins ; École élémentaire Moulins

Tableau 89 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur O pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR O	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	8,87E+00	2,42E+00	2,46E+00
	Heure	4,18E+01	1,14E+01	1,16E+01
Particules PM10	Année	2,10E+00	1,62E+00	1,64E+00
	Jour	6,10E+00	4,62E+00	4,66E+00
Particules PM2,5	Année	1,49E+00	9,64E-01	9,75E-01
Dioxyde de soufre	Année	2,58E-01	2,47E-01	2,49E-01
	Jour	7,57E-01	7,12E-01	7,18E-01
	Heure	2,43E+00	2,36E+00	2,38E+00
Monoxyde de carbone	Heure	1,54E+02	6,98E+01	7,10E+01
Benzène	Année	3,41E-02	5,53E-03	5,69E-03
Plomb	Année	5,17E-06	5,06E-06	5,11E-06
B[a]P	Année	6,37E-05	4,34E-05	4,42E-05
Arsenic	Année	9,69E-07	9,52E-07	9,60E-07
Cadmium	Année	6,45E-07	6,29E-07	6,34E-07
Nickel	Année	7,41E-06	7,10E-06	7,15E-06

Tableau 90 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur O pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR O	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	4,01E-01	5,17E-01	5,32E-01
PM à l'échappement	Année	6,92E-01	1,00E-01	1,01E-01
COVNM	Année	1,15E+00	2,05E-01	2,04E-01
Acétaldéhyde	Année	3,67E-02	6,06E-03	5,92E-03
Acroléine	Année	1,76E-02	2,46E-03	2,41E-03
Butadiène (1,3)	Année	1,49E-02	3,91E-03	3,80E-03
Éthylbenzène	Année	1,08E-02	2,19E-03	2,25E-03
Formaldéhyde	Année	6,87E-02	1,12E-02	1,09E-02
Toluène	Année	5,50E-02	1,00E-02	1,03E-02
Xylènes	Année	4,35E-02	8,70E-03	8,87E-03
16 HAP*	Année	6,95E-03	5,08E-03	5,15E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	1,26E-04	9,28E-05	9,40E-05
Naphtalène	Année	5,37E-02	3,68E-02	3,76E-02
Chrome	Année	2,06E-05	2,22E-05	2,25E-05
Mercuré	Année	2,82E-05	2,84E-05	2,87E-05
Dioxines	Année	4,68E-12	1,07E-12	1,10E-12
Furanes	Année	6,95E-12	1,60E-12	1,64E-12
PM2,5	Jour	4,39E+00	2,76E+00	2,77E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	3,03E+01	9,63E+00	9,79E+00
Propionaldéhyde	Année	9,67E-03	1,63E-03	1,59E-03

* Dont le BaP

Récepteur R : EHPAD les jardins de Ste Marguerite

Tableau 91 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur R pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR R	Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Dioxyde d'azote	Année	2,90E+00	8,73E-01	8,82E-01
	Heure	1,23E+01	3,49E+00	3,54E+00
Particules PM10	Année	6,95E-01	6,00E-01	6,01E-01
	Jour	1,98E+00	1,68E+00	1,69E+00
Particules PM2,5	Année	4,91E-01	3,57E-01	3,58E-01
Dioxyde de soufre	Année	8,43E-02	8,82E-02	8,83E-02
	Jour	2,43E-01	2,52E-01	2,52E-01
	Heure	7,11E-01	7,23E-01	7,21E-01
Monoxyde de carbone	Heure	4,59E+01	2,18E+01	2,22E+01
Benzène	Année	1,21E-02	2,31E-03	2,34E-03
Plomb	Année	1,69E-06	1,81E-06	1,81E-06
B[a]P	Année	2,10E-05	1,58E-05	1,59E-05
Arsenic	Année	3,17E-07	3,40E-07	3,39E-07
Cadmium	Année	2,11E-07	2,24E-07	2,24E-07
Nickel	Année	2,42E-06	2,53E-06	2,53E-06

Tableau 92 : Concentrations maximales relevées au niveau du récepteur R pour les composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation

RECEPTEUR R	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]			
	COMPOSES	Pas de temps	2019 Horizon actuel	2035 Sans projet
Ammoniac	Année	1,46E-01	2,16E-01	2,18E-01
PM à l'échappement	Année	2,21E-01	3,65E-02	3,67E-02
COVNM	Année	3,98E-01	7,64E-02	7,54E-02
Acétaldéhyde	Année	1,23E-02	2,08E-03	2,02E-03
Acroléine	Année	5,92E-03	8,46E-04	8,20E-04
Butadiène (1,3)	Année	4,94E-03	1,34E-03	1,29E-03
Éthylbenzène	Année	3,85E-03	8,98E-04	9,12E-04
Formaldéhyde	Année	2,31E-02	3,85E-03	3,73E-03
Toluène	Année	1,97E-02	4,23E-03	4,29E-03
Xylènes	Année	1,54E-02	3,52E-03	3,55E-03
16 HAP*	Année	2,28E-03	1,82E-03	1,83E-03
16 HAP* en B(a)P équivalent	Année	4,14E-05	3,32E-05	3,33E-05
Naphtalène	Année	1,79E-02	1,36E-02	1,38E-02
Chrome	Année	6,72E-06	7,95E-06	7,96E-06
Mercuré	Année	9,21E-06	1,02E-05	1,02E-05
Dioxines	Année	1,54E-12	3,98E-13	4,02E-13
Furanes	Année	2,29E-12	5,95E-13	6,02E-13
PM2,5	Jour	1,41E+00	1,00E+00	1,00E+00
NOx (éq. NO ₂)	Année	9,82E+00	3,49E+00	3,52E+00
Propionaldéhyde	Année	3,23E-03	5,55E-04	5,36E-04

* Dont le BaP

14.4 ANNEXE 4 – EFFETS SANITAIRES DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Les oxydes d'azote sont des irritants respiratoires puissants qui peuvent provoquer de graves lésions pulmonaires. Ils induisent une vaso- et une bronchodilatation	L'inhalation répétée peut provoquer des lésions de l'épithélium bronchique et alvéolaire. Une atteinte hépatique est décrite chez certaines espèces.
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Le dioxyde de soufre produit une irritation sévère de la muqueuse du tractus respiratoire avec lésions cellulaires et œdèmes laryngotrachéal et pulmonaire. Il provoque de graves lésions irréversibles pour la peau et les yeux.	L'inhalation répétée provoque une atteinte bronchique chronique ; en cas d'ingestion, une altération de l'état général des animaux est notée avec une atteinte organique diffuse.
Monoxyde de carbone	630-08-0	Le monoxyde de carbone est un asphyxiant chimique qui interfère avec la distribution de l'oxygène aux tissus et aux organes. Les organes ayant un besoin élevé en oxygène tels que ceux du système nerveux central et du système cardiovasculaire seront donc les premiers affectés.	L'apparition d'effets toxiques résultant d'une exposition prolongée à de faibles concentrations de monoxyde de carbone n'est pas encore clairement établie dans la documentation scientifique et demeure un sujet de controverse. Le système nerveux central et le système cardiovasculaire seraient, tout comme pour les effets aigus, les cibles.
Particules diesel	-		<p>Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles.</p> <p>Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés, HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Broncho-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomo-pathologiques des bronches et des bronchioles ainsi qu'un épaississement de la paroi artérielle ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
Dioxines et furanes	-	Une exposition brève de l'Homme à de fortes concentrations en dioxines peut entraîner des lésions dermiques, comme la chloracné (ou acné chlorique), la formation de taches sombres sur la peau et une altération de la fonction hépatique.	<p>Une fois que les dioxines ont pénétré dans l'organisme, elles s'y maintiennent longtemps à cause de leur stabilité chimique et de leur capacité à être absorbée par les tissus adipeux, dans lesquels elles sont stockées. On estime que leur demi-vie, le temps nécessaire pour perdre la moitié de son activité dans l'organisme, va de 7 à 11 ans.</p> <p>Le fœtus en développement est le plus sensible à l'exposition à la dioxine. Le nouveau-né, dont les systèmes organiques se développent rapidement, pourrait également être plus vulnérable à certains effets.</p>

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Acroléine	107-02-8	<p>La toxicité aiguë de l'acroléine est très élevée. À la suite d'une exposition par inhalation, les symptômes observés comprennent une irritation des voies respiratoires et du système gastro-intestinal ainsi qu'une dépression du système nerveux central.</p> <p>Par voie orale, une hausse de la mortalité est rapportée ; des lésions sont observées au niveau du foie et de l'estomac. L'acroléine est fortement irritante pour toutes les muqueuses ; administrée pure, elle est caustique. Aucun potentiel sensibilisant n'est rapporté.</p>	<p>À la suite d'expositions répétées à l'acroléine, on observe une réduction du poids corporel, des modifications histopathologiques du nez, des voies respiratoires supérieures et des poumons (inflammation, hémorragie, métaplasie, hyperplasie, œdème). La sévérité des effets respiratoires s'accroît avec la concentration en acroléine.</p> <p>Par voie orale, l'estomac est le principal organe atteint. L'acroléine est difficile à tester en mutagenèse du fait de sa grande réactivité qui l'empêche d'atteindre sa cible et d'une forte cytotoxicité qui gêne l'expression de la mutation. In vitro, l'acroléine induit des résultats positifs au test d'Ames (sans activation métabolique) et est à l'origine d'échanges de chromatides sœurs, de cassures simple-brin et d'adduits à l'ADN, dans les cellules de mammifères. Aucun effet génotoxique n'est rapporté in vivo. Même si les quelques études disponibles ayant évalué le potentiel cancérigène de l'acroléine possèdent des limitations méthodologiques qui rendent difficile leur interprétation (nombre d'animaux trop faible, durée d'exposition trop courte, pureté et stabilité des solutions inconnues...), il semble que l'acroléine ne soit pas cancérigène.</p> <p>L'acroléine, par voie générale, n'agit ni sur la fertilité ni sur le développement des fœtus à des doses non toxiques pour les mères.</p>
Ammoniac	7664-41-7	<p>Chez l'Homme, l'ammoniac est un gaz provoquant des irritations sévères voire des brûlures au niveau des muqueuses. Ces irritations sévères sont également observées au niveau oculaire, provoquant un larmoiement, une hyperhémie conjonctivale, des ulcérations conjonctivales et cornéennes, une iritis.</p>	<p>La seule étude disponible chez l'Homme rapporte uniquement une aggravation des symptômes respiratoires lors d'une exposition professionnelle.</p> <p>Chez l'animal, l'ammoniac induit des irritations nasales, une inflammation pulmonaire, des altérations histologiques hépatiques et une calcification des tubules rénaux.</p>
Arsenic	7440-38-2	<p>Les premiers symptômes d'une intoxication suite à l'ingestion de composés inorganiques d'arsenic ou à la déglutition des particules inhalées sont effets gastro-intestinaux. Des dommages au système nerveux tels qu'une encéphalopathie, des maux de tête, de la léthargie, de la confusion mentale, des hallucinations, une attaque et un coma peuvent également survenir suite à l'ingestion de 2 mg As/kg ou plus. Une neuropathie périphérique symétrique peut également se manifester à la suite d'une exposition aiguë à de fortes concentrations.</p> <p>Lors de l'ingestion de forte dose (8 mg As/kg ou plus), des effets sur le système respiratoire tels que la détresse respiratoire et une bronchite hémorragique peuvent survenir ainsi qu'un collapsus et la mort. Des symptômes plus sévères sur le système digestif (hématémèse, hémopéritoine, hémorragie gastro-intestinale et de la nécrose) ont également été rapportés dans plusieurs cas. L'ingestion d'arsenic peut également conduire à des effets sur le système cardiovasculaire.</p>	<p>L'exposition répétée à de faibles doses de composés inorganiques d'arsenic est typiquement caractérisée par une neuropathie périphérique symétrique sensitive et motrice et des changements électrophysiologiques. Dans plusieurs cas, une faiblesse musculaire se développe.</p> <p>Des nausées, des vomissements, de la diarrhée et des douleurs abdominales ont été observés chez des travailleurs exposés à de faibles doses de façon chronique. Des symptômes plus sévères sur le système digestif (vomissements sanglants, hémorragie gastro-intestinale et de la nécrose) ont également été rapportés.</p> <p>Plusieurs études chez l'humain exposé par la voie orale à des composés inorganiques d'arsenic rapportent des effets hépatiques.</p> <p>Par suite à l'ingestion répétée d'arsenic, des changements caractéristiques de la peau incluant une hyperkératose généralisée et la formation de verrues ou de cors hyperkératotiques avec des zones d'hyperpigmentation entremêlées de petites zones d'hypopigmentation ont été observés au niveau du visage, du cou et du dos.</p> <p>Des études rapportent une relation entre l'exposition répétée à de l'arsenic via l'eau de consommation et une augmentation de l'incidence de maladies cérébrovasculaires et des troubles de circulation cardiaque.</p>

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Benzène	71-43-2	La toxicité aiguë du benzène est faible par voie orale, inhalatoire ou cutanée mais il provoque des irritations persistantes sur la peau et l'œil.	Comme pour la plupart des solvants organiques, le benzène provoque des troubles digestifs et neurologiques, avec en cas d'ingestion, une pneumopathie d'inhalation. Le benzène est irritant pour la peau et induit des lésions oculaires superficielles. Les expositions répétées peuvent provoquer des troubles neurologiques (syndrome psycho-organique) et digestifs. La toxicité est avant tout hématologique : thrombopénie, leucopénie, aplasie médullaire mais surtout des hémopathies malignes et des lymphopathies. L'union européenne a classé le benzène cancérigène pour l'homme. Des effets génotoxiques sont observés en cas d'exposition professionnelle. Des effets sur la fonction de reproduction sont rapportés ; les effets sur la grossesse mal caractérisés en dehors d'une fréquence accrue d'avortements.
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Les effets aigus ont été peu étudiés et sont discrets. Il est légèrement irritant pour la peau.	Il existe peu de données concernant des expositions au B[a]P seul. En effet, il n'est pas utilisé à l'état pur dans l'industrie. On le retrouve essentiellement dans des mélanges complexes à côté d'autres HAP. On ne dispose pas de donnée sur d'éventuels effets sur la fonction de reproduction. Le B[a]P est un cancérigène local et systémique pour de nombreuses espèces animales par voie inhalatoire, orale, cutanée et intratrachéale, par injection et par exposition transplacentaire. Il a été classé cancérigène catégorie 2 au niveau de l'Union européenne ; le CIRC l'a réévalué et introduit récemment dans le groupe 1 des agents cancérigènes pour l'homme
1,3 - Butadiène	106-99-0	L'exposition aiguë par inhalation massive de gaz peut provoquer des irritations respiratoires, oculaires, et des signes neurologiques non spécifiques, pouvant aller jusqu'au coma. Le contact cutané avec le gaz peut entraîner des brûlures par le froid.	Il n'existe pas de données chez l'Homme sur l'exposition répétée isolée au 1,3-butadiène. Les données sur d'éventuels effets génotoxiques sont contradictoires. Une association entre le niveau d'exposition et le risque de mortalité par leucémie est décrite dans l'industrie du styrène-butadiène. Dans l'industrie du 1,3-butadiène monomère, une augmentation significative de la mortalité due aux cancers lymphatiques et hématopoïétiques a été rapportée. Aucune donnée sur la reprotoxicité n'est disponible chez l'homme. Ce sont principalement les effets cancérigènes chez l'homme qui ont été étudiés lors d'expositions professionnelles. Les autres aspects de la toxicologie humaine ont en revanche fait l'objet de peu de publications.
Cadmium	7440-43-9	La toxicité aiguë du cadmium se traduit selon la voie d'exposition par une atteinte digestive importante (avec possibles complications hépatiques et rénales), ou par des troubles respiratoires (toux, œdème pulmonaire). L'exposition chronique est responsable d'une atteinte rénale (tubulopathie chronique avec protéinurie), et de manifestations respiratoire (emphysème), osseuse (ostéomalacie) et dentaire ainsi que cardio-vasculaire (hypertension). Un excès de cancers pulmonaire et prostatique est noté dans plusieurs études de suivi professionnel. Les études ne permettent pas de conclure sur un effet du cadmium pour la reproduction chez l'Homme.	Le cadmium est un toxique cumulatif : l'élimination très lente du produit explique l'évolution progressive des manifestations pathologiques, même après l'arrêt de l'exposition. Les principaux organes atteints sont les reins, les poumons et le tissu osseux. Certaines manifestations constituent davantage des signes d'exposition (d'ailleurs inconstamment retrouvés) que d'intoxication proprement dite. Les enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence une augmentation significative de la mortalité par maladies respiratoires chez des travailleurs exposés, de façon répétée ou prolongée, à de très fortes concentrations de fumées (plusieurs mg Cd/m ³). Les poussières respirables sont beaucoup moins nocives à cet égard. La survenue de cas de rhinite, d'hyposmie et de bronchite chronique est également rapportée. Les études cytogénétiques réalisées chez des travailleurs exposés au cadmium ont une signification limitée par le petit nombre de sujets étudiés, l'absence de groupe témoin correctement apparié et l'exposition simultanée à d'autres métaux lourds (zinc et plomb notamment). Elles ne permettent pas d'évaluer correctement le pouvoir génotoxique du métal chez l'homme. Plusieurs études épidémiologiques ont évalué le lien entre l'exposition professionnelle par inhalation au cadmium et le développement de cancers pulmonaires et prostatiques, et de manière plus limitée rénaux et hépatiques.

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Chrome	7440-47-3	<p>L'ingestion de sels de chrome entraîne une inflammation massive du tube digestif suivie d'une nécrose s'étendant de la bouche au jéjunum (douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, hématuries).</p> <p>L'ingestion de fortes doses de chrome VI induit des vertiges, une sensation de soif, des douleurs abdominales, des diarrhées hémorragiques et dans les cas les plus sévères un coma et la mort.</p> <p>Un syndrome hépatorénal, une coagulopathie sévère ou une hémolyse intravasculaire peuvent également survenir.</p>	<p>Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique. Il n'y a pas d'étude rapportant les effets du chrome (III) seul chez l'Homme.</p> <p>Cependant il a été montré que lors d'exposition au chrome sous la forme hexavalente ce dernier est tout ou partiellement réduit en chrome trivalent.</p> <p>Le contact répété avec la peau et les muqueuses et l'inhalation chronique d'atmosphères chargées d'aérosols de trioxyde de chrome entraînent des pathologies connues depuis longtemps.</p> <p>Au niveau cutané, on observe des ulcérations caractéristiques (pigeonneaux), peu étendues mais profondes, qui siègent surtout sur la face dorsale des mains ou sur la face latérale des doigts ; leur guérison est lente et laisse souvent des cicatrices rétractiles. Elles peuvent survenir à n'importe quel endroit du corps où il y a un contact cutané avec le chrome. On note également des dermatites eczématiformes.</p> <p>Au niveau des voies respiratoires, des atrophies, des ulcérations de la muqueuse nasale sont fréquentes, surtout en cas d'hygiène personnelle insuffisante avec apport du chrome au niveau du nez par les doigts. Elles aboutissent souvent à des perforations de la cloison. C'est pourquoi dans l'industrie de l'électrometallurgie, des cas ont été observés pour des niveaux atmosphériques très faibles (inférieur à 0,004 mg/m³ de trioxyde de chrome). On peut observer également des rhinites chroniques avec saignement de nez, des laryngites et des pharyngites et aussi des ulcérations bronchiques et des bronchites rebelles.</p> <p>De rares cas d'asthme ont été décrits lors d'expositions à du chrome VI, dont plusieurs dans le cadre d'usine d'électrolyse. Il est possible enfin de rencontrer des effets digestifs (œsophagites, gastro-entérites, ulcères gastroduodénaux) et des néphrites tubulaires.</p> <p>Les atteintes rénales semblent survenir aux mêmes niveaux d'exposition que les atteintes pulmonaires.</p>
Éthylbenzène	100-41-4	<p>La voie d'exposition principale est la voie inhalatoire, les voies cutanée et orale sont secondaires. L'exposition de volontaires à des vapeurs d'éthylbenzène a causé une irritation transitoire des yeux qui est apparue pour une concentration de 200 ppm. Lorsque la concentration augmente, on observe un larmoiement et une irritation de la muqueuse nasale et du tractus respiratoire supérieur. Cet effet devient intolérable à partir de 5000 ppm.</p> <p>Il peut s'y associer des signes de dépression du système nerveux central (fatigue, ébriété, marche titubante et incoordination motrice). En cas d'ingestion, de fréquentes fausses routes peuvent survenir, provoquant une atteinte bronchique parfois sévère.</p> <p>L'application cutanée peut être à l'origine d'une rougeur et d'une phlyctène.</p>	<p>L'inhalation répétée de concentrations supérieures à 100 ppm entraîne une asthénie, des céphalées et une irritation des yeux et des voies respiratoires. Des anomalies neurologiques fonctionnelles (syndrome psycho-organique) ont été mises en évidence chez des salariés exposés à des mélanges de solvants aromatiques dont l'éthylbenzène. Les contacts cutanés sont à l'origine d'une dermatose liée à une action sur la couche lipidique ; elle se traduit par une peau sèche et craquelée. Dans certaines études, des perturbations hématologiques (leucopénie, lymphopénie) ainsi que des désordres hépatiques sont mentionnés.</p> <p>L'éthylbenzène n'est pas un sensibilisant cutané.</p> <p>Deux études déjà anciennes n'ont pas mis en évidence d'augmentation de cancers chez des sujets exposés à de l'éthylbenzène mais également à du benzène dans un cas, et à du benzène, toluène et styrène dans l'autre. Ces études sont jugées insuffisantes pour évaluer le risque cancérigène de l'éthylbenzène chez l'Homme.</p>

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Formaldéhyde	50-00-0	<p>Chez l'Homme, le formaldéhyde est très irritant par inhalation, pour les yeux, le nez et la gorge à de très faibles concentrations de l'ordre de 0,2 à 1,6 ppm (0,25 à 2 mg.m⁻³).</p> <p>Par voie orale, il peut être à l'origine de troubles respiratoires importants et de lésions viscérales sévères (estomac, intestin, reins). Le formaldéhyde est faiblement irritant pour la peau à des concentrations inférieures à 1% et corrosif à concentrations élevées.</p>	<p>Les principaux effets observés, chez l'homme, sont des effets locaux au niveau des voies aériennes supérieures avec une irritation des yeux, du nez et de la gorge, et des lésions de l'épithélium nasal. Le formaldéhyde possède également des propriétés de sensibilisation cutanée. Les études menées chez l'animal confirment la sensibilité des voies aériennes supérieures à une exposition chronique de formaldéhyde. L'exposition au formaldéhyde par voie orale n'est pas documentée chez l'Homme, cependant les études menées chez l'animal ont montré un excès de mortalité chez le rat, avec des lésions au niveau du tractus digestif.</p>
Mercure	7439-97-6	<p>Chez l'Homme, l'exposition unique à de fortes concentrations en mercure élémentaire peut provoquer des céphalées, des convulsions, un électroencéphalogramme anormal, et des troubles respiratoires, pouvant conduire à la mort par asphyxie. L'intoxication aiguë par les sels de mercures inorganiques se traduit surtout par un choc hémodynamique, ainsi que par des insuffisances cardio-vasculaires et rénales, des dommages gastro-intestinaux pouvant aller jusqu'à la mort ainsi que des effets respiratoires (œdème pulmonaire). Le mercure sous forme de sels organiques peut également provoquer la mort. Les mêmes organes cibles sont observés chez l'animal.</p>	<p>Chez l'Homme, les deux principaux organes cibles du mercure élémentaire et du mercure inorganique sont le système nerveux central et le rein. Ainsi, les principaux symptômes d'intoxication par le mercure sont d'ordre neurologique comme des troubles de la psychomotricité, des troubles cognitifs et des modifications de la personnalité (comme de l'irritabilité, de l'anxiété). Le mercure atteint également les reins (lésions glomérulaires et tubulaires) et induit une protéinurie. Enfin, il est également observé des troubles cardiovasculaires (tachycardie, hypertension artérielle), respiratoires, hépatiques et immunologiques. Le mercure organique atteint essentiellement le cerveau.</p>
Naphtalène	91-20-3	<p>Chez l'Homme, le naphtalène induit des anémies hémolytiques, peut affecter le foie et un cas de cataracte bilatérale est également rapporté. Les populations déficientes en G6PD sont particulièrement concernées, notamment les jeunes enfants. Le naphtalène peut induire des irritations cutanées et oculaires.</p>	<p>Chez l'Homme, dans les rares cas décrits d'exposition au naphtalène, les effets observés sont des anémies hémolytiques et des cataractes.</p> <p>Chez l'animal, les effets observés confirment ceux décrits chez l'homme : anémie hémolytique et cataracte. Pour des expositions par inhalation, le naphtalène induit des lésions pulmonaires de type inflammation chronique.</p>
Nickel	7440-02-0	<p>L'intoxication aiguë accidentelle par voie orale provoque essentiellement des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée, douleurs abdominales), des céphalées et une asthénie associée parfois à une bradycardie et à une légère hypothermie. Ces signes cèdent souvent assez rapidement mais, dans certains cas, peuvent persister quelques jours.</p> <p>Après l'inhalation d'une concentration estimée à plusieurs centaines de mg/m³ pendant une heure et demie, un salarié a présenté une détresse respiratoire sévère qui s'est avérée mortelle au bout de 13 jours. Plusieurs intoxications anciennes, liées à l'inhalation de poussières de nickel, sont rapportées, dont certaines mortelles.</p> <p>L'absorption cutanée est faible et aucun effet général n'est noté par cette voie. Les contacts oculaires n'induisent pas de lésions notables en dehors d'un effet mécanique habituel aux poussières. Le nickel et ses oxydes ne sont pas irritants pour la peau saine.</p>	<p>Le nickel est connu depuis longtemps comme l'allergène le plus courant pour la peau. L'inhalation de sels de nickel a provoqué des cas d'asthme, associés ou non à des rhinites et des urticaires. Ces pathologies surviennent parfois chez des sujets présentant un eczéma. Les expositions au nickel ou ses oxydes sont rarement en cause.</p> <p>Les effets chroniques respiratoires du nickel ont été largement étudiés, certaines études indiquent un excès de bronchites chroniques ou de perturbations des fonctions respiratoires. Toutefois, les salariés étaient toujours exposés à plusieurs polluants (comme dans le soudage) et il n'est pas possible d'incriminer seulement le nickel métal ou ses oxydes dans l'origine de ces pathologies.</p>

COMPOSES	N°CAS	Toxicité aiguë	Toxicité subchronique et chronique
Plomb	7439-92-1	Chez l'Homme, l'intoxication aiguë au plomb se traduit par des troubles digestifs, des atteintes rénales (atteinte tubulaire) et hépatiques, des effets sur le système nerveux central ainsi qu'une perturbation de la synthèse de l'hème. Chez les animaux, les mêmes effets sont observés.	Chez l'Homme, les principaux effets systémiques sont observés au niveau du système nerveux central et périphérique (encéphalopathie, neuropathies périphériques, troubles mentaux organiques). Une anémie microcytaire hypochrome est aussi observée, de même que des atteintes rénales (néphropathie tubulaire proximale, fibrose interstitielle et atrophie tubulaire, insuffisance rénale avec sclérose glomérulaire), une augmentation de la pression artérielle, des effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants. Les études réalisées chez les animaux donnent des résultats concordants avec les observations chez l'Homme.
Toluène	108-88-3	L'exposition aiguë est responsable d'une dépression du système nerveux central, de troubles digestifs et d'une pneumopathie (en cas d'ingestion). Une irritation de la peau et des yeux réversible peut être notée.	L'exposition répétée peut être à l'origine de signes neurologiques centraux (psychosyndrome organique, altération de l'audition et de la vision des couleurs). Des atteintes hépatiques et rénales ont également été rapportées. Une dermatose chronique peut être observée en cas de contact répété. Les tests de génotoxicité sont généralement négatifs et il n'y a pas de donnée suffisante sur un effet cancérigène du toluène chez l'Homme. Une augmentation du nombre de fausses-couches et une fœtotoxicité ont été décrites.
Xylènes	1330-20-7	Les effets observés sont une hyperexcitabilité neurologique puis une dépression du système nerveux central et chez le rat, une cytolysé hépatique. Le xylène provoque une irritation cutanée chez le lapin, et oculaire chez le lapin et le chat, et respiratoire chez la souris.	La toxicité aiguë comprend notamment des troubles digestifs, une dépression du SNC, une pneumopathie d'inhalation (ingestion) ; des effets neurologiques (inhalation). Les xylènes peuvent provoquer une irritation (respiratoire, oculaire, cutanée). La toxicité chronique se caractérise surtout par un syndrome psycho-organique. Les tests de génotoxicité réalisés sont négatifs. Les données disponibles ne permettent pas de statuer formellement sur la cancérigénicité ou sur la reprotoxicité propre des xylènes

TechniSim Consultants

316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

Mèl : technisim@wanadoo.fr

Le contenu de ce rapport est uniquement valable pour le projet faisant l'objet de cette étude.
Toute utilisation à d'autres fins que celles du présent dossier doit faire l'objet d'une autorisation d'exploitation.

ADDENDA : L'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation.
Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique.
Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est inclus dans la prestation.

→ FIN de DOCUMENT ←

**3.5 ANNEXE 5 : ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES,
AXENNE, JUIN 2021**

ETABLISSEMENT PUBLIC D'AMENAGEMENT ECO-VALLEE PLAINE DU VAR

Projet de création de la ZAC Parc Méridia

Métropole Nice Côte d'Azur



Dossier d'étude d'impact au stade de création de la ZAC



Nouveau logo Nice Eco-Vallee

1 GISEMENT DISPONIBLE EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION

Le Grenelle I, dans son article 8, a modifié le code de l'urbanisme (article L.128-4) afin de rendre obligatoire « une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération » pour toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L.300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact.

Cette étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables doit permettre d'analyser les atouts et contraintes de l'opération pour la valorisation du potentiel en énergies renouvelables (EnR) du territoire d'implantation de la zone d'aménagement. Il sera ainsi possible d'optimiser le recours aux énergies renouvelables afin de diminuer le recours aux énergies traditionnelles et fossiles et d'envisager au plus tôt dans le projet d'aménagement le raccordement ou la création de réseaux de chaleur et / ou de froid.

À l'issue de cette étude, l'EPA Ecovallée Plaine du Var disposera d'éléments d'aide à la décision pour optimiser le recours aux énergies renouvelables compte tenu des priorités et choix d'aménagement.

La mission proposée s'articule en 2 phases :

- ▶ Un diagnostic du territoire au regard des gisements en énergies renouvelables, des contraintes s'y appliquant, des acteurs en présence, des volontés locales, des caractéristiques du territoire qui constitue le présent état initial.
- ▶ Une analyse du projet d'aménagement sur la base de la programmation envisagée : des besoins énergétiques et des solutions d'approvisionnement pertinentes pour le projet.

1.1 PRESENTATION DU SITE

1.1.1 LOCALISATION

Le secteur Grand Meridia est localisé à l'entrée ouest de la ville de Nice, à proximité de l'aéroport international sur un périmètre compris entre la ZAC Nice Méridia et le Stade Allianz Riviera, il s'étend sur une soixantaine d'hectares.



Figure 1 : Vue aérienne du site de la ZAC du Grand Méridia

1.1.2 ACCESSIBILITE

Le site sera desservi du nord au sud par le boulevard du Mercantour.

1.1.3 TOPOGRAPHIE

L'altitude du site se situe entre 10 et 20 m ; le terrain est globalement plat sur la zone de construction.

1.1.4 OCCUPATION DU SOL

Le site est actuellement occupé dans la quasi-totalité par des activités de type logistique / industries.

1.1.5 CONTRAINTES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Le secteur de la ZAC est soumis au Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles d'Inondation de la basse vallée du Var (PPRi).

La zone est également soumise à prescriptions de la DGAC en termes d'installations solaires susceptibles de provoquer un éblouissement pour le transport aérien dans un rayon de 3km autour de l'aéroport.

1.1.6 ELEMENTS DE PROGRAMMATION

L'opération Grand Méridia vise à accélérer et amplifier le développement économique et urbain engagé sur l'ensemble de l'EcoVallée. Sur un périmètre d'une soixantaine d'hectares, l'opération Grand Méridia prévoit le développement de 653 500 m² de surface de plancher (SDP), dont :

- 446 000 m² de surface de plancher de logements, se répartissant en 35% de logement social, 5% d'accession sociale et 60% d'accession libre,
- 141 000 m² de surface de plancher d'activités économiques : bureaux, laboratoires et locaux d'activités,
- 36 500 m² de surface de plancher commerce, dont environ 15 000 m² correspondant à la relocalisation de commerces existants,
- 30 000 m² d'équipements publics : deux groupes scolaires de quinze classes, une crèche de quarante places, un centre socio-éducatif de type AnimaNice de l'ordre de 700 m² de surface de plancher et un centre aquatique.

Il est précisé que des équipements structurants autour de l'enseignement ou de la santé, pour une surface de plancher estimative de l'ordre de 50 000 m² sont à l'étude.

1.1.7 BATIMENTS EXISTANTS A PROXIMITE

Cette partie s'intéresse aux bâtiments existants aux alentours de la zone, ainsi qu'aux projets proches : en effet, ces bâtiments peuvent agir comme levier au développement de réseaux de chaleur, en améliorant la densité thermique et donc la rentabilité de réseaux potentiels.

Aux abords de la ZAC on trouve différentes zones aménagées dont la ZAC Méridia à l'Est, le Stade Charles Ehrmann / Nikaïa au sud ainsi qu'un ensemble d'équipements sportifs à l'Est, un centre équestre et le secteur agricole préservé des Baraques au nord. Plus au nord, on trouve le stade Allianz Riviera. Plus au sud, la future ZAC Grand Arénas et le quartier des Moulins.

1.2 FILIERES DE PRODUCTION D'ENERGIE THERMIQUE

1.2.1 Énergie solaire



Il s'agit de capter le rayonnement solaire via un capteur puis de redistribuer l'énergie qu'il contient par le biais d'un fluide caloporteur – qui peut être de l'eau, un liquide antigel ou même de l'air – et d'un circulateur.

Un capteur solaire thermique exposé au soleil capte une partie du rayonnement et réfléchit le reste : il convertit ensuite le rayonnement en chaleur et la transmet au fluide caloporteur.

1.2.1.1 Gisement

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement brut des filières solaires thermiques. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

A Données météorologiques

Les données météorologiques (températures extérieures, rayonnement, vitesse de vent) sont issues du logiciel Météonorm V7. La station prise en référence pour élaborer le climat sur le territoire est celle de Nice.

Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus (la réverbération du rayonnement direct sur la végétation, le sol, les immeubles, etc.).

Base météo de référence : Nice				
Altitude : 5 m				
Latitude : 43,67 °				
Longitude : 7,20 °				
MOIS	Ensoleillement à l'horizontale (en Wh/(m ² .j))	Température mini	Température moyenne	Température maxi
Janv	1 806	6,0	9,6	13,1
Févr	2 690	8,3	11,8	15,2
Mars	3 935	10,8	14,0	17,1
Avr	4 833	15,2	18,3	21,4
Mai	6 097	18,8	21,9	24,9
Juin	6 967	20,9	24,1	27,2
Juil	6 903	21,4	24,6	27,7
Août	6 000	17,2	20,6	24,0
Sept	4 533	14,1	17,6	21,0
Oct	2 871	9,3	12,8	16,2
Nov	1 900	6,1	9,6	13,0
Déc	1 516	0,0	0,0	0,0
Total annuel : 1526 kWh/(m ² .an)				

Sources : ensoleillement (période 1991 - 2010) / températures (période 2000 - 2009) - Météonorm V7

Figure 2 : Données mensuelles d'ensoleillement et de température

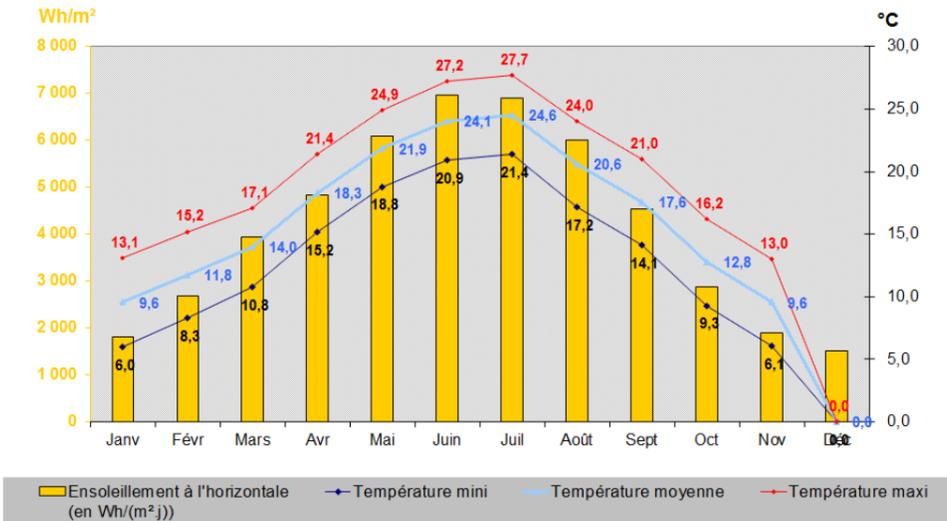


Figure 3 : Courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Nice

B Cartographie de l'ensoleillement

La carte suivante met en évidence l'ensoleillement annuel moyen sur le territoire. Les valeurs d'ensoleillement sont issues de la base de données SolarGIS détenue par Axenne (grille au pas de 250m). Les données d'ensoleillement sont calculées à partir des images du satellite Météosat, du relief, etc. entre 1994 et 2013.

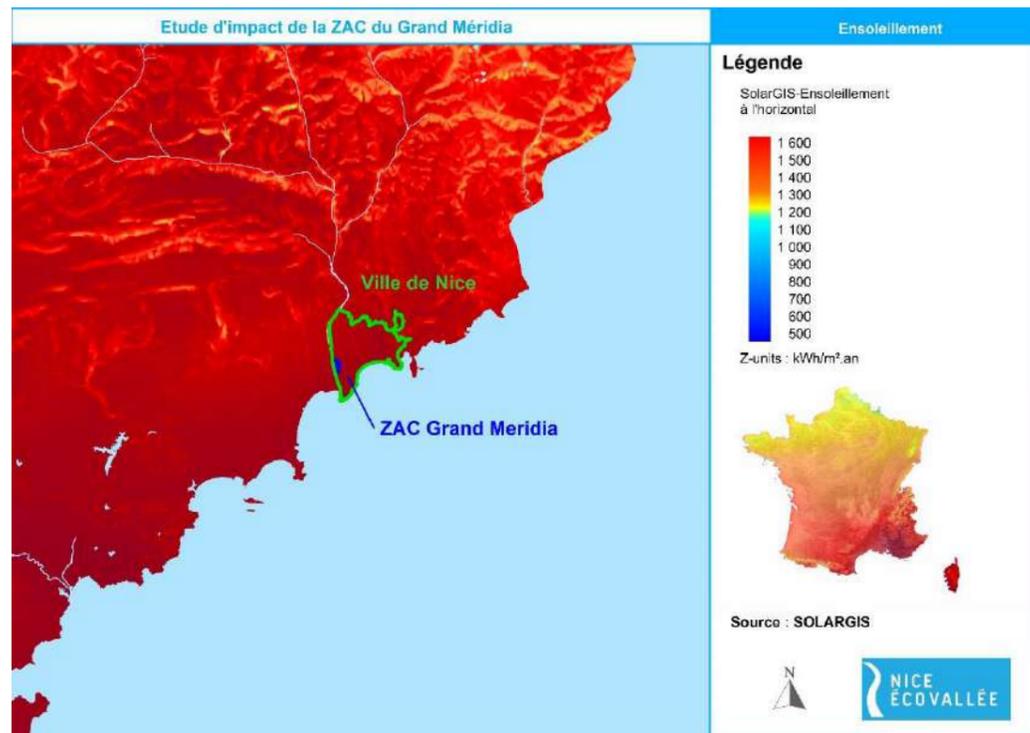


Figure 4 : Ensoleillement moyen annuel sur le territoire, prise en compte du relief

La plage de valeurs indiquée dans la légende comprend toutes les valeurs de l'ensoleillement en France pour la période donnée. Cette information permet de situer le territoire étudié par rapport à la France en ce qui concerne l'ensoleillement.

¹ Moyenne d'habitants par logement selon le Recensement de la population INSEE 2009

La zone d'étude bénéficie d'un ensoleillement annuel très au-dessus de la moyenne nationale de 1 530 kWh/m² par an sur l'ensemble du site.

1.2.1.2 Productible

Le productible d'une installation solaire thermique est illustré dans le cadre d'une installation collective.

Caractéristiques de l'installation (simulation SOLO 2000) :

- Consommation de 2 000 L/jour.
- Ballon de stockage de 2 000 L,
- 35 m² de capteurs,
- Orientation Sud et inclinaison à 45°,

Ces besoins correspondent à ceux d'un immeuble de 20 logements, avec en moyenne 2,35 habitants par logement¹, soit aux besoins en eau chaude sanitaire de 47 personnes environ. L'inclinaison des capteurs est optimisée pour une production d'eau chaude en hiver ; l'inclinaison des capteurs est donc importante au regard de la hauteur du soleil durant cette période de l'année (les capteurs produisent le maximum d'énergie lorsque les rayons du soleil arrivent à 90° dans le plan du capteur).

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 19 300kWh/an soit 65 % des besoins en eau chaude sanitaire du bâtiment considéré. La productivité des capteurs est de 580 kWh/m².

L'installation solaire thermique peut être utilisée pour alimenter en eau chaude sanitaire des logements et des équipements.

1.2.1.3 Contraintes

A Contraintes réglementaires

Dans l'objectif de protéger et conserver le patrimoine bâti présentant une importance particulière, différents types de protection existent en France : secteur sauvegardé, site classé, AVAP (Aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine) ou ZPPAUP (Zone de Protection du Patrimoine architectural, Urbain et Paysager), monument historique et site inscrit. Ces protections n'ont pas les mêmes implications, notamment en ce qui concerne la possibilité d'implanter une installation solaire thermique ou photovoltaïque à proximité.

L'emprise de la ZAC est située hors de toutes zones de protection du patrimoine (sites inscrits, sites classés, site patrimonial remarquable). Les monuments historiques présents autour du site sont situés à plus de 500m.

B Contraintes physiques

D'une manière générale et dans la mesure du possible, il est préférable de placer les bâtiments les plus hauts au nord afin d'éviter qu'ils ne projettent leurs ombres sur les bâtiments plus bas dont la toiture ne pourrait alors pas être équipée de capteurs solaires.

1.2.1.4 Potentiel

Des capteurs solaires thermiques peuvent être mis en place sur tous les bâtiments, il n'y a pas de contraintes réglementaires.

Les filières solaires thermiques présentent un gisement intéressant, et pourraient être sollicitées pour contribuer à l'approvisionnement énergétique du site.

1.2.2 Biomasse combustible



Le terme « bois-énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois. Cette énergie est au départ celle du soleil, transformée par les arbres lors de la photosynthèse. Elle est libérée sous forme de chaleur lors de la combustion du bois et est utilisée directement pour produire de la chaleur.

Le bois énergie est un mode de chauffage ancestral qui a récemment connu d'importantes évolutions technologiques : automatisation de l'alimentation, du décendrage et de la régulation pour les chaudières et certains poêles, amélioration des performances techniques et du rendement. Les produits développés apportent un grand confort sur le plan thermique et sont de plus en plus souples d'utilisation. Les niveaux de pollution (émissions de particules essentiellement) ont été réduits de manière importante par rapport aux anciens modèles.

Le bois-énergie est une énergie renouvelable qui ne court pas de risque de pénurie, à court ou à long terme, à condition de recourir à une gestion raisonnée de la forêt.

1.2.2.1 Gisement

L'approvisionnement de la filière bois énergie peut faire appel à des ressources bois de différentes natures, celles-ci pouvant déjà être captées par d'autres filières de valorisation du bois, en tout ou partie. Il est important de veiller à éviter les conflits d'usage de la ressource bois.

Le gisement est constitué de la ressource forestière (taillis, rémanents d'exploitation, etc.), mais également des sous-produits des industries du bois (sciures, copeaux, écorces, dosses, etc.), des bois de rebut non souillés (palettes, cagettes, etc.) et des résidus d'élagage. La plupart de ces matériaux doivent être transformés avant d'être utilisés dans une chaudière.

On considère en première approche que l'approvisionnement en combustible bois d'origine forestière est intéressant jusqu'à une distance de 50 km ; au-delà, deux problèmes se posent :

- Le coût du transport rend non compétitif le combustible,
- Les émissions polluantes dues au transport « annulent » l'intérêt de recourir au bois énergie pour ses qualités environnementales.

Une étude du gisement disponible en bois énergie sur la région PACA a été réalisée en 2009 par les communes forestières dans le cadre de la Mission Régionale Bois Energie. Les résultats de cette étude sont résumés dans ce chapitre.

A Ressource forestière

La carte ci-dessous permet de localiser les régions forestières situées dans un rayon de 50 km autour du site, et de visualiser les caractéristiques de la forêt sur cette même zone.

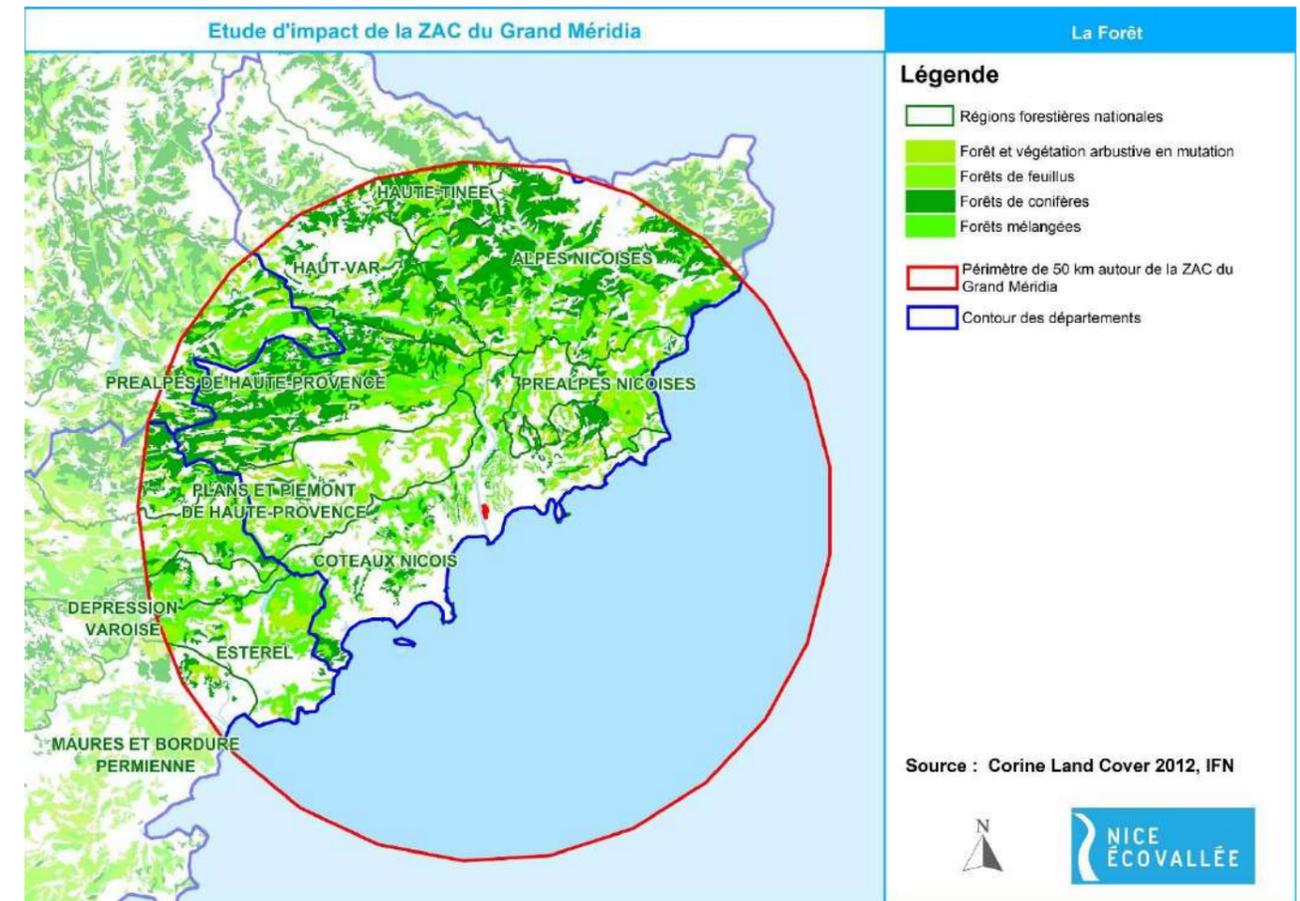


Figure 5 : La forêt et les régions forestières autour du site (carte : AXENNE)

Le site du projet se trouve sur la région forestière des Coteaux Niçois. Il s'agit de territoires peu boisés. Dans un rayon de 50 km on retrouve également les régions forestières plus boisées notamment les Préalpes de Haute-Provence.

Le rayon de 50 km correspond en grande partie au périmètre du département des Alpes-Maritimes. Le département présente un taux de boisement de 55 % contre 48 % en moyenne sur l'ensemble de la région PACA.

La ressource forestière peut être mobilisée pour différents usages selon la qualité des bois. La production de plaquettes pour un usage en bois énergie provient du bois de mauvaise qualité et du menu bois et branche.

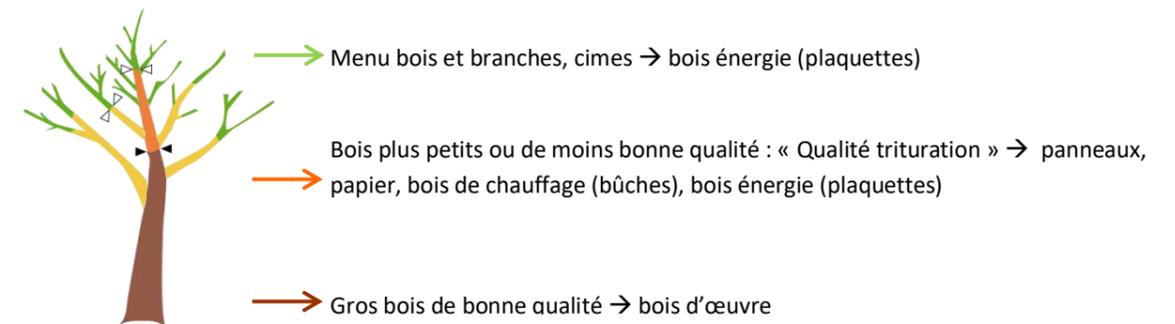


Figure 6 : Illustration des différentes qualités de bois

L'étude de 2009 indique le gisement théorique mobilisable par département pour la ressource forestière qui s'élève à 175 000 m³/an pour les Alpes Maritimes. A titre de comparaison, le volume de bois à destination du bois énergie prélevé en 2014, en PACA, est d'environ 283 000 m³ et, dans les Alpes Maritime, de seulement 4 550 m³.

Le gisement estimé correspond à la déduction de la récolte de bois d'industrie à la production annuelle estimée de bois d'industrie qui donne un volume théorique non exploité. En appliquant une déduction de 25% à ce volume (pour tenir compte de la part très difficile d'accès et du morcellement de la forêt privée) on obtient un volume théorique mobilisable.

Départ.	Volume théorique non exploité (m ³ /an)	Volume théorique mobilisable (m ³ /an)	Bois-énergie théorique mobilisable (MWh/an)	Bois-énergie théorique mobilisable (Tep/an)
04	234 000	175 500	400 000	34 000
05	203 000	152 250	350 000	32 000
06	233 000	174 750	400 000	34 000
13	58 000	43 500	100 000	9 000
83	168 000	126 000	300 000	26 000
84	68 000	51 000	100 000	9 000
Total	964 000	723 000	1 650 000	144 000

Figure 7 : Gisement en bois énergie mobilisable par département en région PACA
source : Communes forestières PACA – Synthèse bois disponibles pour l'énergie 2009

Par conséquent, la présence de bois en quantité est avérée autour du territoire d'étude.

Toutefois, le rapport de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur de 2014 précise que la forêt régionale est considérée comme largement sous-exploitée (prélèvements inférieurs à la production nette) à cause de la qualité moyenne des peuplements, du relief, des difficultés d'accès, des blocages « sociaux » devant les coupes de bois et du morcellement de la propriété. Il est à rappeler que la forêt régionale est multifonctionnelle et non pas dédiée exclusivement à l'exploitation du bois. Au-delà de son rôle économique, elle a des fonctions sociales, paysagères et environnementales (par exemple, l'absorption de chaleur par les couverts végétaux luttant contre le réchauffement climatique). Ces fonctions doivent être préservées par la mise en œuvre d'une gestion soutenable de la forêt, d'un prélèvement de la ressource limité à l'accroissement de la forêt, et d'une sylviculture dédiée aux différents usages du bois.

La mobilisation de cette ressource dépendra de l'évolution de la valeur du bois énergie rémunérée au propriétaire forestier, de la mobilisation des propriétaires privés, de la communication et la sensibilisation de la population et des communes sur l'exploitation forestière, ainsi que de la structuration de la filière en termes, entre autres, de matériel et de formation.

B Connexes issues de la transformation du bois

Les entreprises dites de première transformation du bois sont les scieries et les usines de déroulage et de tranchage. Les entreprises de fabrication d'emballage relèvent techniquement de la deuxième transformation, mais elles produisent le même type de connexes que les entreprises de la première transformation du bois. Les connexes de la première transformation sont les dosses, délignures, chutes de tronçonnage, la sciure et les écorces.

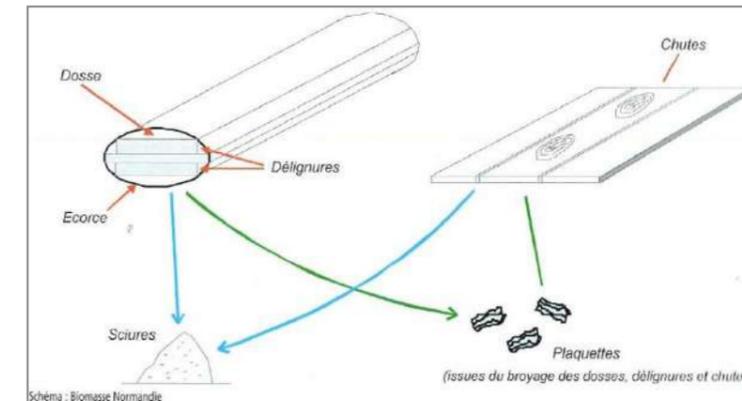


Figure 50 : Connexes de la première transformation du bois

Tous les produits connexes de scieries peuvent être valorisés pour l'énergie. L'utilisation des sciures nécessite cependant des chaudières spécialisées (notamment en ce qui concerne le mode d'introduction du combustible dans le foyer) que l'on ne retrouve généralement que dans les scieries ou les industries productrices de sciures.

Le Schéma régional Biomasse de Provence-Alpes-Côte d'Azur de 2019 indique qu'en région PACA le gisement des industries de la 1^{ère} transformation (scierie) représente 27 600 t/an dont 14 600 t utilisées en industrie, 4 300 t autoconsommée sous forme de bois énergie par les industries elles-mêmes et 8 700 t commercialisées. L'étude de la filière bois en région PACA par l'Agreste² indique par ailleurs que le département des Alpes-Maritimes représente près de la moitié du sciage de la région.

Concernant la 2nd transformation (trituration, bois d'œuvre), l'étude indique un gisement régional de l'ordre de 120 000 t, mais actuellement déjà valorisé en totalité par les industries elles-mêmes.

² Agreste PACA - Étude n°88 - décembre 2015

C Bois de rebut

Les bois de rebut sont des objets en bois en fin de vie ou usagés ; il peut s'agir de palettes perdues et usagées, de caisses et cagettes en bois usagées, de copeaux, sciures, écorces ou plaquettes, de planches, de meubles, de bois de démolition, etc.

Ce type de bois représente un gisement pour le bois énergie, mais sa valorisation n'est possible que sous certaines conditions : il est en effet indispensable pour que les plaquettes issues de bois de rebut puissent être brûlées en chaudière que le bois ayant servi à leur fabrication n'ait pas été traité (auquel cas il doit être incinéré dans un incinérateur agréé pour limiter l'émission de polluants) et qu'il ait été correctement déferraillé.

Il n'est pas toujours simple de remplir et/ou de prouver que ces conditions sont remplies. Si c'est le cas, alors le bois de rebut peut être envisagé en chaudière bois.

Le bois de rebut peut être classé en plusieurs catégories principales selon leur niveau de qualité et leur exploitabilité en chaufferie. Seul le bois non ou faiblement adjuvanté (référentiel ADEME 2008 - 3A – PFBV) ayant fait l'objet d'une sortie de statut de déchet est utilisable en ICPE 2910A. Dans les produits en fin de vie, seuls les déchets d'emballage (palettes, cagettes) ont fait l'objet d'une Sortie du Statut Déchets (SSD).

L'étude de 2009 estime le volume disponible à environ 15 000 t/an au niveau régional.

D Autres biomasses mobilisables localement

Le bois issu des élagages des bords de route ou de l'entretien des parcs & jardins peut également être mobilisé localement pour l'approvisionnement de chaufferies.

1.2.2.2 Fournisseurs locaux

Une liste non exhaustive de ces entreprises est fournie par la Mission Régionale Bois Energie. Il y a 3 fournisseurs recensés dans les Alpes Maritimes :

Commune	Entreprise
MOULINET	Belmon Bois Service Environnement
PUGET THENIERS	SARL Travaux et environnement
SAINT MARTIN DE VESUBIE	VESUBIA BOIS ENERGIE

1.2.2.3 Contraintes

Le bois énergie peut être utilisé pour approvisionner des bâtiments de manière individuelle ou mutualisée (réseau de chaleur). Dans tous les cas, la ou les chaufferies seront installées dans un bâtiment indépendant, accolé ou en sous-sols de bâtiments existants et seront équipées d'un silo de stockage du combustible. Ce silo devra être accessible pour la livraison du combustible par camions.

La chaufferie fournira la chaleur pour le chauffage et le plus souvent pour l'eau chaude sanitaire également, à hauteur de 85 % en moyenne, l'appoint étant réalisé par une chaudière au gaz naturel permettant ainsi de limiter la puissance de la chaudière bois et l'investissement.

A Accessibilité pour la livraison

La livraison du combustible pourrait être réalisée sans difficulté sur le site.

B Réserve foncière

- Lorsqu'il s'agit d'installations à l'échelle d'un bâtiment ou de petits réseaux de chaleur, la chaudière et le silo de stockage du combustible peuvent être intégrés aux bâtiments. Par exemple, pour une chaudière bois de 200 kW et un appoint/secours gaz de 400 kW, l'emprise foncière sera d'environ 25 m² pour la chaufferie plus 25 m² pour le silo.
- Dans le cas d'un réseau de chaleur plus important, la chaufferie et le silo nécessitent un bâtiment dédié et constituent un élément impactant en termes de réserve foncière. Une chaufferie bois/appoint gaz de 2 MW nécessite 150-200 m², silo compris.
- Dans le cas d'un raccordement à un réseau existant de périmètre plus large, les sous-stations sont installées en pied d'immeuble et prennent peu de place (équivalent à une chaufferie gaz).

Il sera également nécessaire d'étudier l'accessibilité du ou des silos de stockage depuis la rue afin que les camions puissent effectuer la livraison, ainsi que la possibilité d'effectuer des manœuvres de retournement une fois la livraison effectuée.

C Risque d'inondation

Il est impératif que l'eau ne puisse pas s'infiltrer dans le silo car elle humidifierait le combustible, provoquant ainsi une baisse de son pouvoir calorifique et un risque de fermentation si une grande quantité d'eau est présente. De plus, la ventilation est nécessaire afin d'éliminer l'humidité résiduelle et évacuer la condensation qui pourrait intervenir avec des plaquettes non complètement sèches. De plus, pour améliorer la sécurité des biens et leur pérennité, il est préférable de mettre hors d'eau les installations de chauffage.

De ce fait, l'implantation d'un silo de stockage des combustibles bois dépend du niveau des plus hautes eaux sur la zone : le silo peut être en partie situé sous le niveau de plus hautes eaux s'il est parfaitement étanché sur cette partie, et si les grilles de ventilation sont au-dessus du niveau de plus hautes eaux. Suivant le niveau de plus hautes eaux, il pourrait être nécessaire d'envisager un silo semi-enterré ou entièrement aérien.

D Nuisances

Suivant la fréquence de livraisons, celles-ci peuvent générer une nuisance pour le voisinage. Il s'agit d'une nuisance comparable à la livraison effectuée chez un commerce.

1.2.2.4 Potentiel

Au vu des ressources et de l'offre locale, il serait tout à fait possible de couvrir les besoins de chaleur de la ZAC par des chaudières en pied d'immeuble ou un réseau de chaleur au bois énergie. Il sera nécessaire de prendre en compte le risque inondation pour la conception des équipements.

1.2.3 Géothermie



La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches constitutives de la croûte terrestre. Elle provient également, pour une faible part, des échanges thermiques avec les zones internes de la Terre dont les températures s'étagent de 1 000°C à 4 300°C. Enfin, en ce qui concerne la géothermie dite de surface, la chaleur de la couche superficielle du sous-sol est en partie influencée par le climat.

L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé « gradient géothermal ». Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3°C par 100 mètres. Les gisements géothermiques sont qualifiés en fonction de leur température notamment, de haute à très basse énergie (cf. figure ci-après).

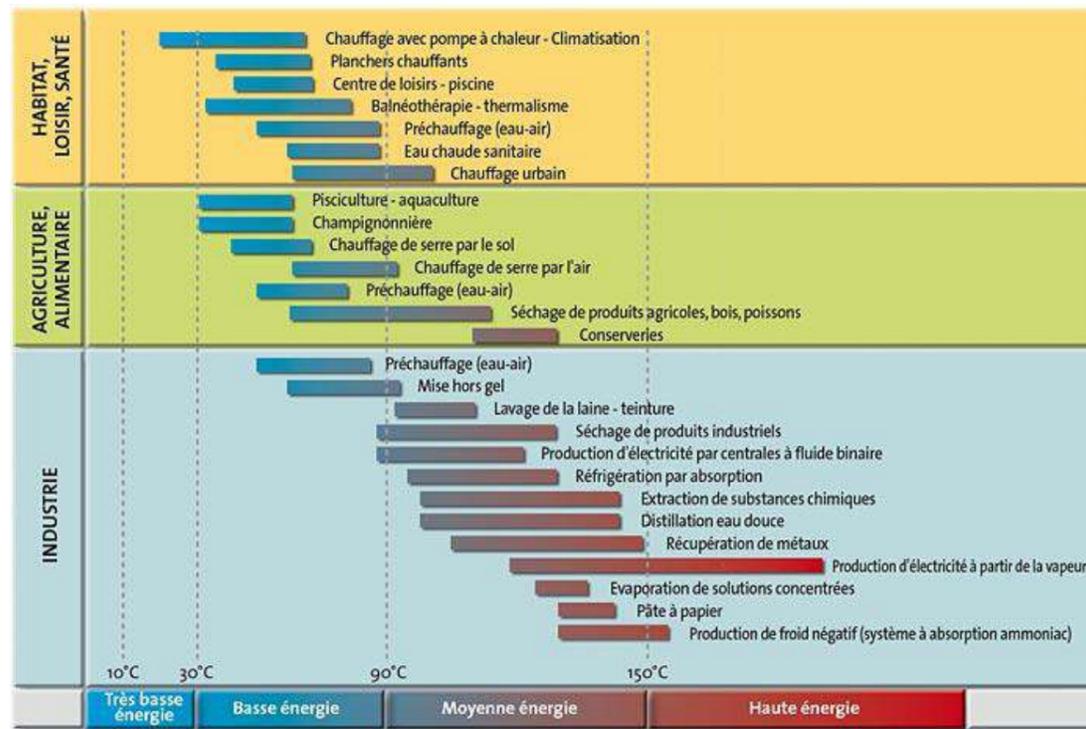


Figure 8 : Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures (Source : Géothermie Perspectives)

On distingue cinq catégories de géothermie, suivant le niveau de température des fluides exploités :

- La **géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30°C – profondeur inférieure à 100 m) : par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC), l'énergie du sous-sol est utilisée pour le chauffage et/ou le rafraîchissement de locaux.
- La **géothermie basse énergie** (température comprise entre 30 et 90°C) est destinée au chauffage urbain, à certaines utilisations industrielles, au thermalisme ou encore à la balnéothérapie. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires (profondeur comprise entre 1 500 et 2 500 mètres).

- La **géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90 et 150°C) : eau chaude ou vapeur humide) : elle est destinée à des usages thermiques tels que des utilisations industrielles et peut être utilisée pour la production d'électricité (technologie faisant appel à un fluide intermédiaire).
- Elle se retrouve dans les zones propices à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 mètres. Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2 000 à 4 000 mètres.
- La **géothermie haute énergie** (température supérieure à 150°C) : Les réservoirs, généralement localisés entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermal anormalement élevé. Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.
- La **géothermie profonde des roches chaudes fracturées** (hot dry rock) : Elle s'apparente à la création artificielle d'un gisement géothermique dans un massif cristallin. À trois, quatre ou cinq kilomètres de profondeur, de l'eau est injectée sous pression dans la roche. Elle se réchauffe en circulant dans les failles et la vapeur qui s'en dégage est pompée jusqu'à un échangeur de chaleur permettant la production d'électricité. Plusieurs expérimentations de cette technique sont en cours dans le monde, notamment sur le site de Soultz-Sous-Forêts en Alsace.

Seule la géothermie très basse énergie est étudiée ci-après pour l'approvisionnement énergétique de la zone. En effet, les besoins énergétiques et le contexte de la zone à construire ne permettent pas d'envisager le recours aux autres types de géothermies³.

1.2.3.1 Gisement

Les pompes à chaleur (PAC) sont un élément indispensable pour la valorisation de la géothermie très basse énergie. Ce sont des systèmes thermodynamiques fonctionnant sur le même principe que les réfrigérateurs, le processus étant inversé pour produire de la chaleur. Elles ont globalement un COP (Coefficient de Performance) de 4 ce qui signifie que pour 1 kWh d'électricité consommée, elles en produisent 4. La consommation pour le chauffage est donc divisée par quatre par rapport à un chauffage électrique ; le confort est également nettement amélioré si l'on compare avec un chauffage électrique direct.

Parmi les pompes à chaleur, plusieurs technologies existent, qui se distinguent suivant leur type de capteurs :

- capteurs horizontaux** : ils permettent une installation à moindre coût, mais ils nécessitent une grande surface de pose (1,5 à 2 fois la surface à chauffer). Il s'agit de tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène qui sont installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de 0,60 m à 1,20 m). → **Cette technologie est réservée aux maisons existantes – les maisons neuves ayant de faibles besoins en énergie qui ne justifient pas un tel équipement – et ne sera donc pas étudiée dans le cadre de la ZAC.**
- capteurs verticaux** : ils sont constitués de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage (jusqu'à 200 m de profondeur) et scellés dans celui-ci par du ciment. On y fait circuler en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel. La capacité d'absorption calorifique moyenne d'un

³ Les forages doivent être réalisés à des profondeurs telles qu'ils nécessitent un investissement très important qui sera difficilement rentabilisé si les besoins de chaleur ne sont pas très importants et très concentrés : on estime qu'il faut desservir au minimum 3 000 équivalents-logements dans un rayon de 3 à 4 km pour la géothermie basse énergie (source : ADEME IDF). Remarque : Un

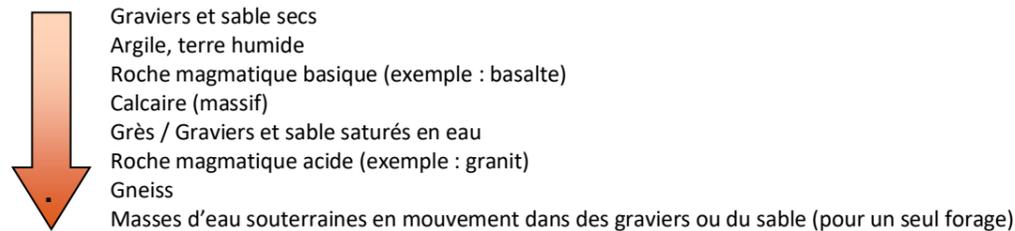
équivalent logement correspond à la consommation d'un logement de 70 m² construit selon les normes en vigueur au milieu des années 90, soit environ 11 MWh/an de chaleur utile en chauffage et en eau chaude.

capteur vertical est d'environ 50 W par mètre de forage, il faut donc souvent utiliser deux ou plusieurs capteurs qui doivent être distants d'au moins une dizaine de mètres. Il peut également s'agir de capteurs intégrés dans les fondations sur pieux du bâtiment (tubes polyéthylène noyés dans le béton). On parle de géostructures ou fondations thermoactives.

- **capteurs sur nappe** : deux tubes distincts puisent l'eau dans un aquifère peu profond puis la restituent. Le fluide utilisé est alors directement l'eau de l'aquifère (Cf. § 1.4).

Il est nécessaire de faire appel à une entreprise de forage qualifiée et de respecter les procédures administratives concernant la protection du sous-sol.

La conductivité thermique d'un terrain varie essentiellement suivant son humidité et sa texture. La figure ci-dessous montre la variation du potentiel en fonction du type de sous-sol :



La Base de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM recense les forages réalisés sur tout le pays et permet d'obtenir pour certains d'entre eux des coupes géologiques à différentes profondeurs.

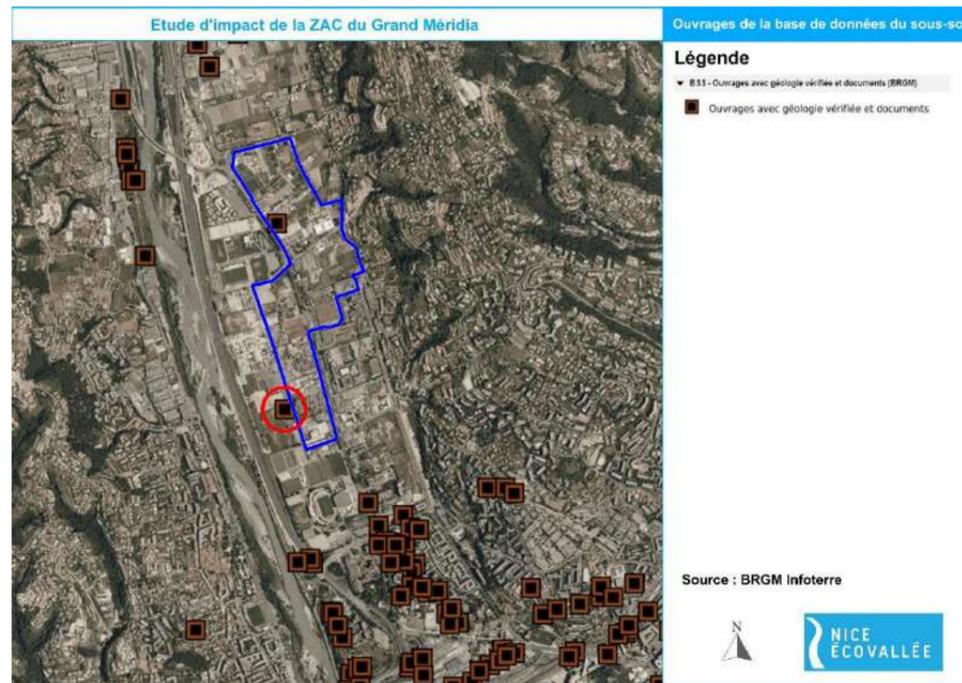


Figure 9 : Ouvrages de la banque de données du sous-sol (BRGM)

Le forage entouré en rouge sur la carte présente la géologie suivante :

Profondeur	Composition
0 à 18 m	Sables, graviers, galets
18 à 20 m	Argiles, graviers, galets
20 à 40 m	Sables, graviers, galets

Ces caractéristiques laissent supposer une conductivité thermique plutôt faible jusqu'à 40 mètres de profondeur, les caractéristiques du sous-sol ne sont pas connues au-delà.

Cependant, d'une manière générale, **la mise en place de pompes à chaleur sur capteurs verticaux est possible et intéressante partout en France, donc également sur le territoire de la ZAC.** Il serait toutefois nécessaire de réaliser un test de réponse thermique du terrain pour connaître précisément la capacité thermique du terrain.

1.2.3.2 Contraintes du site

Il existe plusieurs contraintes à la mise en place d'installations géothermiques : risques de mouvement de terrain, présence de cavités, risque de remontée de nappe, etc. Le BRGM et le CEREMA ont établi une carte des zones relatives à la géothermie de minime importance⁴ pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Cette carte s'appuie sur une méthodologie d'élaboration prenant en compte neuf phénomènes redoutés pouvant apparaître lors d'un forage géothermique de minime importance :

- Affaissement / surrection lié aux niveaux d'évaporites,
- Affaissement / effondrement lié aux cavités (minières ou non minières),
- Mouvement ou glissement de terrain,
- Pollution des sols et des nappes,
- Artésianisme,
- Mise en communication d'aquifères,
- Remontée de nappe.

La carte distingue trois zones selon l'importance des phénomènes. Celles-ci sont définies dans l'article 22-6 du décret n°2006-649 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains (article créé par le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015) :

- **Zones rouges** : zones dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance.
 - ➔ Une installation géothermique dans ce type de zone relèvera alors de la géothermie de basse température et nécessitera donc le dépôt d'une demande d'autorisation.
- **Zones orange** : zones dans lesquelles les activités géothermiques ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves et dans lesquelles est exigée la production d'une attestation d'un expert agréé. Celle-ci doit constater la compatibilité du projet au regard du contexte géologique de la zone d'implantation et de l'absence de dangers et inconvénients graves.
 - ➔ Le régime déclaratif s'applique. La réalisation de l'ouvrage nécessite l'avis d'un expert géologue ou hydrogéologue et le recours à un foreur qualifié.

⁴ Sont considérées comme des exploitations de gîtes géothermiques à basse température relevant du régime de la minime importance :
- Les activités recourant à des **échangeurs géothermiques fermés** (géothermie sur capteurs verticaux) dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW.

- Les activités recourant à des **échangeurs géothermiques ouverts** (géothermie sur nappe) dont la température de l'eau prélevée est inférieure à 25°C, dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW. Les eaux prélevées doivent être en totalité réinjectées dans le même aquifère. Les débits prélevés ou réinjectés doivent être inférieurs à 80 m³/h.

- **Zones vertes** : zones dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter des dangers et inconvénients graves.

→ *Le régime déclaratif s'applique. Il est nécessaire de recourir à un foreur qualifié.*

La totalité de la ZAC est éligible à la géothermie de minime importance sur capteurs verticaux sans contraintes (zone verte). Les seules contraintes identifiées sont le risque de mouvements de terrain (aléa de retrait-gonflement des argiles moyen) et le risque d'inondation par remontée de nappe.

Par conséquent, les têtes de forages devront être situées au-dessus du niveau des plus hautes eaux de manière à ce que l'eau ne puisse pas rentrer dans le forage en cas d'inondation, et risquer de polluer la nappe.

1.2.4 Potentiel

La géothermie très basse énergie sur capteurs verticaux ou pieux géothermiques présente un potentiel a priori intéressant ; il pourra s'agir d'une source d'approvisionnement en énergie pour les bâtiments ayant de faibles besoins et/ou des besoins de chaud et de froid. Des tests en réponse thermique sont nécessaires pour identifier précisément la puissance spécifique qui pourra être mobilisée.

1.2.5 Hydrothermie



L'hydrothermie est la récupération de chaleur sur l'eau de nappes ou de cours d'eau (cf. Article 19 de la Loi 2009-967 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite Grenelle I).

1.2.5.1 Aquifères superficiels

Un atlas du potentiel d'utilisation des aquifères superficiels accompagné d'un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse énergie a été réalisé par le BRGM sur la région PACA. Pour chaque aquifère superficiel, des données telles que la profondeur, l'épaisseur, la température, le débit, la minéralisation, le potentiel géothermique voire la puissance possible à installer, etc. sont disponibles.

L'étude repose sur une analyse multicritères du sous-sol, basée sur les paramètres suivants :

- La profondeur d'accès à la ressource ;
- Le débit exploitable ;
- La température de l'aquifère

Remarque : cet atlas ne se substitue pas à une étude détaillée d'un bureau d'études spécialisé dans le but de confirmer la présence d'un potentiel supposé sur la zone considérée.

La carte page suivante présente le potentiel du meilleur aquifère au droit de la ZAC.

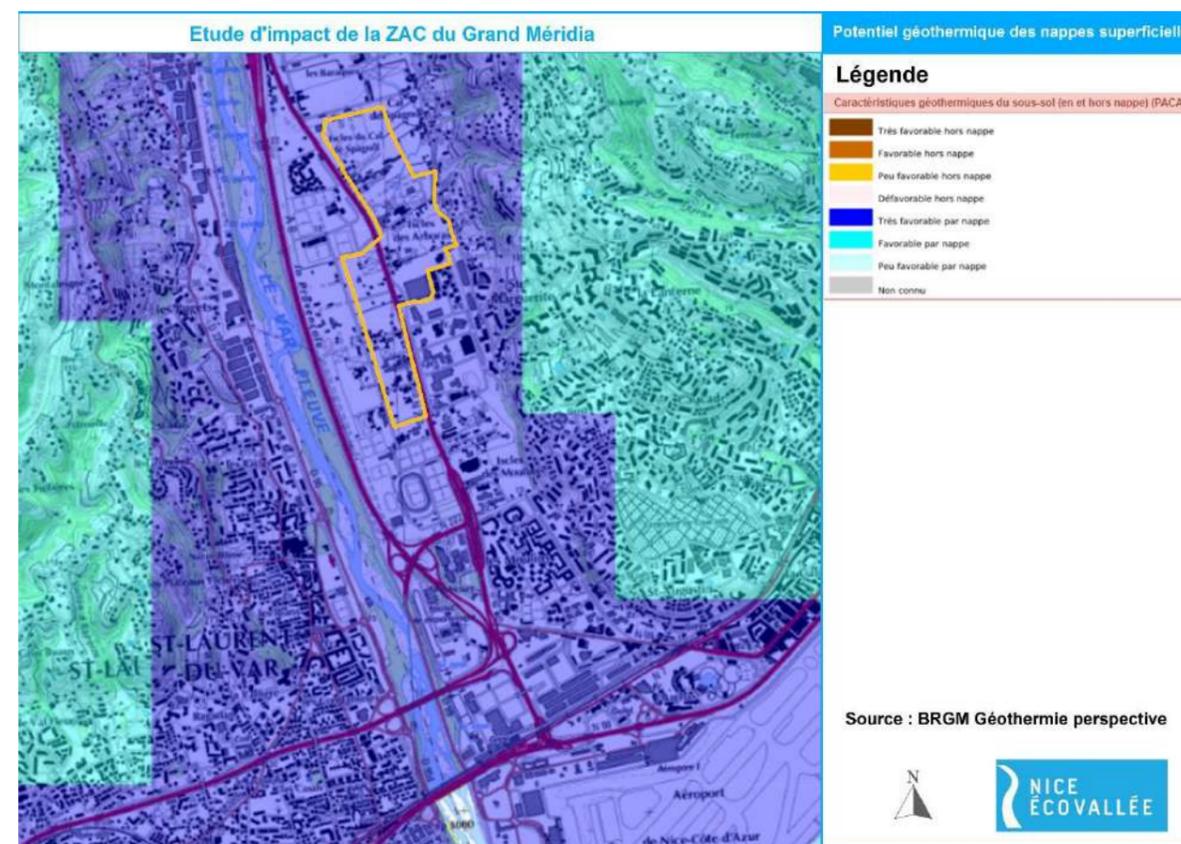


Figure 10 : Caractéristiques géothermiques du meilleur aquifère (source : BRGM)

Le meilleur aquifère présent au droit du site est situé à environ 23 m de profondeur. Il s'agit de la nappe des Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var. Il présente un débit moyen mobilisable de l'ordre de 1 500 m³/h et une température de 15 °C. Son potentiel est considéré comme très favorable au droit du site.

II Ces informations ne se substituent pas à une étude de faisabilité détaillée d'un bureau d'études spécialisé, dans le but de confirmer la présence d'un potentiel supposé sur la zone considérée.

Cette ressource est par ailleurs exploitée pour alimenter le réseau de la ZAC Méridia au sud-est du projet. Un pompage de 430 m³/h alimente un réseau de chaleur et de froid de 1,6 km couplé à un système de stockage de froid (voir § 1.2.9). La partie sud du projet est d'ores et déjà intégré à la DSP du réseau de chaleur/froid de la ZAC Méridia et devrait à terme y être raccordé. La possibilité d'étendre ce réseau à l'ensemble du projet fait actuellement l'objet d'études approfondies afin de connaître les possibilités d'augmentation de puissance au niveau des installations existantes ou de création de nouvelles installations (forages). Dans ce cas, il sera nécessaire d'étudier les interactions entre les différents forages de pompage et de réinjection.

1.2.5.2 Contraintes

Il existe plusieurs contraintes à la mise en place d'installations géothermiques : risques de mouvement de terrain, présence de cavités, risque de remontée de nappe, etc.

Le BRGM et le CEREMA ont établi une carte des zones relatives à la géothermie de minime importance pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (voir § 1.2.3.2).

La totalité de la ZAC est éligible à la géothermie de minime importance sur nappe sans contraintes (zone verte). Les seules contraintes identifiées sont le risque de mouvements de terrain (aléa de retrait-gonflement des argiles moyen) et le risque d'inondation par remontée de nappe.

Par conséquent, les têtes de forages devront être situées au-dessus du niveau des plus hautes eaux de manière à ce que l'eau ne puisse pas rentrer dans le forage en cas d'inondation, et risquer de polluer la nappe.

La ZAC est située en dehors du périmètre de protection rapproché du captage AEP de Sagnes situé sur la zone du Grand Arenas plus au sud.

1.2.5.3 Potentiel

La géothermie très basse énergie sur la nappe des Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var semble très intéressant sur la ZAC. La mobilisation de cette ressource pourra être réalisée par le biais d'un réseau de chaleur et de froid via le raccordement d'une partie de la ZAC au réseau existant de la ZAC Méridia et éventuellement son extension sur le reste du projet.

1.2.6 Aérothermie



L'aérothermie est la récupération de chaleur dans l'air extérieur ou dans l'air de renouvellement extrait des bâtiments (cf. Article 19 de la Loi 2009-967 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite Grenelle I).

L'exploitation de la chaleur contenue dans l'air se fait au moyen d'une pompe à chaleur (cf. § 1.3 pour une présentation des pompes à chaleur).

1.2.6.1 Sur air extérieur

Le prélèvement de la chaleur sur l'air extérieur ne peut pas être réalisé de manière efficace dans n'importe quelles conditions : en effet, lorsque la température extérieure est trop basse, le coefficient de performance de la pompe à chaleur diminue jusqu'à présenter un rendement équivalent à celui d'un radiateur électrique. Il s'agit donc d'éviter les installations dans les régions présentant un hiver rigoureux, ou alors de ne les utiliser qu'en mi-saison avec un autre équipement pour l'hiver. Par ailleurs, le sel contenu dans l'air marin peut poser un problème de corrosion au niveau de la pompe à chaleur, généralement située à l'extérieur.

Nice ne présente pas d'hivers très rigoureux, de ce fait, ce type d'installation est envisageable, mais pas à privilégier, ou pour un fonctionnement en mi-saison seulement.

1.2.6.2 Sur air vicié

L'air extrait d'un bâtiment lors du processus de renouvellement d'air est chaud ; il est dommage de perdre les calories qu'il contient, sachant qu'il faut chauffer l'air extérieur froid qui le remplace. Deux applications principales existent pour récupérer la chaleur contenue dans l'air vicié :

- La ventilation mécanique contrôlée (VMC) thermodynamique : la chaleur de l'air vicié est transférée à l'air neuf entrant avant son arrivée dans le bâtiment puis une pompe à chaleur relève la température jusqu'au niveau souhaité,
- Le chauffe-eau thermodynamique : une pompe à chaleur utilise la chaleur de l'air pour chauffer un ballon d'eau chaude sanitaire.

Ces équipements sont présentés dans des fiches dans la seconde partie de ce rapport.

Ce type d'équipement peut être implanté dans n'importe quelle partie de la France. Leur pertinence est plutôt liée à l'usage du bâtiment : par exemple, la mise en place de chauffe-eau thermodynamiques n'est intéressante que lorsque les besoins en eau chaude sanitaire sont suffisamment importants ce qui est le cas pour les logements.

1.2.7 Récupération de chaleur sur eaux usées

1.2.7.1 Technologie



En hiver, les eaux usées sont plus chaudes que l'air extérieur, constituant ainsi une source de chaleur.

Au niveau des collecteurs d'eaux usées, le cas inverse se produit en été ; les bâtiments peuvent être rafraîchis grâce aux eaux usées. La récupération de chaleur (ou de froid) se fait de manière simple : un fluide caloporteur capte l'énergie des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur. L'énergie peut être récupérée à différents niveaux : au niveau du bâtiment, au niveau de la station d'épuration, ou au niveau des collecteurs d'eaux usées.

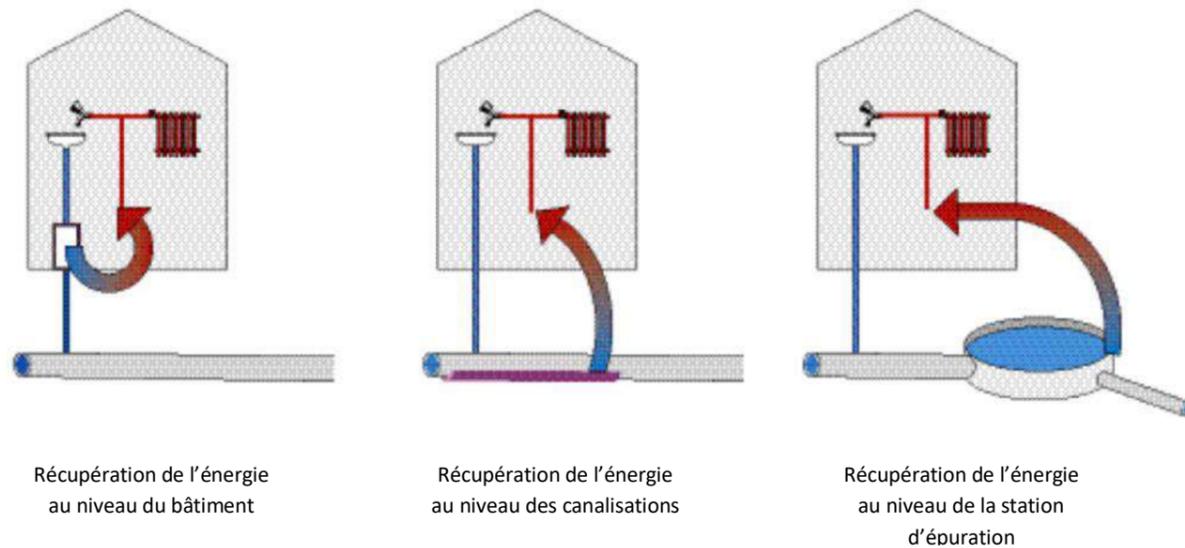


Figure 11 : Récupération de l'énergie des eaux usées (Source : Gestion et services publics, Suisse)

A Au niveau des collecteurs

PRESENTATION

La température des eaux usées oscille entre 10°C et 20°C toute l'année.

Le chauffage collectif des bâtiments peut se faire de manière centralisée ou décentralisée. Dans le premier cas, la chaleur est produite au sein d'une unique chaufferie puis l'eau est acheminée à haute température vers les lieux de consommation via des canalisations isolées. Ce système est idéal lorsque les consommateurs sont proches les uns des autres.

Dans le cas d'un système décentralisé, l'eau est acheminée à basse température (entre 7 et 17°C) vers les chaufferies présentes dans chaque bâtiment. Cette solution présente l'avantage d'utiliser des canalisations non isolées et donc meilleur marché, ainsi que de réduire les pertes de chaleur. Elle est adaptée dans le cas de consommateurs éloignés de la source de captage de l'énergie. En revanche, les coûts d'installation et de maintenance de plusieurs chaufferies seront plus importants.

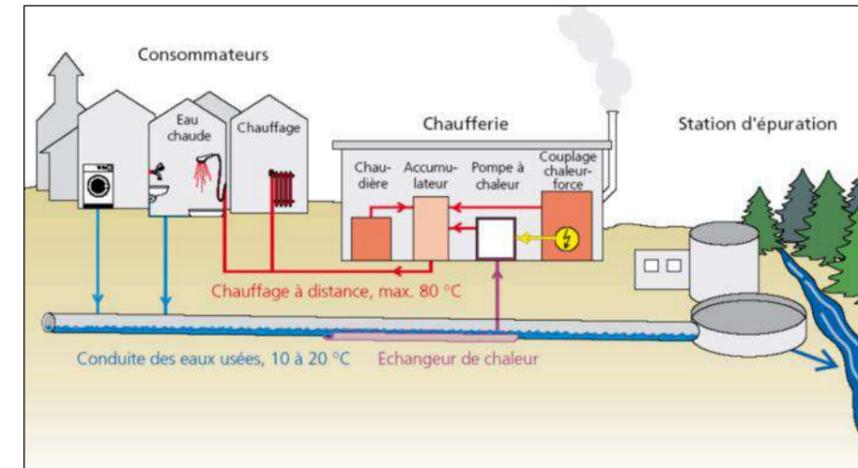


Figure 12 : Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Source : Susanne Staubli)



Dans le cas d'un réseau d'assainissement neuf ou lors d'une rénovation de tronçons, les échangeurs de chaleur peuvent être intégrés à la canalisation. Dans le cas inverse, les systèmes sont réalisés au cas par cas et déposés au fond des canalisations. Cependant, la mise en place de ce système, qui est aisée pour des constructions nouvelles, sera difficile et chère pour des canalisations anciennes et de petits diamètres.

Figure 13 : Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré

Source : Guide pour les maîtres d'ouvrages et les communes, OFEN



Figure 14 : Échangeur installé dans un ovoïde existant (Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Uhrig)

Source : Lyonnaise des Eaux

PERFORMANCE DU SYSTEME ET ECONOMIES D'ENERGIE

La performance du système est conditionnée par le système de chauffage des bâtiments alimentés (haute ou basse température), le débit des eaux, leur température et la configuration du réseau des eaux usées.

Le système de chauffage influence la performance de la pompe à chaleur, le COP. Celui-ci dépend de la différence entre la température de condensation et la température d'évaporation du fluide frigorigène. Les meilleurs COP sont obtenus avec de faibles différences de température. Un réseau d'eau chaude basse température est donc préférable pour obtenir une bonne performance du système.

Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m² d'échangeur de chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m.

La mise en œuvre de la récupération de chaleur sur eaux usées nécessite que certaines conditions soient respectées par le réseau d'eaux usées et le/les bâtiments à alimenter.

Sur les bâtiments à chauffer/rafraîchir :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
Type de bâtiment	La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer leur rentabilité. Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidence de logements, bureaux, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à éviter.
Distance collecteur/bâtiments	Préférable : inférieure à 350 m Cas favorable : distance inférieure à 200 m
Température de fonctionnement	Une température d'exploitation basse permet une meilleure efficacité des pompes à chaleur utilisées par la récupération de chaleur sur eaux usées. Les systèmes de chauffage basse température sont préconisés dans le cas de constructions neuves (T < 65°C)
Puissance thermique	Minimum 150 kW (Puissance nécessaire pour l'alimentation d'une cinquantaine de logements collectifs)
Volume de consommation	Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable à la mise en place de l'installation de récupération de chaleur. Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable.
Climatisation	Utiliser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâtiment en été permet d'augmenter la rentabilité de l'installation.

Figure 15 : Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées

Sources : OFEN⁵, Lyonnaise des Eaux

Sur le réseau de collecte des eaux :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
Débit des eaux usées	Débit minimum 15 L/s (moyenne quotidienne par temps sec). Ce débit est atteint pour 8 000 à 10 000 personnes raccordées au réseau. Débit favorable : entre 15 et 30 L/s Débit très favorable : supérieur à 50 L/s
Diamètre du collecteur	Collecteur existant : diamètre minimum de 800 mm pour que l'échangeur de chaleur puisse être installé. Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation). Installation impossible : diamètre inférieur à 400 mm.
Température des eaux usées	La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12°C ⁶ L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité.
Âge des conduites	L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être rénovée ou remplacée.

Figure 16 : Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées

Sources : OFEN, VSA (Association Suisse des professionnels de la protection des eaux), Lyonnaise des Eaux

⁵ Office Fédéral de l'Énergie Suisse. Il propose un programme en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, SuisseEnergie. Dans ce cadre, un « Guide pour les Maîtres d'Ouvrage et les communes » sur l'utilisation des eaux usées comme source de chauffage ou de rafraîchissement est mis à disposition.

⁶ Rabtherm, société ayant développé le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées, a étudié l'impact de ce procédé sur la température des eaux usées. Pour un débit de 60 L/s et une puissance de chauffage de 500 kW, la température est

B Au niveau du bâtiment

Il est également possible de récupérer la chaleur des eaux usées avant que celles-ci n'atteignent le collecteur. La récupération se fait au niveau du bâtiment.

Les eaux usées des cuisines, salles de bain, lave-linge et lave-vaisselle sont acheminés à une température moyenne de 28°C vers un échangeur de chaleur. Les calories des eaux usées sont transmises au circuit secondaire via l'échangeur. L'eau ainsi préchauffée peut être directement introduite dans un ballon d'eau chaude qui portera sa température à 55°C grâce à l'énergie souhaitée (solaire, bois, électricité, gaz), tel que proposé par exemple par le système Thermocycle⁷. Elle peut également être acheminée vers une pompe à chaleur. Ce système est proposé par exemple par Biofluides Environnement, PME française.

Remarque : Il existe également des systèmes statiques, comme par exemple le Power-pipe : un échangeur de chaleur composé d'un tuyau d'évacuation en cuivre enrobé d'un serpentin de 4 à 6 tubes de cuivre est inséré directement dans la continuité du tuyau d'évacuation des eaux usées en remplaçant une section de ce dernier. Il permet ainsi un simple préchauffage de l'eau chaude sanitaire.



Figure 17 : Power-pipe

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Une réduction de 40 à 60% de la consommation énergétique en eau chaude sanitaire est envisageable. Ce type d'installation peut être couplé à une installation solaire thermique, pouvant alors couvrir jusqu'à 80% de la demande en ECS.

CONTRAINTES

Il est nécessaire de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif de récupération de chaleur. Ceci peut nécessiter la mise en place d'un nouveau collecteur. Dans certains cas, il peut être impossible de séparer les eaux usées.

C Au niveau de la station d'épuration

La récupération de chaleur en sortie de station d'épuration (STEP) est un procédé présentant un potentiel énergétique important. Cette énergie peut être utilisée sur le site ou peut assurer le chauffage de bâtiments situés à une distance acceptable de la STEP (Cf. Figure 24 ci-dessous).

La puissance disponible dépend de différents facteurs :

- le débit minimal par temps sec hivernal en sortie de STEP,
- la température minimale de l'eau en sortie de STEP,
- la température minimale de rejet des eaux épurées dans le milieu naturel, si une valeur limite est imposée par l'autorité compétente (protection des eaux de rivières, etc.)



Figure 18 : Echangeur tubulaire en sortie de STEP (Lyonnaise des Eaux, ISTINOX, ANTEA)

diminuée de 1°C pour un gain de 4°C du fluide caloporteur. À l'inverse, en mode froid, les eaux usées sont réchauffées de 4°C (de 24 à 28°C) alors que le fluide caloporteur perd 6°C.

⁷ <http://www.veqa-energies.com/110/>

La récupération de chaleur sur les eaux usées se fait via un échangeur de chaleur (échangeurs à plaques, échangeurs tubulaires, etc.). Positionner l'échangeur en sortie de STEP permet de réduire l'encrassement de celui-ci, par rapport à une installation en entrée de STEP ou au sein du process de celle-ci. En effet, les eaux en sortie de STEP ont été épurées et contiennent donc moins d'éléments susceptibles d'encrasser l'échangeur (particules, boues, sables, feuilles, etc.).

ATOUTS

Cette solution de récupération de chaleur des eaux usées présente de nombreux atouts :

- Très fort potentiel de puissance thermique,
- Simplicité de mise en œuvre (génie civil limité, pas d'arrêt d'exploitation du réseau en amont, pas de contrainte d'installation d'équipements sur le domaine public, nombre d'acteurs généralement plus restreint que pour une installation sur le réseau d'eaux usées, etc.),
- Elle s'applique parfaitement aux solutions de production de chaleur centralisée, sous réserve que des besoins de chaleur suffisants existent à proximité,
- Pas d'effet sur la STEP (pas de problème de refroidissement des eaux usées avant rejet),
- Retours d'expérience positifs (une trentaine de stations d'épuration sont équipées en Suisse).

CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS

Des contraintes sont néanmoins à prendre en compte :

- Les besoins de chaleur à proximité de l'installation doivent être suffisants pour que celle-ci soit viable. Le réseau de chaleur permettant de chauffer ces consommateurs doit avoir une densité énergétique minimale de 1,5 MWh/mètre linéaire de canalisations. Cette valeur correspond au critère de l'ADEME pour bénéficier du Fonds chaleur.
- La STEP doit avoir une capacité minimale de 10 000 équivalents-habitants, afin que le débit des eaux épurées soit suffisant. Un débit hivernal par temps sec minimal de 15 L/s est recommandé.
- Il doit y avoir une adéquation entre les variations du débit des eaux usées et les variations des besoins en chaleur des consommateurs.
- La STEP doit disposer d'un espace suffisant pour implanter les éléments nécessaires à la récupération de chaleur. En effet, la taille des échangeurs est importante.
- Cette solution ne convient pas aux territoires d'altitudes élevées, pour lesquels les températures de rejet des eaux usées sont trop faibles,
- Il est préférable de mettre en place un circuit intermédiaire entre les eaux usées épurées et la pompe à chaleur car celle-ci n'est pas conçue pour travailler avec des fluides agressifs.
- Une bonne conception et exploitation permettent d'éviter la corrosion et l'encrassement des échangeurs de chaleur.

1.2.7.2 Gisement

A Sur le réseau d'assainissement existant

Une évaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique sur les réseaux d'assainissement de la région a été réalisée en avril 2011 et a permis de sélectionner quelques sites particulièrement intéressants pour la mise en place de la technologie de récupération d'énergie thermique sur les réseaux d'assainissement.

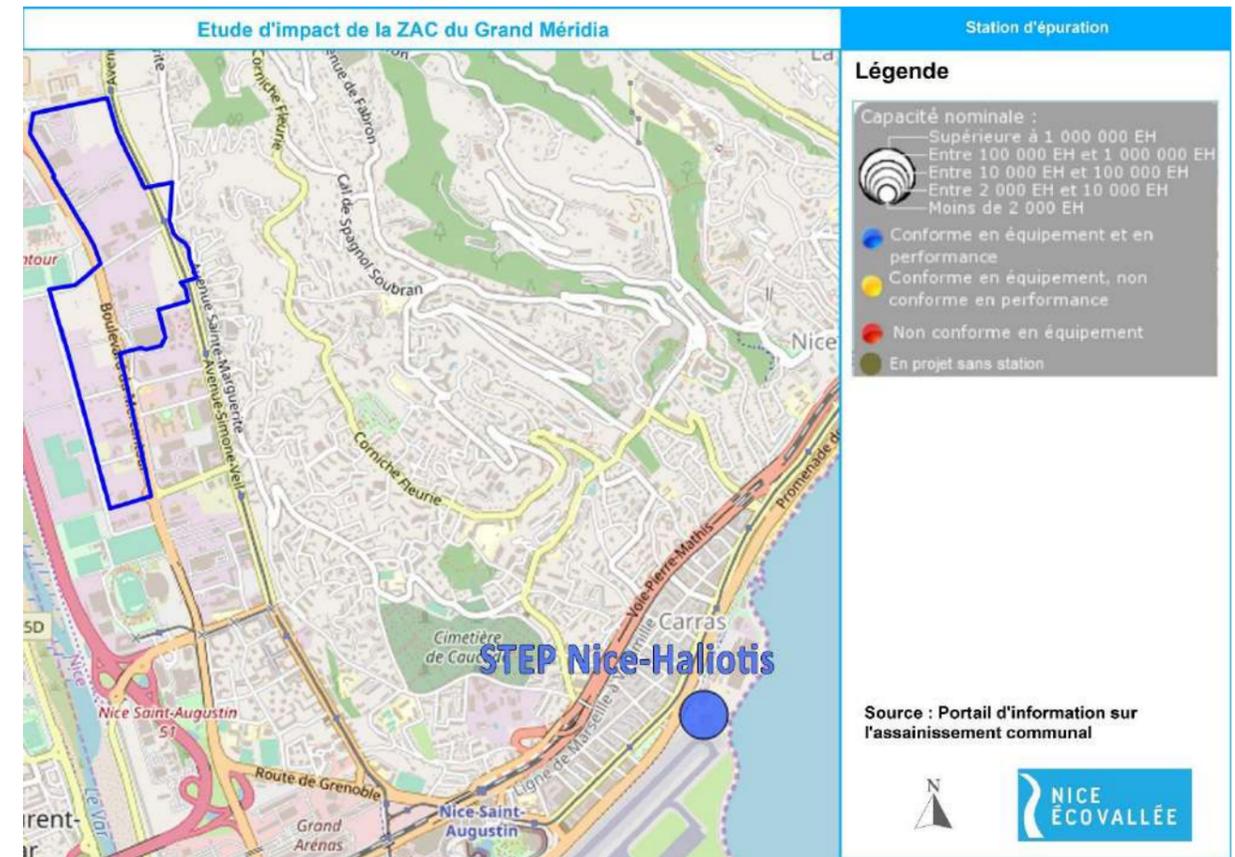


Figure 19 : Localisation des stations d'épuration source : Portail d'information sur l'assainissement communal

La station d'épuration de Nice-Haliotis est située à 2,5 km du sud de la ZAC. Elle présente une forte capacité (620 000 EH). L'étude régionale indique un potentiel très important de récupération de chaleur au niveau de la station. Toutefois, ce potentiel devrait être mobilisé au niveau des constructions existantes et en projet sur les zones plus proches de la station afin de bénéficier d'une meilleure rentabilité. La valorisation de cette chaleur à travers un réseau alimentant la ZAC Grand Arénas est actuellement à l'étude.

B Sur le réseau d'assainissement à créer sur le site

Les réseaux à créer ne présenteront probablement pas un diamètre suffisant. Leur diamètre pourrait à la rigueur être surdimensionné pour accueillir un dispositif de récupération de chaleur, mais le débit ne serait a priori pas suffisant.

C Pour des installations au niveau du bâtiment

La seule contrainte à l'installation de systèmes individuels de récupération de chaleur sur eaux usées est la nécessité de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif. Si cela peut conduire à des coûts importants sur des bâtiments existants, cette contrainte engendre peu de surcoûts pour des bâtiments à construire.

1.2.7.3 Potentiel

La station d'épuration présente un potentiel important de récupération de chaleur. Toutefois ce potentiel doit faire l'objet d'une valorisation sur les zones à proximité en priorité et notamment la ZAC Grand Arénas.

Il est faisable a priori d'installer des systèmes de récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment sur les bâtiments ayant des besoins en eau chaude sanitaire.

1.2.8 Chaleur fatale



On entend par chaleur fatale une production de chaleur dérivée d'un site de production, mais qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée. Les sources de chaleur fatale sont très diversifiées. Il peut s'agir de sites de production d'énergie (les centrales nucléaires), de sites de production industrielle, de bâtiments tertiaires d'autant plus émetteurs de chaleur qu'ils en sont fortement consommateurs (hôpitaux, réseaux de transport en lieu fermé, sites d'élimination comme les unités d'incinération de déchets, etc.).

1.2.8.1 Gisement

Il n'y a pas de site producteur de chaleur à proximité de la ZAC.

1.2.8.2 Potentiel

Il n'y a pas de gisement de chaleur fatale exploitable dans le secteur.

1.2.9 Raccordement à un réseau de chaleur existant

1.2.9.1 Contexte



L'article L128-4 du Code l'Urbanisme demande à ce que soit réalisée une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables des nouvelles zones aménagées qui font l'objet d'une étude d'impact ; il précise également que doit être réalisée une analyse de l'opportunité de raccorder les constructions de ces zones à un réseau de chaleur ou de froid existant et ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.

1.2.9.2 Gisement

Un réseau de chaleur et de froid est en cours de réalisation sur la ZAC Méridia à proximité immédiate du site. 6 doublets géothermiques (pompage et réinjection) permettent de mobiliser un débit de 480 m³/h afin d'alimenter un réseau de chaleur et un réseau de froid pour une longueur de réseau de 1,6 km et 94 sous-stations alimentées. Ces réseaux seront couplés à des unités de stockage thermiques (glace et chaleur). Le réseau est ainsi capable de fournir jusqu'à 6,5 MW en chaud et 5,7 MW en froid et de l'ordre de 15 GWh/an de chaleur, 15,5 GWh/an de climatisation et 1,4 GWh/an pour le rafraîchissement des logements.

L'exploitation de ce réseau a fait l'objet d'une délégation de service public et a été confiée à la société Idex. Le contrat de DSP inclut le raccordement futur d'une partie de la ZAC Grand Méridia (voir carte ci-dessous).

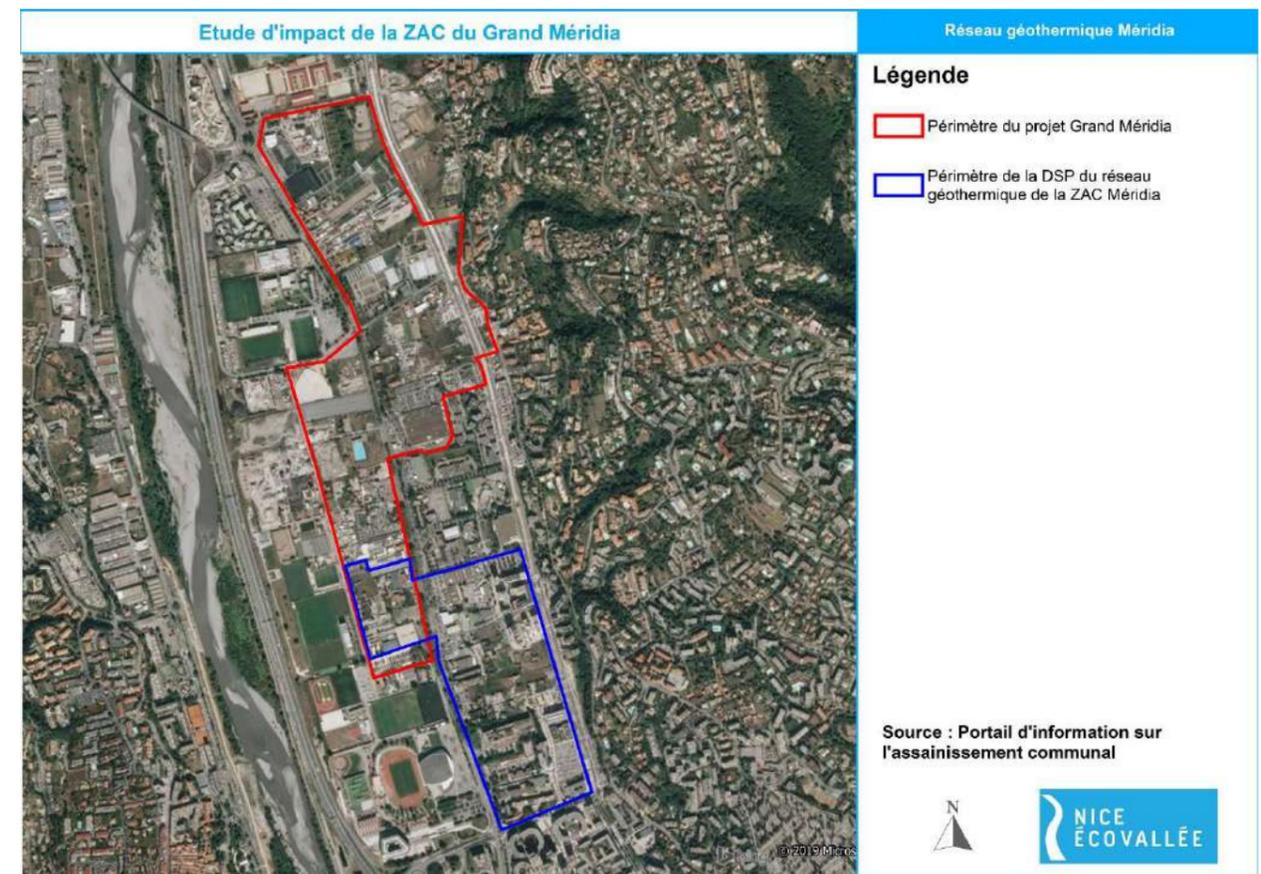


Figure 20 : périmètre de la DSP du réseau géothermique de la ZAC Méridia

L'extension de ce réseau à l'ensemble de la ZAC nécessitera d'accroître la capacité de production des unités prévues actuellement, soit par la création de nouvelles capacités géothermiques (nouveaux forages – voir § 1.2.5.3) soit par la valorisation d'autres sources d'énergie via la création de nouvelles installations de production.

1.2.9.3 Potentiel

Le raccordement au réseau de chaleur de la ZAC Méridia est une potentialité tout à fait intéressante. Des études plus poussées sont nécessaires pour valider la faisabilité technico-économique de ce raccordement à la totalité du projet et la nature des installations supplémentaires qui devront être créées pour cela.

1.3 FILIERES DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.3.1 Énergie solaire



Les modules photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de l'ensoleillement (les photons de la lumière du soleil) ; il ne faut donc pas les confondre avec les panneaux solaires thermiques qui produisent de la chaleur qui est transmise par un fluide caloporteur.

1.3.1.1 Gisement

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement brut des filières solaires photovoltaïques. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

Voir § 1.2.1.1 pour plus d'informations.

1.3.1.2 Productible

Le productible d'une installation solaire photovoltaïque est illustré sur une toiture de 500 m².

Caractéristiques de l'installation (simulation PVSYST) :

- 53 kWc en technologie polycristallin,
- environ 500 m² de modules photovoltaïques polycristallins,
- orientation sud et inclinaison à 30°.

Avec ces hypothèses, l'installation produit environ 71 MWh/an, soit plus de 1 340 h/an de fonctionnement à puissance nominale.

1.3.1.3 Contraintes

D'une manière générale, les contraintes sont les mêmes que pour la filière solaire thermique ; voir § 1.2.1.3.

1.3.1.4 Potentiel

Des panneaux solaires photovoltaïques peuvent être mis en place sur tous les bâtiments, il n'y a pas de contraintes réglementaires.

La filière solaire photovoltaïque présente un gisement intéressant, et pourrait être sollicitée pour contribuer à l'approvisionnement en électricité du site.

1.3.2 Énergie éolienne



Une éolienne produit de l'électricité à partir du vent ; elle récupère l'énergie cinétique du vent. En tournant, le rotor entraîne un arbre raccordé à une génératrice électrique qui se charge de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

Remarque : Nous n'aborderons pas les grands parcs éoliens. En effet, le type de machines utilisées ayant une hauteur de 100 mètres, ils ne se prêtent pas à l'implantation sur le site, la seule contrainte d'urbanisme rendant impossible l'installation de ce type d'équipement. Seul l'éolien dit « urbain » ou « petit éolien » est abordé ici.

1.3.2.1 Présentation de la technologie

Certains concepteurs ont créé des éoliennes dites urbaines, adaptées aux conditions particulières que sont la turbulence, les vitesses de vent affectées par l'environnement, les vibrations, le bruit ou encore les considérations d'aménagement. Elles peuvent se classer en deux grandes catégories suivant l'orientation de l'axe de leurs pales, horizontal ou vertical.

A Éoliennes à axe horizontal

Les éoliennes urbaines à axe horizontal sont similaires aux éoliennes classiques quant à leur principe de fonctionnement. Les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Les éoliennes urbaines à axe horizontal se caractérisent par leur petite taille, allant de 5 à 20 mètres, par le diamètre des pales (2 à 10 m) et par leur puissance atteignant pour certaines 20 kW.

B Éoliennes à axe vertical

Ces éoliennes à axe vertical ont été conçues pour répondre au mieux aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain. Grâce à ce design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises à ces perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont relativement silencieuses et peuvent facilement s'intégrer au design des bâtiments ou équipements publics (éclairage public). Leur faiblesse réside principalement dans la faible maturité du marché qui engendre des coûts d'investissement relativement importants. En raison de leur petite taille, l'énergie produite est faible.

En milieu urbain, la vitesse du vent et sa direction sont imprévisibles surtout près des bâtiments. Là où la turbulence ne peut être évitée, les éoliennes à axe vertical peuvent plus facilement capter la ressource éolienne.

Il existe deux grands types d'éoliennes à axe vertical : le type Darrieus et le type Savonius.

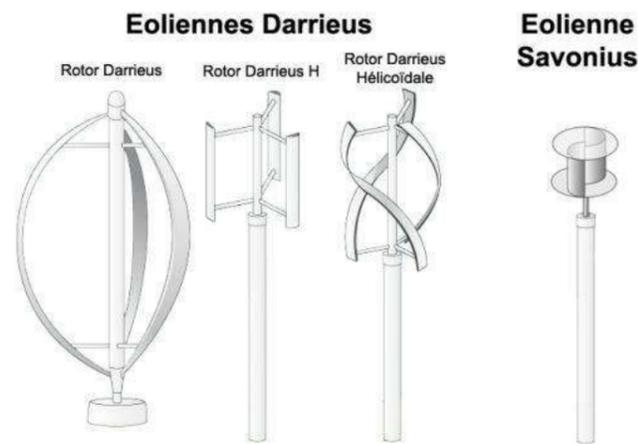


Figure 21 : Éoliennes de type Darrieus et Savonius

Les avantages de l'éolienne verticale type Darrieus sont nombreux :

- Elle peut être installée dans des zones très venteuses, puisqu'elle peut subir des vents dépassant les 220 km/h.
- En outre, cette éolienne émet moins de bruit qu'une éolienne horizontale et occupe moins de place. De plus, il est possible de l'installer directement sur le toit.
- Autre aspect pratique, son générateur peut ne pas être installé en haut de l'éolienne, au centre des rotors, mais en bas de celle-ci. Ainsi plus accessible, il peut être vérifié et entretenu plus facilement.

Les inconvénients de l'éolienne verticale Darrieus sont un faible rendement et son démarrage difficile dû au poids du rotor sur le stator.

Les avantages de l'éolienne de type Savonius sont :

- d'une part, son esthétisme et la possibilité de l'installer sur une toiture,
- d'autre part, le fait qu'elle fonctionne même avec un vent faible (contrairement au système Darrieus), quelle que soit sa direction.

Comme l'éolienne type Darrieus, l'éolienne Savonius n'émet que peu de bruits, mais a un faible rendement.

1.3.2.2 Gisement

La commune de Nice se situe dans une zone où le gisement éolien à moyen terme est globalement favorable au déploiement de projets éoliens. La vitesse moyenne de vent sur la commune donnée par l'atlas éolien se situe autour de 3,6 m/s à 10 mètres de hauteur, et entre 5 m/s et 5,5 m/s à 50 mètres d'altitude. La rose des vents laisse transparaître des vents dominants de secteur Nord-Ouest.

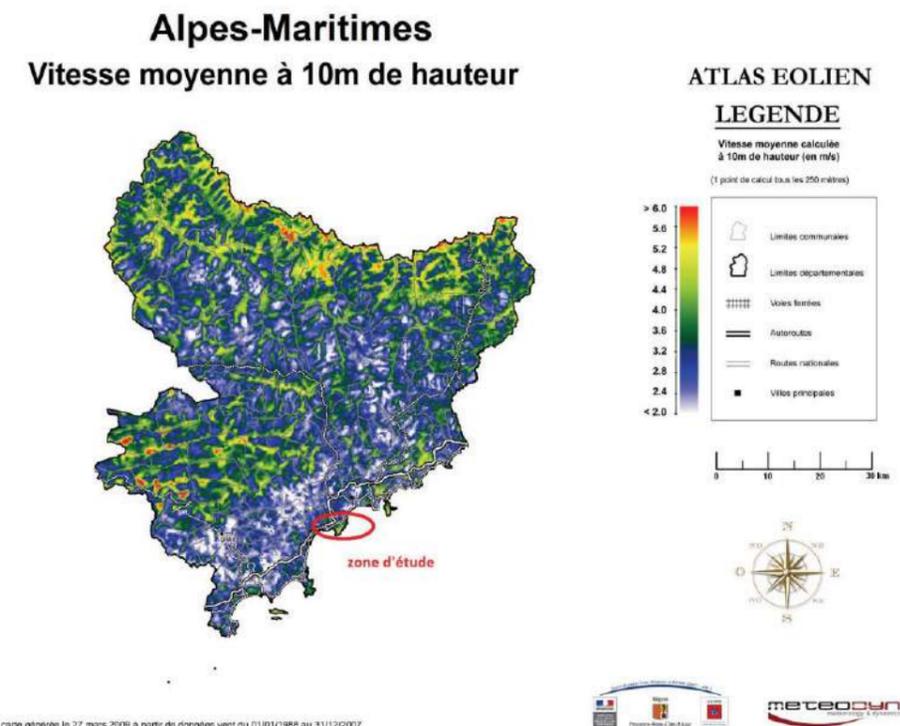


Figure 22 : Atlas éolien à 10m, source : schéma régional éolien 2012

1.3.2.3 Productible

Les vents semblent souffler avec une certaine régularité sur le site, mais et des vitesses potentiellement intéressantes pour le petit et moyen éolien.

Toutefois, les vents peuvent être « freinés » par la topographie du site ; le régime aéroulque est extrêmement perturbé par la proximité du sol, mais aussi par les nombreux obstacles (arbres, bâtiments, etc.). Aussi, le positionnement le plus favorable aux éoliennes urbaines se trouve en toiture des bâtiments les plus hauts et dans l'axe des vents dominants pour s'affranchir au maximum des perturbations créées par les autres bâtiments qui seront construits.

Il est dans tous les cas difficile de déterminer précisément le gisement d'un site sans une étude de vent locale, réalisée à l'aide d'un mât de mesures, d'au moins une année sur le lieu même pressenti pour l'implantation de l'éolienne. Cependant, le coût d'une telle étude peut être prohibitif par rapport à la production attendue de l'éolienne ; il est alors préférable de se référer au retour d'expérience des projets existants et aux enseignements qu'il en découle sur l'implantation conseillée des éoliennes urbaines.

1.3.2.4 Contraintes lors de l'installation sur les bâtiments

Afin d'identifier les conditions nécessaires à une meilleure intégration des éoliennes en milieu urbain et de promouvoir l'émergence de la technologie en tant que moyen de production d'électricité à l'échelle des villes en Europe, un projet européen, WINEUR, a vu le jour en 2005. Ce projet a permis d'obtenir les premiers éléments de réponse par rapport cette technologie. Les conclusions que l'on peut tirer de cette expérience en termes de potentiel sont les suivantes :

- Le vent soufflant autour d'un bâtiment est dévié en atteignant le haut du bâtiment. Afin d'utiliser de manière optimale le vent soufflant au-dessus du bâtiment, il faut une certaine marge entre le bord du bâtiment et la flèche de l'éolienne. Cela doit être calculé pour chaque site. Cela est traduit par la simulation réalisée par un bureau d'études hollandais, DHV.

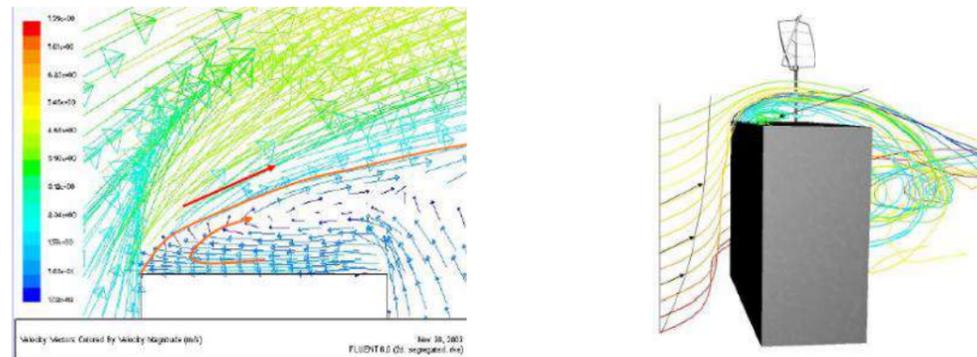


Figure 23 : Comportement du vent dans un environnement urbain (source : DVH)

- La turbulence en milieu urbain en dessous du toit peut pousser les éoliennes à axe horizontal à chercher le vent sans réussir à capter un flux d'air lui permettant de générer de l'électricité.
- Là où les directions de vent dominant convergent, l'utilisation d'éolienne à axe vertical fixe peut être possible, cependant elle doit être placée de manière à récupérer le vent au-dessus du bâtiment et donc placée pas trop bas.

- Lors de la sélection d'une éolienne, la courbe de puissance doit être évaluée en considérant le profil du vent. Cependant, une vitesse de vent moyenne ne permettra pas forcément d'obtenir des informations adéquates, même si celle-ci est mesurée à un endroit précis pour une installation spécifique. Idéalement, la durée relative à une gamme de vent doit être considérée avec la courbe de puissance.

Nous avons pu voir qu'il est difficile de calculer le productible de l'éolienne et de définir la position optimale de celle-ci. Quelques règles permettent de choisir un emplacement pour une meilleure récupération de la ressource :

- Le toit où sera installée l'éolienne doit être bien au-dessus de la hauteur moyenne des constructions environnantes (environ 50%) ;
- Dans un contexte urbain présentant une importante rugosité, une turbine à axe horizontal sera installée à une hauteur supérieure de 35% à la hauteur du bâtiment. Cela permet d'éviter les phénomènes de turbulence. Cependant, des turbines à axe vertical adaptées aux flux turbulents peuvent permettre d'éviter cette contrainte de hauteur ;
- Pour sélectionner un site adéquat, la rose des vents doit indiquer une vitesse moyenne minimum de 5 m/s ;
- Le site sélectionné doit présenter une productivité énergétique de 200 à 400 kWh/m².an, mais cela peut varier d'un facteur 2 à 5 en fonction du site. Le choix du site est donc particulièrement décisif, mais difficile.

1.3.2.5 Réglementation

Si la hauteur du mât ne dépasse pas 12 mètres (sans les pales) alors il n'est pas nécessaire de déposer un permis de construire, il n'y a pas non plus d'enquête publique et il n'y a strictement aucune modalité d'évaluation de l'impact sur l'environnement. Si elles ne sont pas encore rentables, le législateur a toutefois facilité leur implantation puisqu'au strict opposé des grands parcs éoliens, aucune autorisation n'est nécessaire pour installer ce type de machine si la hauteur du mât est inférieure à 12 mètres.

Il est toutefois nécessaire de respecter la réglementation en vigueur, même si aucune autorisation n'est nécessaire. Cette remarque prévaut en particulier pour le respect de la réglementation contre le bruit de voisinage. Dans un rayon de 10km autour de ces radars, il est nécessaire d'obtenir l'aval de l'exploitant concernant la mise en place des machines. D'autre part, les éoliennes ne peuvent pas être implantées à moins de 300 m d'un site nucléaire ou d'une installation classée en raison de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

1.3.2.6 Potentiel

L'éolien urbain est désavantagé par les contraintes techniques (rugosité du vent, etc.), économiques (coût élevé de la technologie), et une mise en œuvre parfois délicate (réglementation).

1.3.3 Hydroélectricité

Il n'y a pas de potentiel exploitable à proximité du site.

1.3.4 Energies marines

Il n'y a pas de potentiel exploitable à proximité du site.

1.4 FILIERE DE PRODUCTION DE BIOGAZ

1.4.1 Biomasse méthanisable



La digestion anaérobie, également appelée méthanisation, est la décomposition biologique de matières organiques par une activité microbienne naturelle ou contrôlée, en l'absence d'oxygène. Ce procédé conduit à la production de biogaz.

La formation de biogaz est un phénomène naturel que l'on peut observer par exemple dans les marais. Elle apparaît également dans les décharges contenant des déchets organiques.

Les déchets organiques pouvant être valorisés en méthanisation proviennent de différents types de producteurs :

- **Les ménages et collectivités locales** : fraction fermentescible des ordures ménagères, boues issues de stations d'épuration, huiles alimentaires usagées produites par la restauration, etc.
- **Les exploitations agricoles** : effluents d'élevage (lisiers, fumiers), résidus de cultures (pailles de céréales ou oléagineux, cannes de maïs), cultures dédiées, etc.
- **Les industries agroalimentaires** : déchets organiques de natures très variées (graisses de cuisson, sous-produits animaux, effluents, lactosérum, etc.).

La méthanisation consiste à stocker ces déchets dans une cuve hermétique appelée « digesteur » ou « méthaniseur », dans laquelle ils seront soumis à l'action des bactéries, en l'absence d'oxygène. La fermentation des matières organiques peut durer de deux semaines à un mois, en fonction de plusieurs paramètres dont la température de chauffage du mélange.

La méthanisation des ressources organiques permet de produire :

- Du **biogaz** : composé majoritairement de méthane (de l'ordre de 60 à 80%) et de dioxyde de carbone (20 à 40%) ; il contient également des « éléments traces » (hydrogène sulfuré, ammoniac, etc.). Le biogaz peut être valorisé par combustion sous chaudière, cogénération, comme carburant après épuration, ou encore être injecté sur le réseau de gaz naturel (après épuration).
- Le **digestat** : fraction organique résiduelle de la méthanisation. Il a une valeur fertilisante et amendante. Il peut subir une séparation de phase solide / liquide. La fraction liquide peut être utilisée en engrais, et la fraction solide en compost.

La méthanisation, en tant que technique de production d'une énergie renouvelable, bénéficie d'une obligation d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz ainsi que du biométhane injecté sur le réseau de gaz naturel :

- Les modalités du tarif sont définies par l'arrêté du 19 mai 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz.
- L'arrêté du 23 novembre 2011 fixe les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel.
- L'arrêté du 27 février 2013 fixe les conditions d'achat de l'électricité et du biométhane en cas de double valorisation (installations alliant cogénération et injection).

La figure suivante met en évidence les différentes étapes de la méthanisation, de la collecte des déchets à la valorisation de l'énergie produite.

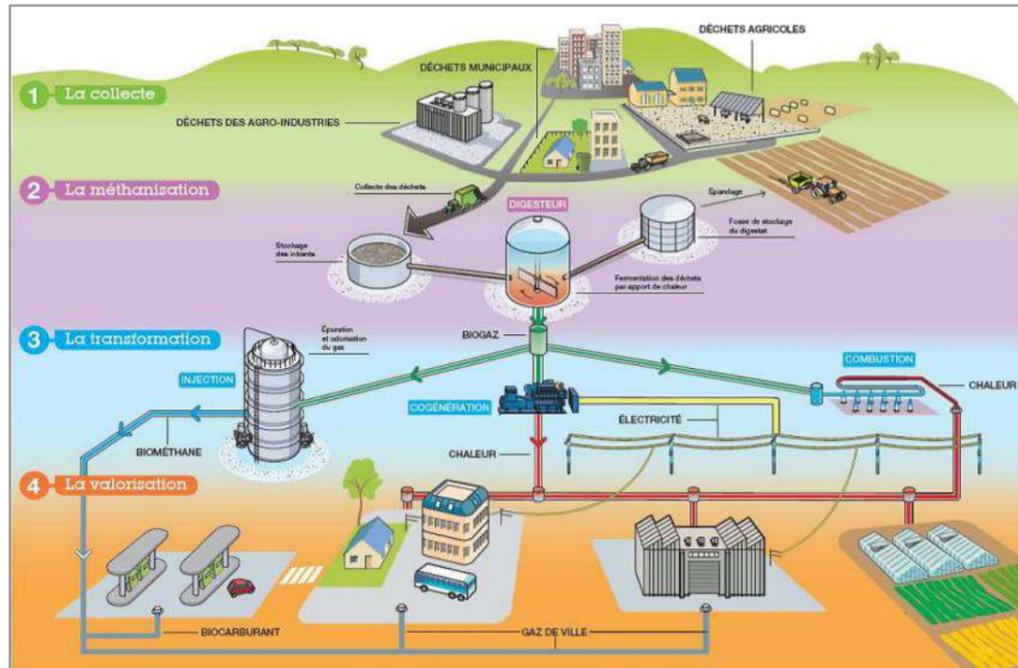


Figure 24 : Les étapes de la méthanisation (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement)

1.4.1.1 Contraintes

Même si les gisements locaux de biomasse fermentescible étaient présents en quantité suffisante, mettre en place une installation de méthanisation afin d'alimenter le site ne serait pas pertinent, car la production de biogaz est constante sur l'année, ce qui n'est pas le cas de la demande de chaleur (sauf pour l'eau chaude sanitaire pour laquelle la demande est bien trop faible pour rentabiliser les investissements).

Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'un projet de méthanisation nécessite une surface foncière minimale de 2 000 m²⁸, ainsi qu'un éloignement minimal de 50 mètres des habitations avoisinantes⁹.

La méthanisation des boues issues de la station d'épuration pourrait ainsi être envisagée, mais nécessiterait également l'apport de biomasse externe issue de productions agricoles par exemple et la définition d'un schéma d'approvisionnement pérenne.

1.4.1.2 Potentiel

La seule possibilité pour l'opération d'être alimentée grâce à la méthanisation serait d'intégrer cette technologie au mix énergétique d'un réseau de chaleur. Cette solution pourrait être intéressante, mais à une échelle beaucoup plus large que le quartier seul et à condition que la consommation de chaleur du réseau soit à peu près constante toute l'année.

⁸ Source : RAEE

1.5 RECAPITULATIF DES POTENTIALITES DU TERRITOIRE

Au regard des ressources et des contraintes présentes sur le territoire, les conclusions suivantes peuvent être tirées quant aux énergies pertinentes pour l'approvisionnement de la ZAC :

		Énergie considérée	Gisement intéressant	Remarques	
CHALEUR		SOLAIRE THERMIQUE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Gisement intéressant Pas de contraintes réglementaires 	
		BOIS ENERGIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Ressources et offre disponibles Risques d'inondations à prendre en compte 	
		GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel faible a priori Test en réponse thermique nécessaire 	
		HYDROTHERMIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel très favorable sur la nappe Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var Études en cours 	
		AEROTHERMIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Sur air extérieur : uniquement en mi-saison avec appoint Sur air vicié : selon les besoins des bâtiments 	
		VALORISATION DE LA CHALEUR DES EAUX USEES	INDIVIDUEL	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Séparation des eaux vannes et des eaux grises avant le dispositif
			SUR COLLECTEURS	Non	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel important sur la STEP de Nice, mais qui doit être valorisé sur les opérations les plus proches en priorité
			SUR STEP	Non	
			CHALEUR FATALE	Non	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'opportunités
			RESEAU DE CHALEUR EXISTANT	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Opportunité de raccordement au réseau de la ZAC Méridia au moins sur une partie de la ZAC
ÉLECTRICITE		SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Gisement intéressant Pas de contraintes réglementaires 	
	ÉOLIEN	ÉOLIEN URBAIN	Non	<ul style="list-style-type: none"> Valeur d'exemplarité uniquement 	
		GRAND EOLIEN	Non	<ul style="list-style-type: none"> Proximité d'habitations 	
BIOGAZ		METHANISATION	Non	<ul style="list-style-type: none"> Pas à privilégier en première approche 	

⁹ Arrêtés du 10/11/2009 et 12/08/2010



Nouveau logo Nice Eco-Vallée

PROJET DE CREATION DE LA ZAC DU PARC MERIDIA



DOSSIER D'ETUDE D'IMPACT AU STADE DE CREATION DE LA ZAC

ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES

JUIN 2021

AXENNE



MAITRE D'OUVRAGE **EPA NICE ECOVALLEE**
Immeuble Nice Plaza
455, Promenade des Anglais
BP 33257
06205 NICE Cedex 3



PRESTATAIRE **AXENNE**
73, cours Albert Thomas
69 003 LYON
Tél. : 04 37 44 15 80



Version	Date de rendu	Nature de la modification	Auteurs
1	Juin 2021	Rendu initial	M.DUPOUIS

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
CONTEXTE	6
1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE	6
1.1 ETUDE DE FAISABILITE ENERGIES RENOUVELABLES ET RESEAUX DE CHALEUR	6
1.2 REGLEMENTATION THERMIQUE 2012	6
1.3 LA FUTURE REGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE 2020	7
2 PRISE EN COMPTE DES AMBITIONS NATIONALES ET LOCALES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES	7
2.1 AMBITIONS NATIONALES	7
2.2 AMBITIONS REGIONALES	8
2.3 OBJECTIFS DE L'AMENAGEUR	8
PRESENTATION DU SITE	10
3 LOCALISATION	10
4 ACCESSIBILITE	10
5 TOPOGRAPHIE	10
6 OCCUPATION DU SOL	10
7 CONTRAINTES NATURELLES ET TECHNOLOGIQUES	11
8 PROGRAMMATION	11
9 PERFORMANCE DES BATIMENTS	13
10 BATIMENTS EXISTANTS A PROXIMITE	13
11 RECAPITULATIF DES POTENTIALITES DU TERRITOIRE	14
PRECONISATIONS POUR LIMITER LES IMPACTS ENERGETIQUES DU PROJET	15
1 PRISE EN COMPTE DE L'ENERGIE DANS LA CONCEPTION DU PROJET	15
1.1 ORIENTATION ET BIOCLIMATISME	15
1.2 PERFORMANCE ENERGETIQUE DU BATIMENT	16
2 RECOMMANDATIONS POUR FAVORISER L'INTEGRATION DES ENR DANS LA CONCEPTION	16
2.1 DENSITE DU BÂTI ET RESEAUX DE CHALEUR	16
2.2 DISPONIBILITE FONCIERE	17
2.3 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	17
2.4 SMART GRID	17
OPPORTUNITÉ DE RÉSEAUX DE CHALEUR OU DE FROID	18
1 BESOINS ENERGETIQUES	18
2 OPPORTUNITE DE RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID	20
3 RESSOURCES DISPONIBLES POUR L'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE D'UN RESEAU DE CHALEUR	21
3.1 RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR EXISTANT	21

3.2	CHALEUR FATALE	22
3.3	GEOthermie	23
3.4	BIOMASSE COMBUSTIBLE	27

CONSOmmATIONS D'ÉLECTRICITÉ **30**

1	BESOINS ÉNERGETIQUES DES BATIMENTS	30
1.1	ESTIMATION DES CONSOmmATIONS	30
1.2	COURBES DE CHARGE ET AUTOCONSOmmATION	30
2	SOLUTION D'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE	31
2.1	ÉNERGIE SOLAIRE	31
2.2	ÉNERGIE ÉOLIENNE	37
2.3	BIOMASSE COMBUSTIBLE	41
2.4	HYDROÉLECTRICITÉ	42
2.5	ÉNERGIES MARINES	42
3	LES SMART-GRIDS	43
3.1	BATIMENT INTELLIGENT	43
3.2	QUARTIER INTELLIGENT	44
3.3	LE STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ	44

ÉNERGIES RENOUVELABLES ET SYSTÈMES ADAPTÉS À L'OPÉRATION **45**

1	BILAN DES ENJEUX POUR LA MOBILISATION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE	45
2	SOLUTIONS D'APPROVISIONNEMENT PERTINENTES POUR LE PROJET	46

ANNEXES **47**

A.	MÉTHODOLOGIE POUR ÉVALUER LA PERTINENCE D'UN RÉSEAU DE CHALEUR	47
B.	DÉFINITION DES ÉNERGIES DITES UTILES, FINALES, PRIMAIRES	48
C.	MÉTHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES BESOINS ÉNERGETIQUES	50
D.	PRÉSENTATION DE LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012 ET DES LABELS EFFINERGIE	55

INTRODUCTION

Le Grenelle I, dans son article 8, a modifié le code de l'urbanisme (article L.128-4) afin de rendre obligatoire « une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération » pour toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L.300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact.

Cette étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables doit permettre d'analyser les atouts et contraintes de l'opération pour la valorisation du potentiel en énergies renouvelables (EnR) du territoire d'implantation de la zone d'aménagement. Il sera ainsi possible d'optimiser le recours aux énergies renouvelables afin de diminuer le recours aux énergies traditionnelles et fossiles et d'envisager au plus tôt dans le projet d'aménagement le raccordement ou la création de réseaux de chaleur et / ou de froid.

À l'issue de cette étude, l'EPA disposera d'éléments d'aide à la décision pour optimiser le recours aux énergies renouvelables compte tenu des priorités et choix d'aménagement.

CONTEXTE

1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

1.1 ETUDE DE FAISABILITE ENERGIES RENOUVELABLES ET RESEAUX DE CHALEUR

L'article L.300-1 du code de l'urbanisme est rédigé comme suit : « Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. Un décret en Conseil d'Etat détermine les modalités de prise en compte des conclusions de cette étude de faisabilité dans l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-3 du code de l'environnement ».

Conformément à ces articles, les objectifs d'une étude de potentiel en énergies renouvelables sont multiples :

1. Analyser les potentialités du site pour développer les énergies renouvelables et de récupération,
2. Estimer les besoins énergétiques et les puissances appelées de la zone,
3. En déduire la pertinence d'un réseau de chaleur ou de froid,
4. Formuler des propositions d'approvisionnement en énergie du site, qui soient pertinentes au vu des potentiels du site et des besoins de la zone, à l'échelle des bâtiments ou de la zone.
5. Conformément aux exigences de l'article R122-5 du Code de l'environnement, l'étude d'impact comprend, en outre, les conclusions de l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone et une description de la façon dont il en est tenu compte.

1.2 REGLEMENTATION THERMIQUE 2012

La RT 2012 s'applique à :

- Tous les bâtiments de **bureaux**, d'**enseignement**, d'**établissement d'accueil de la petite enfance**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **28 octobre 2011**.
- Tous les **bâtiments à usage d'habitation situés en zone ANRU**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **28 octobre 2011**.
- Toutes les **maisons** individuelles ou accolées, les **bâtiments collectifs d'habitation** et **foyers jeunes travailleurs** et **cités universitaires**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **1^{er} janvier 2013**.

Tous les **commerces**, **restaurations**, **résidences pour personnes âgées ou dépendantes**, **hôpital**, **hôtel**, **établissement sportif**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **1^{er} janvier 2013**.

La réglementation thermique 2012 est avant tout une réglementation d'objectifs et comporte :

- 3 exigences de résultats : besoin bioclimatique (indicateur Bbio), consommation d'énergie primaire (indicateur Cep), confort d'été (indicateur Tic).
- Quelques exigences de moyens, limitées au strict nécessaire, pour refléter la volonté affirmée de faire pénétrer significativement une pratique (affichage des consommations par exemple).

1.3 LA FUTURE REGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE 2020

Suite à l'accord de Paris à l'occasion de la COP 21, l'État et les acteurs de la construction se sont engagés vers une ambition sans précédent pour produire des bâtiments à énergie positive et bas carbone.

Pour atteindre cet objectif, la future réglementation environnementale RE 2020, dont les textes doivent être publiés courant 2021, poursuit trois objectifs principaux :

- donner la priorité à la sobriété énergétique et à la décarbonation de l'énergie ;
- diminuer l'impact carbone de la construction des bâtiments ;
- en garantir la fraîcheur en cas de forte chaleur.

Son application sera obligatoire à partir de janvier 2022 pour les logements, courant 2022 pour les bureaux et l'enseignement et quelques mois plus tard pour les autres bâtiments.

La future réglementation introduit une approche sur le bilan carbone des constructions en intégrant l'ensemble de leur cycle de vie. Cette approche se traduira sur le volet énergie par un seuil maximal d'émission de GES pour la consommation d'énergie. Cette approche se traduira sur le volet énergie par un seuil maximal d'émission de GES pour la consommation d'énergie (fixé à 4 kgCO₂/m²/an pour les maisons) et pourra évoluer dans le temps (14 kgCO₂/m²/an pour les logements collectifs en 2021 et 6,5 kgCO₂/m²/an en 2025) ou selon la source d'approvisionnement (8 kgCO₂/m²/an pour les logements collectifs alimentés par un réseau de chaleur en 2025 et 6,5 kgCO₂/m²/an en 2028). D'autre part, la réglementation contient l'interdiction du gaz naturel dans les maisons neuves dès 2022, et en 2025 pour les immeubles.

En ce qui concerne la performance thermique du bâtiment, celui-ci doit respecter au minimum le niveau RT 2012. L'exigence sur le besoin énergétique du bâtiment (Bbio) sera réduite de 30%, de manière notamment à favoriser le confort d'été. Un nouvel indicateur de confort d'été sera également ajouté. Les exigences seront également renforcées en ce qui concerne le confort d'été avec l'introduction d'un nouvel indicateur.

Sur le volet production d'électricité renouvelable, seule la part d'électricité autoconsommée devrait être comptabilisée dans le bilan et soustraite de la consommation.

En parallèle de la réglementation, un label d'État sera créé dans la foulée de la RE2020. Ce nouveau label permettra à ceux qui le souhaitent, maîtres d'ouvrage publics ou privés, d'anticiper les futures exigences de la RE2020, de montrer l'exemple et de préfigurer les bâtiments d'après-demain, bâtiments davantage ambitieux sur les plans énergie, carbone, confort d'été et holistique ...

2 PRISE EN COMPTE DES AMBITIONS NATIONALES ET LOCALES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

2.1 AMBITIONS NATIONALES

En cohérence avec ses engagements internationaux et européens, la France mène une politique nationale de lutte contre le changement climatique. Les principaux objectifs de cette politique sont déclinés dans **la loi énergie et climat du 8 novembre 2019 qui vise à répondre à l'urgence écologique et climatique. Elle inscrit cette urgence dans le code de l'énergie ainsi que l'objectif d'une neutralité carbone en 2050, en divisant les émissions de gaz à effet de serre par six au moins d'ici cette date.**

Ses objectifs concernant la sortie progressive des énergies fossiles et le développement des énergies renouvelables sont notamment les suivants :

- la réduction de 40% de la consommation d'énergies fossiles - par rapport à 2012 - d'ici 2030 (contre 30% précédemment dans la loi TepCV) ;
- l'arrêt de la production d'électricité à partir du charbon d'ici 2022 (arrêt des quatre dernières centrales à charbon, accompagnement des salariés des électriciens et de leurs sous-traitants) ;

- **l'obligation d'installation de panneaux solaires sur les nouveaux entrepôts, supermarchés et les ombrières de stationnement** (toute nouvelle construction devra intégrer au moins 30% de leur surface de toiture en panneaux photovoltaïques ou faire l'objet d'une végétalisation) ;
- la sécurisation du cadre juridique de l'évaluation environnementale des projets afin de faciliter leur aboutissement, notamment pour l'installation du photovoltaïque ou l'utilisation de la géothermie avec pour objectif d'atteindre 33% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique d'ici 2030, comme le prévoit la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

Cette nouvelle loi met à jour certains objectifs de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte qui fixait déjà certains nombres d'objectifs, et notamment :

- Multiplier par cinq, à l'horizon 2030, la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid
- Diversifier la production d'électricité et baisser la part du nucléaire à 50 % à horizon 2025.

La Stratégie Nationale Bas Carbone et budget carbone (SNBC) définit les grandes lignes des politiques transversales et sectorielles permettant d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur les moyens et longs termes. La première SNBC et les premiers budgets carbone ont été publiés en novembre 2015 et portent sur la période 2015-2028.

La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) fixe les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de l'énergie afin d'atteindre les objectifs de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. L'ensemble des piliers de la politique énergétique (maîtrise de la demande d'énergie, énergies renouvelables, sécurité d'approvisionnement, réseaux, etc.) et l'ensemble des énergies sont ainsi traités dans une même stratégie.

2.2 AMBITIONS REGIONALES

La Région a adopté le 29 Juin 2018 les objectifs énergétiques du SRADDET dans le cadre de sa "Trajectoire Neutralité Carbone". Ceux-ci visent la double ambition de devenir une région neutre en carbone et de couvrir 100% de sa consommation par des énergies renouvelables à 2050.

Le SRADDET fixe un objectif de réduction de la consommation d'énergie primaire de 27% d'ici 2030 et 50% d'ici 2050 (soit respectivement 15% et 30% de réduction de la consommation d'énergie finale).

Concernant le développement des énergies renouvelable, l'objectif est de couvrir 100 % des consommations en 2050 par de l'énergie issue de sources renouvelables et 32 % en 2030. Parmi les ressources qui devront être mobilisées pour cela on retrouve le photovoltaïque, l'optimisation des installations hydroélectriques existantes, la récupération de chaleur (chaleur fatale, géothermie et aérothermie) et la biomasse.

D'autre part, l'Est de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur étant en situation de péninsule électrique (elle est éloignée des installations de production électrique et ne produit qu'une faible partie de l'électricité qu'elle consomme à l'aide d'énergie renouvelable), 8 partenaires (Conseils départementaux des Alpes-Maritimes et du Var, Conseil régional PACA, Principauté de Monaco, RTE, l'ADEME, l'EPA Plaine du Var et le Préfet de Région) ont signé début 2011 un contrat d'objectifs pour remédier à la fragilité de l'alimentation électrique. Ce contrat acte d'un principe de sécurisation en 3 piliers :

- Renforcement du réseau de transport d'électricité avec la mise en place du filet de sécurité ;
- Diminution de la consommation d'électricité (de 20% à l'horizon 2020) ;
- Renforcement de la part de production d'électricité renouvelable dans la consommation d'électricité (de 25% à l'horizon 2020).

2.3 OBJECTIFS DE L'AMENAGEUR

Dans ce contexte, l'EPA Ecovallée Plaine du Var s'est dotée d'un programme d'actions en matière de MDE et de développement des énergies renouvelables. Ce programme fixe un ensemble d'obligation concernant en particulier le volet énergie et confort thermique visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre et à

favoriser le recours aux énergies renouvelables disponibles localement pour l'approvisionnement énergétique des projets d'aménagement.

Le référentiel EcoVallée Qualité fixe ainsi plusieurs niveaux d'exigence pour le volet énergie et confort thermique. Sur l'opération, le niveau Excellent est visé ce qui implique notamment en ce qui concerne la valorisation des énergies renouvelables :

- Pour les bâtiments neufs : couvrir 60 % des besoins d'énergie finale des bâtiments par des énergies renouvelables ou de récupération disponibles sur place
- Pour les bâtiments rénovés couvrir 10 % des consommations en énergie primaire des bâtiments par des énergies renouvelables ou de récupération disponibles sur place
- Pour les bâtiments publics neufs : couvrir 35 % des besoins d'énergie finale (y compris achat d'électricité verte) des bâtiments par des énergies renouvelables ou de récupération disponibles sur place
- Mettre en place un réseau de chaleur ou de froid alimenté par des énergies renouvelables ou des énergies de récupération à hauteur minimum de 80% d'énergies renouvelables ou d'énergie de récupération
- Intégrer au moins une des énergies renouvelables suivantes dans le projet : Géothermie de surface, géothermie sur nappe, géothermie sur pieux, thalassothermie, récupération de chaleur sur eaux usées, solaire thermique, bois énergie, solaire photovoltaïque, hydroélectricité, cogénération
- Prévoir une production locale d'électricité via les sources d'énergie disponibles localement
- Pour les bâtiments industriels, valoriser l'énergie fatale produite en interne ou à l'externe

PRESENTATION DU SITE

3 LOCALISATION

Le secteur Parc Meridia est localisé à l'entrée ouest de la ville de Nice, à proximité de l'aéroport international sur un périmètre compris entre la ZAC Nice Méridia et le Stade Allianz Riviera, il s'étend sur une soixantaine d'hectares.



Figure 1 : Vue aérienne du site de la ZAC du Parc Méridia

4 ACCESSIBILITE

Le site sera desservi du nord au sud par le boulevard du Mercantour.

5 TOPOGRAPHIE

L'altitude du site se situe entre 10 et 20 m ; le terrain est globalement plat sur la zone de construction.

6 OCCUPATION DU SOL

Le site est actuellement occupé dans la quasi-totalité par des activités de type logistique / industries.

7 CONTRAINTES NATURELLES ET TECHNOLOGIQUES

Le secteur de la ZAC est soumis au Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles d'Inondation de la basse vallée du Var (PPRi).

La zone est également soumise à prescriptions de la DGAC en termes d'installations solaires susceptibles de provoquer un éblouissement pour le transport aérien dans un rayon de 3km autour de l'aéroport.

8 PROGRAMMATION

L'opération Parc Méridia vise à accélérer et amplifier le développement économique et urbain engagé sur l'ensemble de l'EcoVallée. Sur un périmètre d'une soixantaine d'hectares, l'opération Parc Méridia prévoit le développement de 590 000 m² de surface de plancher (SDP), dont :

- 382 000 m² de surface de plancher de logements ;
- 141 000 m² de surface de plancher d'activités économiques : bureaux, laboratoires et locaux d'activités,
- 37 000 m² de surface de plancher commerce, dont environ 15 000 m² correspondant à la relocalisation de commerces existants,
- 30 000 m² d'équipements publics : deux groupes scolaires de quinze classes, une crèche de quarante places, un centre socio-éducatif de type AnimaNice de l'ordre de 700 m² de surface de plancher et un centre aquatique.

La répartition des surfaces par typologie et par lot est présentée sur la figure page suivant.



SECTEUR A - OUEST MERCANTOUR						
LOT	SDP oct	SDP com	SDP équ	SDP lgts	TOTAL SDP	Nombre de logements*
A 1	2320	1 161	-	4 485	7966	65
A 2	-	-	-	14 548	14 548	211
A 3	3804	715	1 361	3 040	8920	44
A 4	-	-	-	8 982	8 982	130
A 5 dont parking silo	3609	1 196	-	2 925	7730	42
A 6	-	-	-	19 903	19 903	288
A 7	8869	1 681	1 440	3 711	15 701	54
A 8 dont groupe scolaire	-	-	4 050	4 782	8832	69
A 9	3835	1 486	-	4 160	9481	60
A 10	-	-	-	19 083	19 083	277
A 11 centre aquatique	-	-	7 400	-	7 400	-
A 12 parking silo	-	-	-	-	-	-
A 13	2571	970	-	2 711	6252	39
A 14	-	-	-	21 818	21 818	316
TOTAL SECTEUR A	25 008	7 209	14 251	110 148	156 615	1 596

SECTEUR B - ARBORAS SUD						
LOT	SDP oct	SDP com	SDP équ	SDP lgts	TOTAL SDP	Nombre de logements*
B 1 dont équipement culturel	4291	162	3 132	6 947	14 532	101
B 2	-	-	-	11 497	11 497	167
B 3	-	-	-	12 328	12 328	179
B 4	5729	324	-	4 658	10 711	68
B 5	-	-	440	10 814	11 254	157
B 6 dont parking silo	-	-	-	11 208	11 208	162
B 7	3307	713	-	7 399	11 418	107
B 8 dont crèche	-	-	588	13 599	14 187	197
B 9	293	529	-	16 925	17 686	245
B 10 dont équipement culturel	-	-	1 280	5 414	6694	78
B 11	3118	458	-	4 530	8 106	66
B 12	2112	384	-	11 046	13 542	160
B 13 dont groupe scolaire	-	-	4 050	7 115	11 165	103
B 14	543	1 235	-	20 346	22 124	295
B 15 dont centre formation	-	-	2 917	7 198	10 115	104
B 16	4303	944	-	7 003	12 250	101
TOTAL SECTEUR B	23 635	4 747	12 407	158 027	198 816	2 290

SECTEUR C - ARBORAS NORD						
LOT	SDP oct	SDP com/serv	SDP équ	SDP lgts	TOTAL SDP	Nombre de logements*
C 1 Pôle santé extension	3485	7 920	-	-	11 405	-
C 2 Pôle santé	48 393	-	-	-	48 393	-
C 3	-	-	-	4 967	4 967	72
C 4	-	-	-	10 679	10 679	155
C 5	-	-	1 929	8 664	10 593	126
C 6	2591	-	-	12 434	15 025	180
C 7	2229	1 026	-	11 545	14 800	167
C 8	-	-	852	12 509	13 361	181
C 9	-	-	-	10 320	10 320	150
C 10	-	-	-	18 077	18 077	262
C 11 Pôle commercial	32 588	15 377	-	-	47 965	-
Boulangerie	-	5 156	-	-	5 156	-
Détaché	-	10 221	-	-	10 221	-
Concessionnaires	2 078	-	-	-	2 078	-
Bureaux	20 510	-	-	-	20 510	-
C 12	-	-	-	12 365	12 365	179
C 13	3 133	914	507	11 980	16 533	174
TOTAL SECTEUR C	92 419	25 237	3 288	113 540	234 484	1 646
dont projet Arboras nord	35 721	16 291	1 359	65 251	118 621	946

TOTAL						
SECTEUR	SDP oct	SDP com	SDP équ	SDP lgts	TOTAL SDP	Nombre de logements*
A	25 008	7 209	14 251	110 148	156 615	1 596
B	23 635	4 747	12 407	158 027	198 816	2 290
C	92 419	25 237	3 288	113 540	234 484	1 646
TOTAL	141 062	37 192	29 946	381 715	589 915	5 532

*Nombre de logement estimé sur une base de 69m² SDP/moyen par logement

Figure 2 : répartition des surfaces par typologie et par lot du projet Parc Méridia

9 PERFORMANCE DES BATIMENTS

Les bâtiments devront a minima respecter la réglementation environnementale 2020 (RE2020) : son application au dépôt de permis de construire sera obligatoire à partir de janvier 2022 pour les logements, courant 2022 pour les bureaux et l'enseignement et quelques mois plus tard pour les autres bâtiments.

En ce qui concerne la performance thermique du bâtiment, celui-ci doit respecter au minimum le niveau de la RT 2012. L'exigence sur le besoin énergétique du bâtiment (Bbio) sera réduite de 30% par rapport à celle-ci, de manière notamment à favoriser le confort d'été. Un nouvel indicateur de confort d'été sera également ajouté. Les exigences seront également renforcées en ce qui concerne le confort d'été avec l'introduction d'un nouvel indicateur.

Sur le volet production d'électricité renouvelable, seule la part d'électricité autoconsommée devrait être comptabilisée dans le bilan et soustraite de la consommation.

10 BATIMENTS EXISTANTS A PROXIMITE

Cette partie s'intéresse aux bâtiments existants aux alentours de la zone, ainsi qu'aux projets proches : en effet, ces bâtiments peuvent agir comme levier au développement de réseaux de chaleur, en améliorant la densité thermique et donc la rentabilité de réseaux potentiels.

Aux abords de la ZAC on trouve différentes zones aménagées dont la ZAC Méridia à l'Est, le Stade Charles Ehrmann / Nikaïa au sud ainsi qu'un ensemble d'équipements sportifs à l'Est, un centre équestre et le secteur agricole préservé des Baraques au nord. Plus au nord, on trouve le stade Allianz Riviera. Plus au sud, la future ZAC Grand Arénas et le quartier des Moulins

11 RECAPITULATIF DES POTENTIALITES DU TERRITOIRE

Au regard des ressources et des contraintes présentes sur le territoire, les conclusions suivantes peuvent être tirées quant aux énergies pertinentes pour l’approvisionnement de la ZAC.

Le détail de l’analyse des gisements disponible et des contraintes pour chaque filière sont disponibles dans l’état initial de l’étude d’impact.

		Énergie considérée	Gisement intéressant	Remarques	
CHALEUR		SOLAIRE THERMIQUE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Gisement intéressant Pas de contraintes réglementaires 	
		BOIS ENERGIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Ressources et offre disponibles Risques d’inondations à prendre en compte 	
		GEOthermie TRES BASSE ENERGIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel faible a priori Test en réponse thermique nécessaire 	
		HYDROTHERMIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel très favorable sur la nappe Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var Études en cours 	
		AEROTHERMIE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Sur air extérieur : uniquement en mi-saison avec appoint Sur air vicié : selon les besoins des bâtiments 	
		VALORISATION DE LA CHALEUR DES EAUX USEES	INDIVIDUEL	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Séparation des eaux vannes et des eaux grises avant le dispositif
			SUR COLLECTEURS	Non	
			SUR STEP	Non	
	CHALEUR FATALE	Non	<ul style="list-style-type: none"> Pas d’opportunités 		
	RESEAU DE CHALEUR EXISTANT	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Opportunité de raccordement au réseau de la ZAC Méridia au moins sur une partie de la ZAC 		
ÉLECTRICITE		SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	Oui	<ul style="list-style-type: none"> Gisement intéressant Pas de contraintes réglementaires 	
		ÉOLIEN	ÉOLIEN URBAIN	Non	<ul style="list-style-type: none"> Valeur d’exemplarité uniquement
		GRAND EOLIEN	Non	<ul style="list-style-type: none"> Proximité d’habitations 	
Biogaz		METHANISATION	Non	<ul style="list-style-type: none"> Pas à privilégier en première approche 	

PRECONISATIONS POUR LIMITER LES IMPACTS ENERGETIQUES DU PROJET

1 PRISE EN COMPTE DE L'ENERGIE DANS LA CONCEPTION DU PROJET

1.1 ORIENTATION ET BIOCLIMATISME

L'enjeu d'une architecture dite « bioclimatique » est de tirer le meilleur parti des caractéristiques du site et de son environnement pour aboutir à un bâtiment naturellement confortable pour ses utilisateurs et peu onéreux dans son fonctionnement. D'un point de vue urbanistique, cette approche doit être recherchée dans la conception des formes urbaines, le traitement des surfaces et de la végétation pour limiter l'effet d'îlots de chaleur urbain et favoriser le rafraîchissement des ambiances (utilisation de l'eau, de la végétation des matériaux et de l'ombre). D'un point de vue du bâti, ce type d'architecture permet de réaliser des économies à plusieurs niveaux :

- Grâce à la réduction des besoins de chauffage en hiver en maximisant les apports solaires ;
- Grâce à la réduction des besoins de rafraîchissement en été en limitant les apports solaires et en favorisant la circulation d'air, le rafraîchissement des ambiances, etc.
- Grâce à la réduction des consommations de ventilation grâce à l'utilisation des courants d'air naturels ;
- Grâce à la réduction des consommations d'éclairage grâce à une optimisation des apports de lumière naturelle.

Ces économies d'énergie sont l'occasion d'autant d'économies financières pour l'utilisateur et peuvent également engendrer des économies d'investissement dans le dimensionnement des équipements.

En phase de conception, les principales dispositions qui devront être prises concernent :

- L'orientation : on privilégiera une orientation est-ouest du bâti de manière à positionner les plus grandes façades au sud et profiter ainsi des apports solaires.
- L'organisation des espaces : favoriser les appartements traversants bénéficiant d'une double exposition, disposer les lieux de vie diurnes entre sud-est et sud-ouest et les salles de bains, toilettes et chambres entre nord-est et nord-ouest, ne pas prévoir d'appartements uniquement orientés au nord.
- L'utilisation de l'environnement : on prendra en compte les ombres générées par le relief et la végétation, la circulation de l'air et la protection face aux vents dominants sur les besoins énergétiques du bâtiment.
- Pour favoriser le confort d'été : création de protections solaires extérieures (brise-soleil, pergola, débord de toiture, avancée architecturale, etc.) adaptées à l'orientation des ouvertures vitrées ; complétées avec des protections mobiles extérieures (volets, stores à projection, etc.). Choisir des revêtements de façades de couleur claire.

Le maître d'œuvre a mené une analyse de l'ensoleillement qui permet de maximiser les apports solaires du projet.

1.2 PERFORMANCE ENERGETIQUE DU BATIMENT

La performance énergétique d'un bâtiment ne se réduit pas au seul respect de la réglementation thermique en vigueur.

D'une part il est possible d'aller plus loin que cette réglementation en termes de performance pure, par le respect de labels (futur label RE 2020) ou par l'atteinte de seuil de performance ambitieux pour les constructions neuves.

D'autre part, un certain nombre de bonnes pratiques peuvent être favorisées afin de garantir une performance effective des bâtiments correspondants aux valeurs théoriques envisagées :

- Dans le cas de solutions de chauffage utilisant une pompe à chaleur réversible ou permettant un rafraîchissement direct : utiliser des émetteurs basses températures réversibles (plancher / plafond chauffant, CTA).
- Installer un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC) dit double-flux, dont l'échangeur aura une efficacité nominale de 90% au minimum. Choisir des conduits rigides (et non souples). Prévoir des débits variables afin de permettre une surventilation nocturne en été.
- Dans le cas d'un chauffage collectif, réguler le fonctionnement de la chaudière en fonction de la température extérieure, et prévoir un ralenti de nuit ce qui permet de faire des économies sur l'électricité consommée par le circulateur.
- Mettre en place un comptage individualisé des consommations pour chaque appartement et pour chaque usage (chauffage, eau chaude sanitaire, électricité) et installer un programmateur performant par logement, accompagné de son mode d'emploi. Ces recommandations permettent aux usagers de visualiser et de pouvoir agir directement sur leurs consommations.
- Installer un ou plusieurs interrupteurs muraux à l'entrée du logement commandant les prises destinées au matériel audiovisuel et informatique.
- Choisir des matériaux d'isolation permettant une bonne inertie thermique, si possible biosourcés, et privilégier une isolation par l'extérieure sans ponts thermiques (désolidariser les balcons et terrasses de la structure, ou les équiper de rupteurs de ponts thermiques).
- Choisir des ascenseurs à contrepoids, avec variateur de vitesse, sans réducteur (« gearless »), et dont l'éclairage de cabine est asservi au fonctionnement effectif (extinction de la cabine à vide).

2 RECOMMANDATIONS POUR FAVORISER L'INTEGRATION DES ENR DANS LA CONCEPTION

2.1 DENSITE DU BÂTI ET RESEAUX DE CHALEUR

La densité du bâti doit être recherchée à deux niveaux :

- Au niveau des bâtiments eux-mêmes : en créant des bâtiments plus hauts et plus compacts, on limite ainsi les surfaces de déperditions thermiques. La compacité du bâti permet de simplifier et d'optimiser l'isolation à moindre coup en réduisant pour un même volume les surfaces déperditives. Les bâtiments collectifs de moyenne hauteur doivent être privilégiés afin de mutualiser les équipements de chauffage et de rafraîchissement.
- Au niveau de la zone, si l'on souhaite s'orienter vers un réseau de chaleur, il est primordial de privilégier la densité du bâti. En effet, la rentabilité d'un réseau de chaleur est directement dépendante de la longueur de celui-ci, d'autant plus lorsqu'il alimente des bâtiments dont les besoins énergétiques sont limités (ce qui est déjà le cas avec la réglementation thermique 2012). Si tous les bâtiments n'ont pas vocation à être alimentés par un réseau de chaleur (notamment les maisons individuelles), on pourra organiser la zone de manière à regrouper les bâtiments les plus consommateurs.

2.2 DISPONIBILITE FONCIERE

Dans l'optique de créer un réseau de chaleur, il est nécessaire de prévoir dès la conception de la zone un espace dédié à la chaufferie centrale. Dans le cas d'une chaudière bois énergie il faudra également disposer d'un accès routier suffisant pour le passage de camions et une zone de retournement pour la livraison. La chaufferie devra être positionnée de manière à optimiser le tracé du réseau de chaleur tout en limitant les nuisances pour les riverains (bruit des livraisons par exemple). Cette chaufferie et sa cheminée devront également faire l'objet d'une intégration architecturale.

Dans le cas d'un réseau d'eau tempéré alimenté par des forages géothermiques, il est nécessaire de prévoir un espace pour l'implantation d'une station de pompage centrale, de l'échangeur et de ces éventuels appoints. D'autre il est nécessaire de disposer d'un espace pour la réalisation des forages prenant en compte les contraintes du site (périmètre de captage d'eau potable et sols pollués) ainsi que les caractéristiques de la nappe (nombre et positionnement des forages de pompage et réinjection).

2.3 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

L'implantation de capteurs solaires photovoltaïques en toiture devra être idéalement prise en compte dès la conception des bâtiments. On pourra ainsi maximiser le rendement de ces installations. Dans le cas de toitures inclinées, on privilégiera une orientation est-ouest de la toiture afin de bénéficier d'une surface maximale disponible exposée au sud. On veillera également à limiter les effets de masque entre les bâtiments en créant des bâtiments de hauteur équivalente et positionnés de manière à éviter qu'ils ne projettent leur ombre sur les toitures voisines, afin de bénéficier d'un ensoleillement maximal toute l'année. Dans cette optique, on prendra également en compte les ombres générées par le relief et la végétation.

2.4 SMART GRID

Comme indiqué dans le projet : il sera mis en place une architecture de communication permettant de mettre à disposition des habitants les données relatives aux mesurages énergétiques effectués. Le guide de recommandations Smart-grids sera appliqué et les bâtiments devront être conformes au niveau 2 (bâtiment autogéré) ou 3 (bâtiment pilote) de ce guide. L'opération sera d'ailleurs positionnée sur la grille d'évaluation des projets Smart Ready.

OPPORTUNITÉ DE RÉSEAUX DE CHALEUR OU DE FROID

L'objectif de ce paragraphe est de calculer en première approche la densité énergétique du site afin de statuer sur la pertinence d'un réseau de chaleur. Dans l'affirmative, les solutions proposées intégreront cette potentialité. Dans la négative, les solutions proposées utiliseront uniquement des installations à l'échelle du bâtiment.

La création d'un réseau de chaleur raccordant tous ou une partie des bâtiments de la ZAC présente en effet plusieurs intérêts :

- Mutualisation de l'investissement : dans la mesure où la densité de consommation d'énergie est suffisante, la création d'un réseau permet de réduire les coûts liés aux équipements de production de chaleur en les mutualisant. Le calcul de la densité énergétique permet d'étudier la rentabilité de cette solution qui représente des coûts supplémentaires liés au réseau par rapport à un ensemble de solutions collectives.
- Mutualisation de l'exploitation (maintenance, approvisionnement, etc.).
- Création d'un service public de l'énergie : le réseau peut être porté par la collectivité qui assure ainsi un service de fourniture de chaleur à l'ensemble du quartier à un prix stable et équivalent pour tous les occupants.

D'autre part, le réseau créé sur la ZAC peut être étendu aux bâtiments existants aux alentours ou aux futurs bâtiments qui verront le jour aux abords de la ZAC. Ces bâtiments bénéficieront ainsi d'une énergie issue de sources renouvelables dont les coûts sont mutualisés. Cette extension permettra également d'accroître la densité énergétique du réseau de chaleur (en particulier pour les bâtiments existants dont les consommations sont plus importantes) et contribuera à améliorer le bilan économique du réseau créé.

La méthodologie employée pour déterminer l'opportunité d'un réseau de chaleur est décrite en annexe A.

1 BESOINS ENERGETIQUES

Les consommations finales d'énergie des bâtiments ont été calculées en supposant que le réseau de chaleur envisagé a un contenu CO₂ inférieur à 50 grammes par kilowattheure. Ce réseau de chaleur couvre les besoins de chauffage de tous les bâtiments, ainsi que les besoins en eau chaude sanitaire des logements (les besoins en eau chaude sanitaire des commerces et des bureaux sont trop faibles pour envisager une mutualisation ; ils sont couverts par des équipements indépendants électriques à semi-accumulation).

La méthodologie employée pour l'estimation des besoins énergétiques est décrite en annexe C.

Les consommations de chaleur et de froid de l'ensemble des bâtiments sont de 25 640 MWh_{ef} par an :

- 13 270 MWh_{ef} par an pour le chauffage et les auxiliaires,
- 5 340 MWh_{ef} par an pour l'eau chaude sanitaire,
- Les consommations d'énergie pour la climatisation sont estimées à 7 030 MWh_{ef} par an.

	Chauffage	ECS	Climatisation	Total chaleur/froid	Part en %
Appartement	7 590 MWh _{ef}	4 580 MWh _{ef}	0 MWh _{ef}	12 170 MWh _{ef}	47%
Commerces	1 200 MWh _{ef}	280 MWh _{ef}	910 MWh _{ef}	2 390 MWh _{ef}	9%
Bureaux	3 930 MWh _{ef}	280 MWh _{ef}	6 050 MWh _{ef}	10 260 MWh _{ef}	40%
Equipements	550 MWh _{ef}	200 MWh _{ef}	70 MWh _{ef}	820 MWh _{ef}	3%
Total	13 270 MWh _{ef}	5 340 MWh _{ef}	7 030 MWh _{ef}	25 640 MWh _{ef}	100%
Part en %	52%	21%	27%	100%	

Figure 3 : Récapitulatif des consommations finales pour un réseau de chaleur dont le contenu CO₂ du kWh est inférieur à 50 grammes par type de bâtiment

La densité de consommation d'énergie finale, c'est-à-dire les consommations d'énergie finale ramenées à la surface au sol du lot, est illustrée sur la carte suivante. Cet indicateur permet de visualiser les lots les plus intéressants à raccorder à un réseau de chaleur et/ou de froid, et ceux qui consomment trop peu d'énergie au vu de leur taille pour que leur desserte par un réseau soit intéressante.

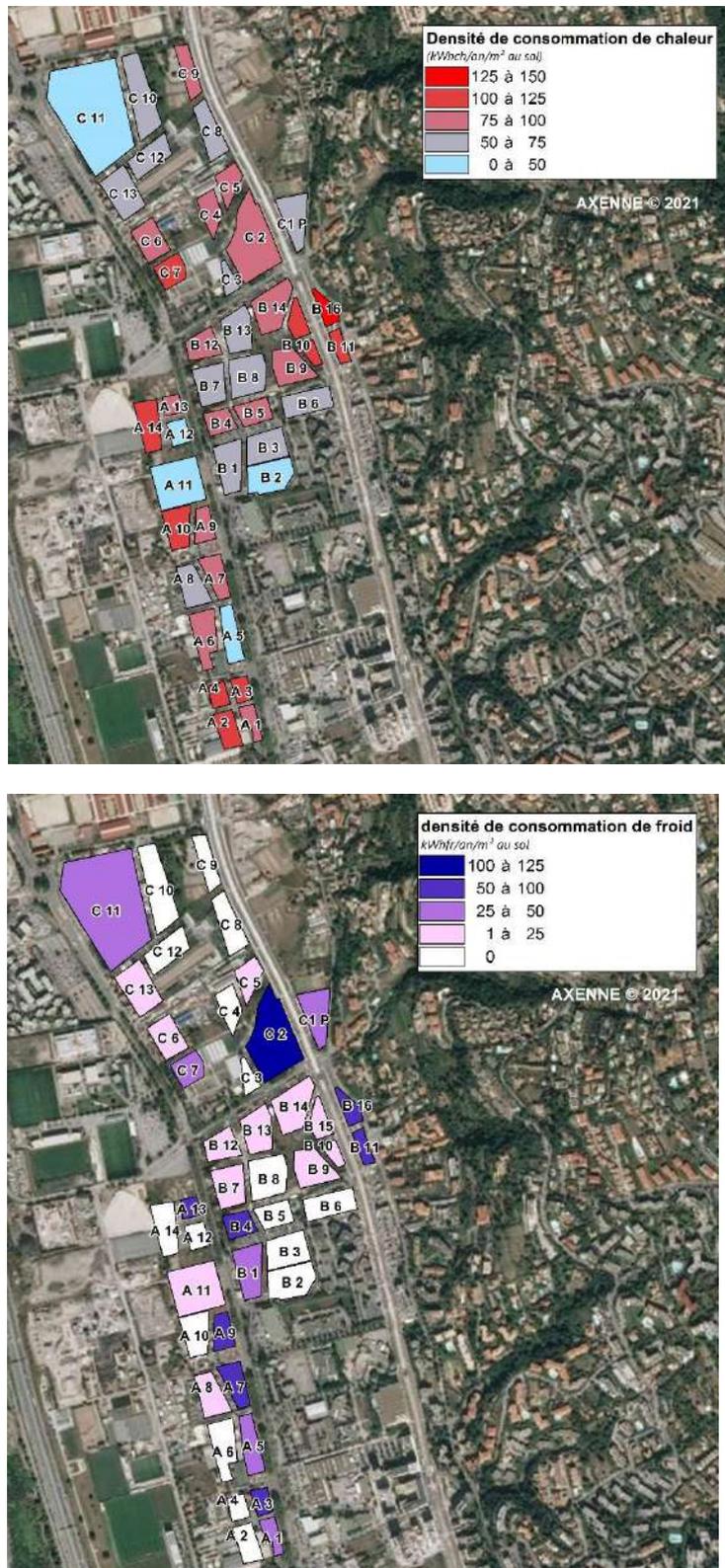


Figure 4 : Densité de consommation d'énergie finale pour le chauffage et l'eau chaude sanitaires et pour la climatisation des bâtiments par lot

2 OPPORTUNITE DE RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID

RESEAUX POTENTIELS SUR LE SITE

Un réseau de chaleur théorique a été tracé sur la zone du projet alimentant l'ensemble des lots, à l'exception des lots A1 à A6 qui seront raccordés au réseau existant de la ZAC Méridia (prévu dans la DSP).

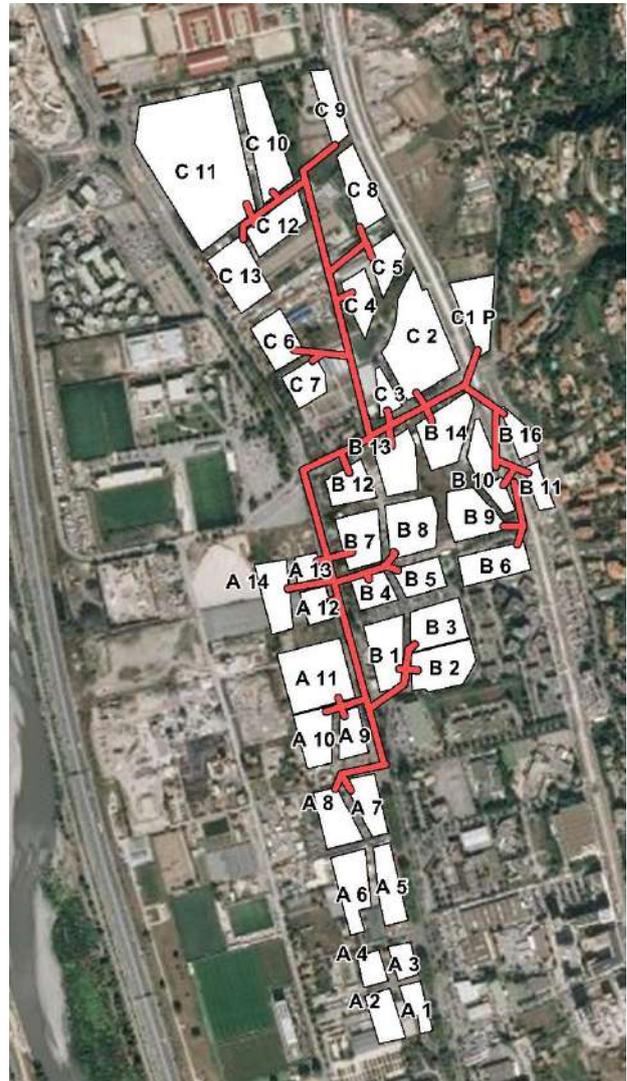


Figure 5 : Tracé et extensions du réseau de chaleur potentiel

Le réseau de chaleur présenté couvre les besoins de chauffage de l'ensemble des bâtiments ainsi que les besoins en eau chaude sanitaire des logements et des équipements. La couverture des besoins en eau chaude sanitaire des commerces et des bureaux n'a pas été retenue car elle trop faible pour qu'il soit intéressant de créer un réseau interne centralisé.

La longueur du réseau envisagé présente une longueur d'environ 3 225 ml. Au vu des consommations en énergie retenues et des longueurs des tracés, le réseau de chaleur potentiel présente une densité énergétique de 4,99 MWh_{ef}/ml.an et le réseau de froid une densité de 1,94 MWh_{ef}/ml.an.

La densité énergétique thermique trouvée est suffisante pour envisager un réseau de chaleur ; elle est en effet supérieure au seuil imposé pour bénéficier du Fonds Chaleur (la densité énergétique minimum demandée par l'ADEME pour bénéficier du Fonds Chaleur est de 1,5 MWh_{ef}/m/an). Des études plus poussées, notamment économiques, seront nécessaires pour confirmer l'intérêt économique d'une telle opération ; pour cela, il faudra d'abord définir quelles énergies et quels systèmes peuvent alimenter ce réseau de chaleur.

3 RESSOURCES DISPONIBLES POUR L'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE D'UN RESEAU DE CHALEUR



L'article L300-1 du Code l'Urbanisme demande à ce que soit réalisée une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables des nouvelles zones aménagées qui font l'objet d'une étude d'impact ; il précise également que doit être réalisée une analyse de l'opportunité de raccorder les constructions de ces zones à un réseau de chaleur ou de froid existant et ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.

3.1 RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR EXISTANT

Un réseau de chaleur et de froid est en cours de réalisation sur la ZAC Méridia à proximité immédiate du site. 6 doublets géothermiques (pompage et réinjection) permettent de mobiliser un débit de 480 m³/h afin d'alimenter un réseau de chaleur et un réseau de froid pour une longueur de réseau de 1,6 km et 94 sous-stations alimentées. Ces réseaux seront couplés à des unités de stockage thermique (glace et chaleur). Le réseau est ainsi capable de fournir jusqu'à 6,5 MW en chaud et 5,7 MW en froid et de l'ordre de 15 GWh/an de chaleur, 15,5 GWh/an de climatisation et 1,4 GWh/an pour le rafraîchissement des logements.

L'exploitation de ce réseau a fait l'objet d'une délégation de service public et a été confiée à la société Idex. Le contrat de DSP inclut le raccordement futur d'une partie de la ZAC Parc Méridia (voir carte ci-dessous).

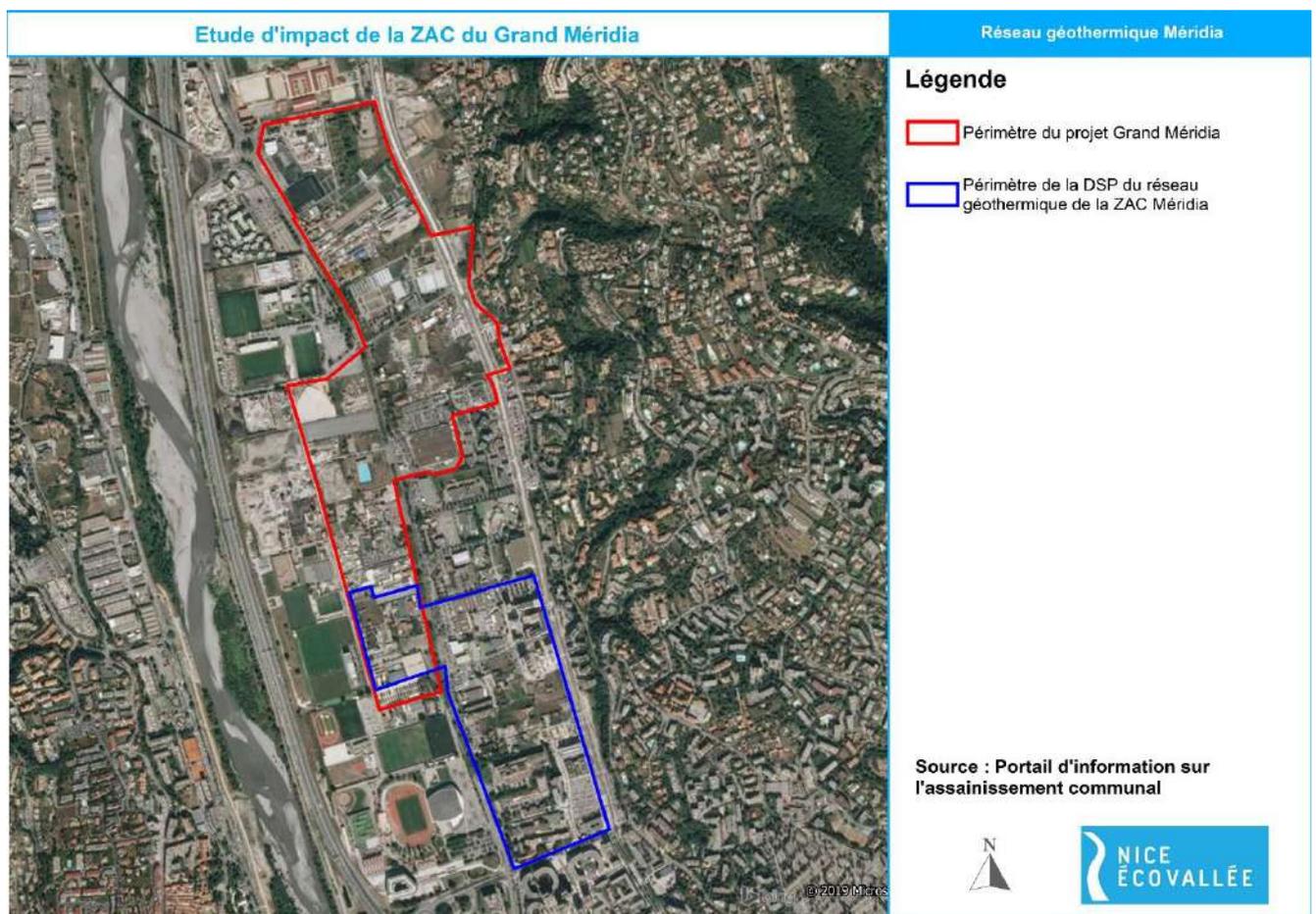


Figure 6 : périmètre de la DSP du réseau géothermique de la ZAC Méridia

L'extension de ce réseau à l'ensemble de la ZAC nécessitera d'accroître la capacité de production des unités prévues actuellement, soit par la création de nouvelles capacités géothermiques soit par la valorisation d'autres sources d'énergie via la création de nouvelles installations de production.

3.2 CHALEUR FATALE



On entend par chaleur fatale une production de chaleur dérivée d'un site de production mais qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée. Les sources de chaleur fatale sont très diversifiées. Il peut s'agir de sites de production d'énergie (les centrales nucléaires), de sites de production industrielle, de bâtiments ayant d'importants besoins de refroidissement (datacenter, industries), de bâtiments tertiaires d'autant plus émetteurs de chaleur qu'ils en sont fortement consommateurs (hôpitaux, réseaux de transport en lieu fermé, sites d'élimination comme les unités d'incinération de déchets, etc.) ou encore des réseaux de transport des eaux usées.

En hiver, les eaux usées sont plus chaudes que l'air extérieur, constituant ainsi une source de chaleur. Au niveau des collecteurs d'eaux usées, le cas inverse se produit en été ; les bâtiments peuvent être rafraîchis grâce aux eaux usées. La récupération de chaleur (ou de froid) se fait de manière simple : un fluide caloporteur capte l'énergie des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur. L'énergie peut être récupérée à différents niveaux : au niveau du bâtiment, au niveau de la station d'épuration, ou au niveau des collecteurs d'eaux usées.

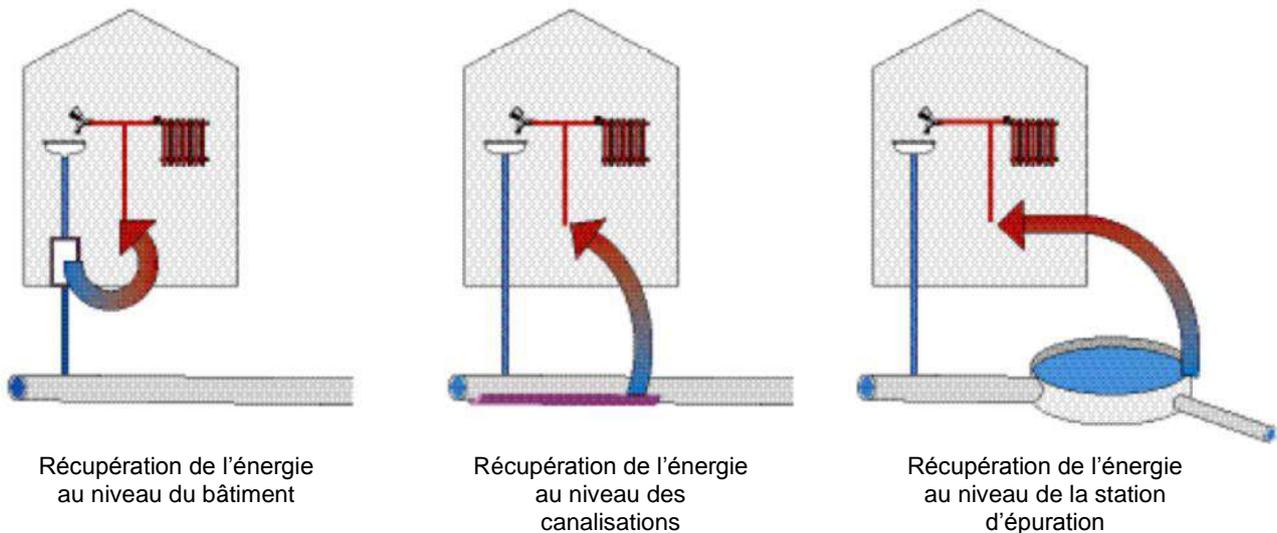


Figure 7 : Récupération de l'énergie des eaux usées (Source : Gestion et services publics, Suisse)

Il n'y a pas de gisement de chaleur fatale exploitable dans le secteur. La station d'épuration de Nice Haliotis présente un potentiel important de récupération de chaleur. Toutefois ce potentiel doit faire l'objet d'une valorisation sur les zones à proximité en priorité et notamment la ZAC Grand Arénas.

Le détail de l'analyse des gisements disponible et des contraintes pour mobiliser cette filière sont disponibles dans l'état initial de l'étude d'impact.

3.3 GEOTHERMIE



La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches constitutives de la croûte terrestre. Elle provient également, pour une faible part, des échanges thermiques avec les zones internes de la Terre dont les températures s'étagent de 1 000°C à 4 300°C. Enfin, en ce qui concerne la géothermie dite de surface, la chaleur de la couche superficielle du sous-sol est en partie influencée par le climat.

L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé « gradient géothermal ». Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3°C par 100 mètres. Les gisements géothermiques sont qualifiés en fonction de leur température notamment, de haute à très basse énergie (cf. figure ci-après).

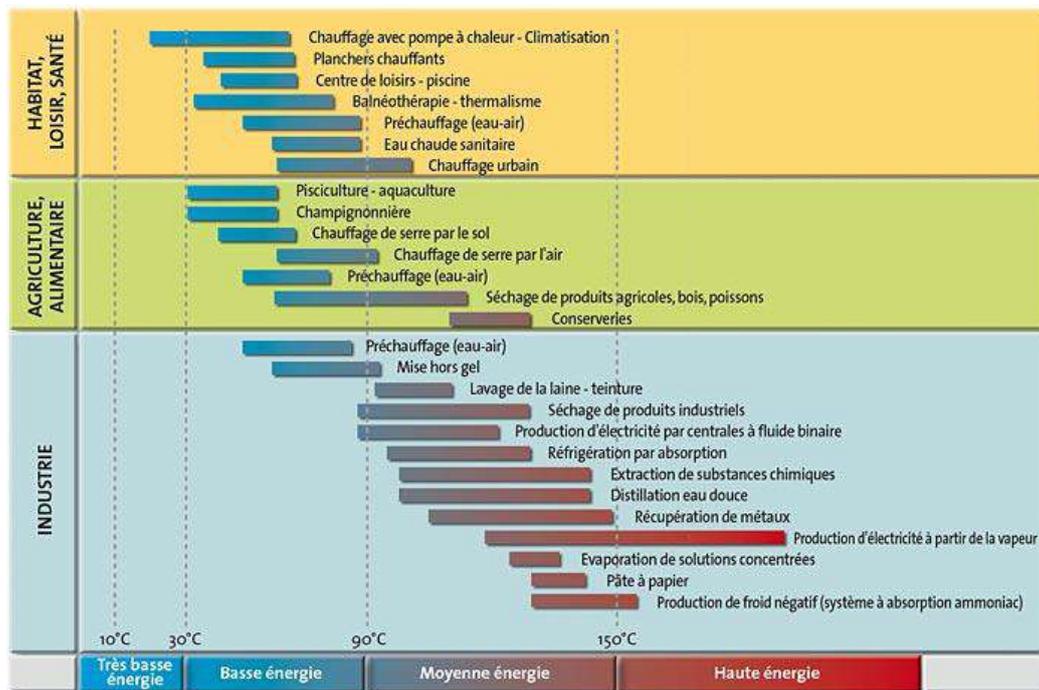


Figure 8 : Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures (Source : Géothermie Perspectives)

On distingue cinq catégories de géothermie, suivant le niveau de température des fluides exploités :

- La **géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30°C – profondeur inférieure à 100 m) : par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC), l'énergie du sous-sol est utilisée pour le chauffage et/ou le rafraîchissement de locaux.
- La **géothermie basse énergie** (température comprise entre 30 et 90°C) est destinée au chauffage urbain, à certaines utilisations industrielles, au thermalisme ou encore à la balnéothérapie. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires (profondeur comprise entre 1 500 et 2 500 mètres).
- La **géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90 et 150°C)
- La **géothermie haute énergie** (température supérieure à 150°C)
- La **géothermie profonde des roches chaudes fracturées** (hot dry rock)

Seule la géothermie très basse énergie est étudiée ci-après pour l'approvisionnement énergétique de la zone. En effet, les besoins énergétiques et le contexte de la zone à construire ne permettent pas d'envisager le recours aux autres types de géothermies¹.

¹ Les forages doivent être réalisés à des profondeurs telles qu'ils nécessitent un investissement très important qui sera difficilement rentabilisé si les besoins de chaleur ne sont pas très importants et très concentrés : on estime qu'il faut desservir au minimum 3 000 équivalents-logements dans un rayon de 3 à 4 km pour la géothermie basse énergie (source : ADEME IDF). Remarque : Un équivalent logement correspond à la consommation d'un logement de 70 m² construit selon les normes en vigueur au milieu des années 90, soit environ 11 MWh/an de chaleur utile en chauffage et en eau chaude.

3.3.1 POTENTIEL

La géothermie très basse énergie sur la nappe des Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var semble très intéressant sur la ZAC. La mobilisation de cette ressource pourra être réalisée par le biais d'un réseau de chaleur et de froid via le raccordement d'une partie de la ZAC au réseau existant de la ZAC Méridia et éventuellement son extension sur le reste du projet.

Le détail de l'analyse des gisements disponible et des contraintes pour mobiliser cette filière sont disponibles dans l'état initial de l'étude d'impact.

3.3.2 SOLUTIONS MOBILISABLES

LA BOUCLE D'EAU GÉOTHERMIQUE SUR NAPPE

FONCTIONNEMENT



L'eau de la nappe circule dans un réseau de distribution desservant plusieurs bâtiments : on parle de boucle d'eau. L'eau prélevée dans la nappe via un puits de captage y est ensuite réinjectée via un puits de rejet.

Remarque : L'eau circulant dans le réseau étant à la température de l'eau de la nappe, non encore réchauffée, il ne s'agit pas à proprement parler d'un réseau de chaleur.

Chaque bâtiment est équipé d'une pompe à chaleur qui relève la température de l'eau de la nappe afin de couvrir les besoins en chauffage. Si la pompe à chaleur est réversible, elle peut fonctionner en été pour rafraîchir le bâtiment (elle abaisse alors la température de la nappe). On peut également faire circuler l'eau à température de la nappe dans les émetteurs des bâtiments pour rafraîchir en été sans utiliser la pompe à chaleur (free-cooling). Enfin, si une pompe à chaleur haute température est installée, il est possible de réaliser de la production d'eau chaude sanitaire également (pour les bâtiments ayant des besoins suffisants).

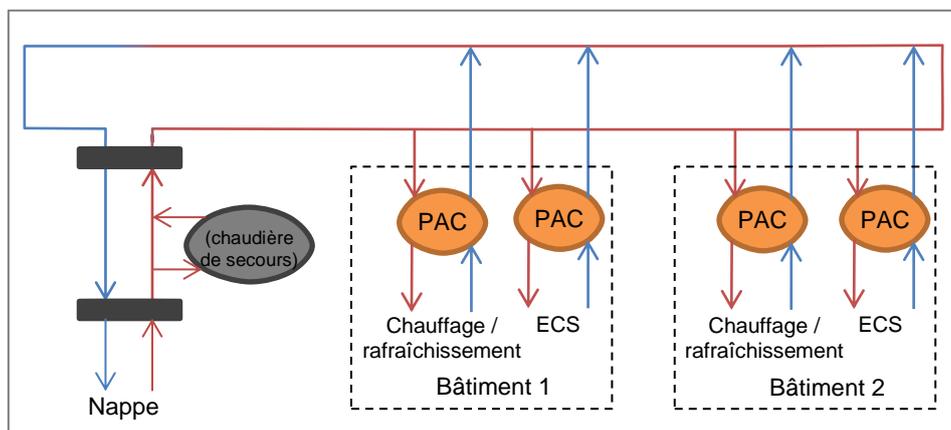


Schéma de principe d'une boucle d'eau

Remarque : Il est possible de placer une pompe à chaleur centrale en sortie de nappe et de distribuer l'eau chaude comme dans un réseau de chaleur classique – solution moins onéreuse – mais on perd alors l'avantage de la multiplicité des usages : dans le cas de la boucle d'eau, un bâtiment peut se chauffer pendant qu'un autre se chauffe et produit son eau chaude sanitaire et que simultanément un troisième se rafraîchit. D'autre part, les pertes de chaleur sur le réseau de chaleur sont plus importantes que pour une boucle d'eau puisque la température de l'eau qui y circule est plus élevée.

AVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Multiplicité des usages : possibilité pour les différents bâtiments raccordés de se chauffer, de se refroidir et de produire leur eau chaude sanitaire. Un bâtiment peut simultanément produire son eau chaude sanitaire et se chauffer ou se refroidir. Un bâtiment peut se chauffer pendant que le bâtiment d'à côté se refroidit. ▪ Le free-cooling sans utiliser la pompe à chaleur peut fournir une solution de rafraîchissement quasiment gratuite (seules les pompes de circulation fonctionnent), notamment pour les logements. ▪ La température de la nappe ne dépend que peu des conditions atmosphériques, donc son potentiel fluctue peu : c'est une énergie fiable et constante qui permet aux pompes à chaleur d'avoir un très bon rendement énergétique (de 3 à 5 kWh d'énergie thermique produite pour 1 kWh d'énergie électrique consommée). ▪ Pertes de chaleur sur la boucle d'eau moins importantes qu'avec un réseau de chaleur.
CONDITIONS A RESPECTER
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier les capacités de la nappe au regard des besoins en énergie (production de chaleur et production de froid) et des besoins pour les autres usages (eau potable, irrigation, etc.) par une étude hydrogéologique. L'étude hydrogéologique doit examiner les points suivants : caractéristiques hydrogéologiques de la nappe, potentiel thermique, présence d'autres forages à proximité et éventuelles interactions entre eux, etc. ▪ Surveiller la température de l'eau de la nappe pour vérifier l'impact de l'installation. En effet, l'eau rejetée dans la nappe après utilisation dans la boucle d'eau sera plus froide en hiver et plus chaude en été. La modification de la température d'une nappe peut avoir d'importantes conséquences sur son équilibre biochimique. Le fait d'effectuer du chauffage l'hiver et de la climatisation l'été est intéressant car il permet un équilibre annuel ; cependant, des impacts saisonniers peuvent être observés. ▪ Se conformer à la réglementation et aux prescriptions des organismes en charge (police de l'eau, DDT, etc.). Transmettre les caractéristiques de l'ouvrage au BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) qui effectue un suivi des installations existantes. ▪ Installer des pompes à chaleur capables de démarrer à vide ou équipées d'un démarrage progressif pour limiter l'appel de puissance. ▪ Choisir une pompe à chaleur dont le coefficient de performance (COP) est élevé : pour cela, se rapprocher de l'ADEME qui donne le COP minimal pour bénéficier des aides disponibles. ▪ Faire installer les pompes à chaleur pour des installateurs agréés QualiPAC ; faire réaliser les forages par une entreprise agréée Qualiforage. Ces agréments sont délivrés par l'association Qualit'EnR qui promeut la qualité des prestations des professionnels des énergies renouvelables. ▪ Vérifier l'accessibilité du site aux engins de forage. ▪ Privilégier des émetteurs de chaleur fonctionnant à basse température (planchant chauffant / rafraîchissant, radiateurs basse température, etc.) afin d'améliorer les performances des pompes à chaleur.
GISEMENT
<p>Le meilleur aquifère présent au droit du site est situé à environ 23 m de profondeur. Il s'agit de la nappe des Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var. Il présente un débit moyen mobilisable de l'ordre de 1 500 m³/h et une température de 15 °C. Son potentiel est considéré comme très favorable au droit du site.</p> <p>Cette ressource est par ailleurs exploitée pour alimenter le réseau de la ZAC Méridia au sud-est du projet. Un pompage de 430 m³/h alimente un réseau de chaleur et de froid de 1,6 km couplé à un système de stockage de froid (voir § 1.2.9). La partie sud du projet est d'ores et déjà intégré à la DSP du réseau de chaleur/froid de la ZAC Méridia et devrait à terme y être raccordé. La possibilité d'étendre ce réseau à l'ensemble du projet fait actuellement l'objet d'études approfondies afin de connaître les possibilités d'augmentation de puissance au niveau des installations existantes ou de création de nouvelles installations (forages). Dans ce cas, il sera nécessaire d'étudier les interactions entre les différents forages de pompage et de réinjection.</p> <p>Le détail de l'analyse des gisements disponible pour cette filière est disponible dans l'état initial de l'étude d'impact.</p>

CONTRAINTES
<p>La totalité de la ZAC est éligible à la géothermie de minime importance sur nappe sans contraintes (zone verte). Les seules contraintes identifiées sont le risque de mouvements de terrain (aléa de retrait-gonflement des argiles moyen) et le risque d'inondation par remontée de nappe.</p> <p>Par conséquent, les têtes de forages devront être situées au-dessus du niveau des plus hautes eaux de manière à ce que l'eau ne puisse pas rentrer dans le forage en cas d'inondation, et risquer de polluer la nappe.</p> <p>Le détail de l'analyse des contraintes pour cette filière est disponible dans l'état initial de l'étude d'impact.</p>
BATIMENTS CIBLES
<p>Ce type d'installation est particulièrement intéressant dans le cas de raccordement de bâtiments ayant des besoins de chaud et de froid.</p>
ÉLÉMENTS ECONOMIQUES
<ul style="list-style-type: none">▪ L'investissement pour une pompe à chaleur s'élève à 700 €/kW environ.▪ Un forage sur nappe coûte environ 100 000 € par doublet. Cette valeur est très variable en fonction des caractéristiques du site.▪ Le réseau de chaleur tempéré représente un coût variant entre 250 et 400 €/ml selon la taille des réseaux.

3.4 BIOMASSE COMBUSTIBLE



Le terme « bois-énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois. Cette énergie est au départ celle du soleil, transformée par les arbres lors de la photosynthèse. Elle est libérée sous forme de chaleur lors de la combustion du bois et est utilisée directement pour produire de la chaleur.

Le bois énergie est un mode de chauffage ancestral qui a récemment connu d'importantes évolutions technologiques : automatisation de l'alimentation, du décendrage et de la régulation pour les chaudières et certains poêles, amélioration des performances techniques et du rendement. Les produits développés apportent un grand confort sur le plan thermique et sont de plus en plus souples d'utilisation. Les niveaux de pollution (émissions de particules essentiellement) ont été réduits de manière importante par rapport aux anciens modèles.

Le bois-énergie est une énergie renouvelable qui ne court pas de risque de pénurie, à court ou à long terme, à condition de recourir à une gestion raisonnée de la forêt.

3.4.1 POTENTIEL

Au vu des ressources et de l'offre locale, il serait tout à fait possible de couvrir les besoins de chaleur de la ZAC par réseau de chaleur au bois énergie. Il sera nécessaire de prendre en compte le risque inondation pour la conception des équipements.

A noter que cette solution ne permet pas de couvrir les besoins de climatisation des bâtiments.

Le détail de l'analyse des gisements disponible et des contraintes pour mobiliser cette filière sont disponibles dans l'état initial de l'étude d'impact.

3.4.2 SOLUTION MOBILISABLE

LE RÉSEAU DE CHALEUR AU BOIS

FONCTIONNEMENT

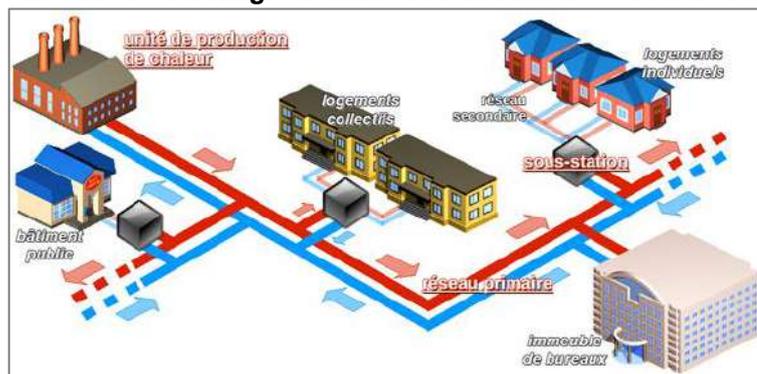


Les **combustibles** utilisés sont les sous-produits forestiers (branchages, petits bois, etc.) et industriels (écorces, sciures, copeaux, etc.) qui sont valorisés sous différentes formes. Pour un réseau de chaleur, étant donnée la puissance de la chaudière bois, on utilise des plaquettes. Les **plaquettes** (ou bois déchiqueté) sont obtenues par déchiquetage d'arbres, de branches, de sous-produits de l'industrie du bois, etc.

Remarque : Le pouvoir calorifique des combustibles bois dépend en grande partie de leur humidité. C'est pourquoi il est nécessaire de sécher le bois avant de le transformer et de le brûler.

Les combustibles bois sont amenés dans un **silos de stockage** attendant à la chaufferie et d'où ils sont envoyés automatiquement à la chaudière bois en fonction des besoins.

Le réseau de chaleur permet de distribuer la chaleur produite par une même chaudière à plusieurs bâtiments. Ces réseaux peuvent être de tailles différentes : de plusieurs milliers de logements desservis et plusieurs dizaines de kilomètres de réseaux à trois ou quatre bâtiments desservis pour quelques dizaines de mètres de réseau.



Le réseau de distribution, ou réseau de chaleur, est un circuit fermé constitué par des tuyaux enterrés isolés, transportant un fluide caloporteur (eau le plus souvent). Il part de la chaudière et dessert les bâtiments raccordés, transmet la chaleur puis revient à la chaudière en retournant le fluide refroidi. La sous-station permet l'échange de chaleur entre le circuit primaire (réseau principal) et le circuit secondaire (installation de chauffage interne au bâtiment) via un échangeur de chaleur. Une sous-station est à prévoir pour chaque bâtiment raccordé. Lorsque le réseau de chaleur dessert d'autres bâtiments que ceux appartenant au maître d'ouvrage, il faut distinguer la partie primaire du réseau (chaufferie, réseau et sous-station) de la partie secondaire (chauffage des bâtiments après les sous-stations, à l'intérieur des bâtiments). Le maître d'ouvrage est responsable a minima de la partie primaire.

AVANTAGES DU BOIS ENERGIE

Le bois énergie bénéficie d'atouts indéniables, qui appuient son développement et une meilleure utilisation de cette ressource :



- Des ressources locales importantes et une filière d'approvisionnement bien structurée : l'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie n'est à craindre tant que l'exploitation forestière est réalisée de manière durable. C'est pourquoi les prix sont moins sujets à des fluctuations.
- Un bilan neutre vis-à-vis des gaz à effet de serre : conventionnellement, l'utilisation de la biomasse est considérée comme neutre du point de vue des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) puisque sa combustion émet autant de CO₂ qu'elle n'en a absorbé au cours de sa croissance. À ce titre, le développement de son utilisation, en substitution aux énergies traditionnelles, constitue l'un des leviers privilégiés de la lutte contre le changement climatique.
- Le contexte haussier du prix des énergies traditionnelles : alors que les énergies fossiles ont longtemps été les énergies les moins chères, la récente envolée des prix du pétrole rend compétitive, dans une perspective de long terme, la valorisation des ressources locales comme la biomasse.
- Les progrès techniques et la diffusion massive des matériels a permis une baisse des coûts d'investissement, la maturité technique des offres bois-énergie n'est aujourd'hui plus à démontrer.

Par ailleurs, la gestion d'un combustible solide comme le bois étant plus compliquée que celle d'un combustible gazeux ou liquide, sa mutualisation en réseau de chaleur est un avantage. De plus, cela permet à un plus grand nombre de consommateurs de bénéficier d'une chaleur propre, renouvelable et produite à partir de ressources locales, à un coût économique intéressant et moins volatile que les énergies fossiles.

CONDITIONS A RESPECTER

- S'assurer que le réseau de chaleur est pertinent sur le plan énergétique et économique : rechercher des bâtiments consommateurs et rapprochés de manière à avoir une densité énergétique² importante. Une forte densité énergétique garantit une meilleure rentabilité puisque l'investissement consenti pour le réseau est plus facilement amorti (plus d'énergie livrée).
- Veiller à la qualité du combustible utilisé dans la chaudière : plus la puissance de cette dernière est faible, plus les caractéristiques du combustible ont un impact important sur son fonctionnement (mauvaise combustion, rejet de polluants atmosphériques, détérioration des équipements, etc.). Il faut établir un contrat de fourniture précisant les caractéristiques requises ainsi que les pénalités en cas de non-respect du cahier des charges.
- Faire dimensionner par des professionnels expérimentés les différents éléments constitutifs de l'installation afin d'éviter de mauvaises conceptions : accessibilité du silo par les véhicules de livraison, surdimensionnement de la chaudière bois, etc.
- Bien entretenir et régler les équipements.
- Vérifier que les chaudières respectent les normes de rejets auxquelles elles sont soumises et qui garantissent des rejets atmosphériques acceptables. Plus la chaudière est de taille importante, plus la réglementation lui impose des seuils de rejets faibles.

² Rapport entre la quantité d'énergie livrée par le réseau et sa longueur

CONTRAINTES
<p>La mise en place d'un réseau de chaleur présente quelques contraintes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La chaufferie centrale et le silo de stockage doivent être intégrés au site. ▪ Un accès pour le passage des camions et l'approvisionnement en combustible doit être prévu (prévoir une aire de retournement pour les véhicules de livraison suivant la configuration du site). ▪ La conception, la réalisation, la gestion et l'exploitation sont plus complexes que dans le cas de solutions individuelles. <p>Penser le montage juridique dès le début du projet car il appelle une gestion plus complexe et une organisation spécifique. Il faut qu'un acteur se montre intéressé pour porter un tel projet ; le maître d'ouvrage doit ensuite contractualiser avec différents acteurs pour la mise en place des installations puis leur exploitation. Plusieurs montages juridiques sont possibles.</p>
DIMENSIONNEMENT
<p>Une attention toute particulière sera portée au dimensionnement de la chaudière. En particulier, on veillera à ne pas la surdimensionner, pour des raisons techniques et économiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ses performances se dégradent lorsqu'elle fonctionne à bas régime, ce qui engendre des difficultés d'exploitation à la mi-saison pour une chaudière surdimensionnée ; ▪ L'investissement de la chaudière bois est la part la plus importante dans le coût de revient de la chaleur produite. Une chaudière surdimensionnée engendre un investissement important, et diminue la rentabilité économique du projet. <p>Pour les mêmes raisons, une chaudière d'appoint est nécessaire ; il peut s'agir d'un simple appoint pour les périodes de grand froid et/ou d'une production de l'eau chaude sanitaire en été. Il est également possible de dimensionner la chaudière d'appoint de façon à ce qu'elle soit en capacité de couvrir l'intégralité des besoins le jour le plus froid (en cas de panne de la chaudière bois par exemple) ; on parle alors d'appoint/secours.</p> <p>La taille du silo de stockage est calculée en fonction de l'autonomie souhaitée (quelques jours pour les réseaux de chaleur importants) de la chaudière ou suivant la taille des véhicules de livraison.</p> <p>Le tracé du réseau de chaleur doit être optimisé de manière à être le plus court possible et de réduire les investissements. Chaque tronçon doit être accessible de manière à pouvoir effectuer des opérations de maintenance éventuellement nécessaires.</p>
ÉLÉMENTS ECONOMIQUES
<p>L'investissement pour l'ensemble du projet varie de manière très importante en fonction du type de projet, des aménagements de génie civil à effectuer, de la reprise d'éléments existants, etc. Des ordres de grandeur sont donnés ci-dessous en fonction de la puissance de la chaudière bois :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 100 – 300 kW : 1 500 à 2 300 € HT/kW, ▪ 300 – 1 200 kW : 1 300 à 1 900 € HT/kW, ▪ > 1 200 kW : 900 à 1 500 € HT/kW. <p>L'exploitation comprend la gestion du bon état de marche de l'installation et des sous-stations, et la gestion des livraisons de combustibles.</p>

CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ

1 BESOINS ÉNERGETIQUES DES BATIMENTS

1.1 ESTIMATION DES CONSOMMATIONS

La consommation électrique des bâtiments est envisagée à 29 090 MWh_{ef}/an. Cette consommation correspond aux besoins pour la cuisson, l'éclairage et les usages mobiliers, ainsi que les parties communes (ascenseurs, parkings et éclairage), à laquelle s'ajoute une part de la consommation de chaleur si celle-ci est produite par des solutions électriques (pompe à chaleur en particulier) et les auxiliaires (ici on considère un réseau de chaleur pour le chauffage et l'ECS des logements et des équipements, et un réseau de froid pour la climatisation des bâtiments, on intègre donc la consommation d'électricité pour l'ECS des autres bâtiments).

La méthodologie employée pour l'estimation des besoins énergétiques est décrite en annexe C.

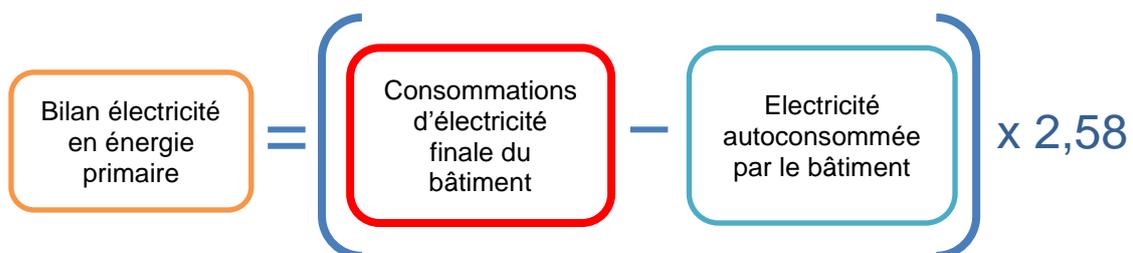
	Chaleur / froid	Cuisson	Elec spécifique	Eclairage	Parties communes	Total elec
Appartement	0 MWh _{ef}	3 990 MWh _{ef}	6 490 MWh _{ef}	1 180 MWh _{ef}	1 600 MWh _{ef}	13 260 MWh _{ef}
Commerces	280 MWh _{ef}	100 MWh _{ef}	1 410 MWh _{ef}	1 410 MWh _{ef}	110 MWh _{ef}	3 310 MWh _{ef}
Bureaux	280 MWh _{ef}	310 MWh _{ef}	8 530 MWh _{ef}	1 570 MWh _{ef}	430 MWh _{ef}	11 120 MWh _{ef}
Equipements	760 MWh _{ef}	230 MWh _{ef}	240 MWh _{ef}	80 MWh _{ef}	90 MWh _{ef}	1 400 MWh _{ef}
Total	1 320 MWh _{ef}	4 630 MWh _{ef}	16 670 MWh _{ef}	4 240 MWh _{ef}	2 230 MWh _{ef}	29 090 MWh _{ef}
Part en %	5%	16%	57%	15%	8%	100%

Figure 9 : Récapitulatif des consommations finales d'électricité par type de bâtiment

1.2 COURBES DE CHARGE ET AUTOCONSOMMATION

La réglementation thermique considère que l'électricité produite par le bâtiment et autoconsommée par celui-ci est déduite du bilan d'énergie primaire. Cela a pour conséquence de beaucoup limiter les consommations réglementaires du bâtiment, en effet, l'électricité est affectée d'un facteur 2,58 en énergie primaire et augmente par conséquent beaucoup le bilan. Ainsi, la réglementation encourage l'autoconsommation d'électricité par le bâtiment lui-même.

A l'inverse l'électricité injectée sur le réseau ou autoconsommée par ailleurs sur le site n'est pas déduite du bilan en énergie primaire.



La part d'électricité produite par le bâtiment qui est autoconsommée dépend de la courbe de charge des différents usages et de la production. La part d'électricité qui peut être autoconsommée dépend de chaque usage et de chaque typologie.

2 SOLUTION D'APPROVISIONNEMENT EN ELECTRICITE RENOUVELABLE

2.1 ÉNERGIE SOLAIRE



Les modules photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de l'ensoleillement (les photons de la lumière du soleil) ; il ne faut donc pas les confondre avec les panneaux solaires thermiques qui produisent de la chaleur qui est transmise par un fluide caloporteur.

Des panneaux solaires photovoltaïques peuvent être mis en place sur tous les bâtiments, il n'y a pas de contraintes réglementaires.

La filière solaire photovoltaïque présente un gisement intéressant, et pourrait être sollicitée pour contribuer à l'approvisionnement en électricité du site.

Le détail de l'analyse des gisements disponible et des contraintes pour mobiliser cette filière sont disponibles dans l'état initial de l'étude d'impact.

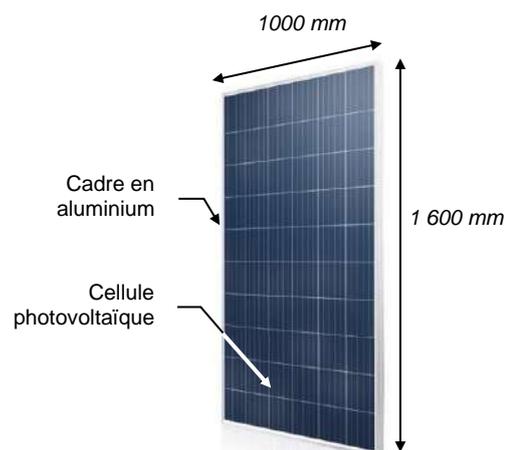
LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

FONCTIONNEMENT

Une **cellule photovoltaïque** est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons de la lumière viennent frapper sa face avant. L'énergie des photons est partiellement transmise aux électrons qui se déplacent du pôle positif – face avant de la cellule – au pôle négatif – face arrière. C'est ce déplacement des électrons qui crée un courant électrique.

Chaque cellule photovoltaïque ne génère qu'une petite quantité d'électricité. Elles sont donc assemblées en série pour constituer un **module photovoltaïque**, qui se compose généralement d'un circuit de 60 cellules (ou 120 demi-cellules). Le matériau utilisé étant très fragile, les cellules sont protégées par des plaques de verre ou, à l'arrière, par un matériau composite. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale.



Module photovoltaïque de 300 Wc (1,6m²)

Un **générateur photovoltaïque** est composé d'un champ de modules, de structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage, et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif revendu au distributeur d'électricité local.

Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les modules photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 30 ans.

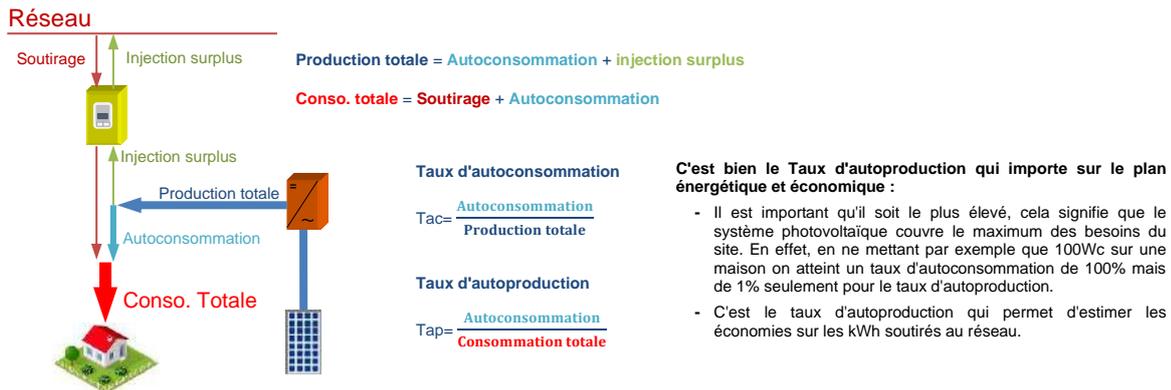
MODE DE VALORISATION DE L'ENERGIE PRODUITE

Historiquement, avec des tarifs d'achats très avantageux, il était économiquement plus viable de vendre en totalité l'électricité produite à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution (Régie d'électricité). Ainsi depuis 2006, la plupart des projets ont été conçus sur ce principe.

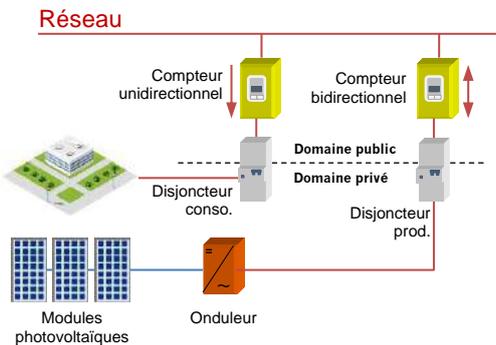
Avec la baisse des coûts des modules photovoltaïques (plus de 80% depuis 2010), la production d'énergie photovoltaïque devient désormais compétitive avec le coût de l'électricité du réseau. Il devient intéressant économiquement d'autoconsommer sa production plutôt que de vendre la totalité de son courant. Il y a alors deux notions à comprendre dans le cas de l'autoconsommation de l'électricité photovoltaïque :

Le taux d'autoconsommation et le taux d'autoproduction.

Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

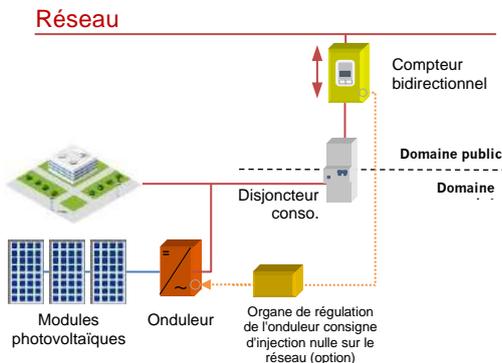


Voici les principaux modèles économiques de valorisation de l'électricité produite.



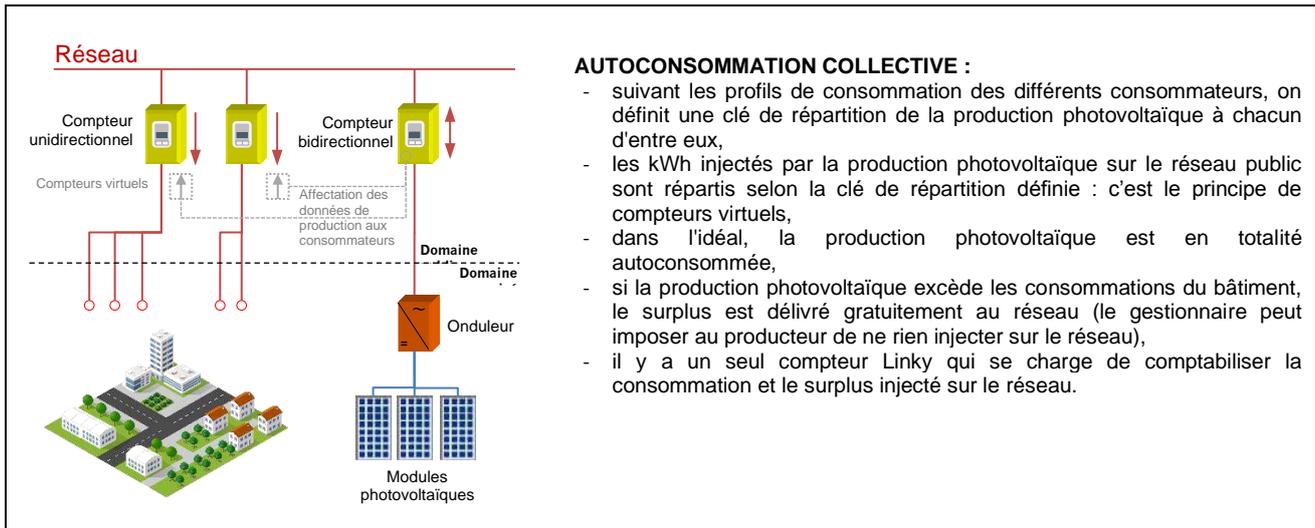
VENTE EN TOTALITE :

- la production photovoltaïque est complètement dissociée de la partie consommation du client,
- toute la production est injectée sur le réseau, mais les électrons se dirigent directement vers les équipements au plus proche (a priori dans le bâtiment s'il y a une consommation ou chez le plus proche voisin qui consomme),
- il y a des frais pour le deuxième compteur de production de l'énergie.



AUTOCONSOMMATION ET VENTE EVENTUELLE DU SURPLUS :

- la production photovoltaïque est en partie ou en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède la consommation du bâtiment, le surplus est comptabilisé par le compteur Linky est vendu à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution,
- lorsque le producteur s'est engagé à ne rien injecter sur le réseau, il y a alors un organe de régulation de l'onduleur qui régule la puissance de l'onduleur,
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.



AVANTAGES DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente des avantages importants :



- la ressource d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans qu'il n'y ait aucune pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet polluant, ni déchet, ni bruit, etc.),
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles (contrairement au mode de production décentralisée, ex : centrale nucléaire). Même si l'électricité produite par les installations est injectée sur le réseau, en pratique l'électricité choisit le plus court chemin et est utilisée à l'endroit le plus proche de sa production,
- La filière de recyclage des panneaux PV CYCLE a été fondée en 2007, financée par les industriels du photovoltaïque elle organise la collecte, le transport et le recyclage des modules photovoltaïques. Le taux de recyclage atteint 94,7% pour un module à base de silicium cristallin avec un cadre en aluminium. Le réseau est principalement constitué de points d'apports volontaires installés chez les distributeurs et installateurs partenaires (La collecte est financée par l'écoparticipation et est sans frais pour le détenteur). La collecte sans frais sur site est possible à partir de 40 panneaux photovoltaïques usagés ou deux unités de manutention.

Il est important de mettre en parallèle l'installation d'un générateur photovoltaïque sur un bâtiment avec la maîtrise de la consommation en énergie de ce bâtiment : cela permet une vraie cohérence entre une production d'électricité « propre » et une consommation énergétique maîtrisée.

Le panel d'actions à mettre en place dans le cadre d'une telle démarche est vaste : remplacement des ampoules classiques par des lampes basse consommation aux endroits appropriés, appareils électriques performants, etc. Certaines actions sont peu chères et faciles à mettre en œuvre, elles doivent donc absolument être réalisées pour une cohérence énergétique globale.

CONDITIONS A RESPECTER
<p>Sur le plan règlementaire, depuis le 8 Novembre 2019, la Loi Énergie et Climat, via l'Article L111-18-1 du Code de l'Urbanisme, impose à tout bâtiment à construire et d'une emprise au sol supérieure à 1000 m² l'obligation d'être pourvu d'un système de production de performance énergétique et thermique sur au moins 30% de sa surface disponible en toiture et en ombrières de parkings. Dans les faits, ces systèmes peuvent être des capteurs solaires thermiques, photovoltaïques ou une toiture végétalisée.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévoir dès le début du projet un emplacement optimum pour l'intégration des modules photovoltaïques au bâti et pour une production maximale. ▪ Faire réaliser les travaux par un installateur compétent possédant l'agrément QualiPV, délivré par l'association Qualit'EnR. ▪ Investir en priorité sur la performance énergétique du bâti puis sur un chauffage très performant. Si toutes ces mesures ont été prises en compte il est cohérent d'étudier une solution photovoltaïque. ▪ Mettre en œuvre des équipements performants dans le bâtiment (éclairage, équipement électrique, etc.). Cela permet une vraie cohérence entre une production d'électricité « propre » et une consommation énergétique maîtrisée.
DIMENSIONNEMENT
<p>Le productible d'une installation solaire photovoltaïque est illustré sur une toiture de 500 m². Caractéristiques de l'installation (simulation PVSYST) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 53 kWc en technologie polycristallin, ▪ environ 500 m² de modules photovoltaïques polycristallins, ▪ orientation sud et inclinaison à 30°. <p>Avec ces hypothèses, l'installation produit environ 71 MWh/an, soit plus de 1 340 h/an de fonctionnement à puissance nominale.</p>
BATIMENTS CIBLES
<p>Idéalement, les modules sont orientés plein sud. Toutefois il faut tenir compte des masques environnants et de l'orientation du site. La puissance délivrée par l'installation est maximale dans le cas où le rayonnement solaire est perpendiculaire aux modules. Un angle de 30 à 35° permet de capter au maximum le rayonnement estival qui est le plus productif.</p>

FOCUS SUR LES EQUIPEMENTS AUTONOMES

Pour des applications urbaines, les modules photovoltaïques peuvent être intégrés au mobilier urbain : au-dessus des horodateurs, sur un mât pour l'affichage en temps réel de la durée d'attente des bus, sur un panneau publicitaire pour son éclairage, etc.

L'installation photovoltaïque permet de s'affranchir d'un raccordement au réseau pour une consommation annuelle très faible (l'horodateur est un bon exemple). Éviter le raccordement au réseau signifie d'une part s'affranchir des tranchées et d'autre part ne pas avoir à payer un abonnement finalement cher pour l'équipement alimenté.

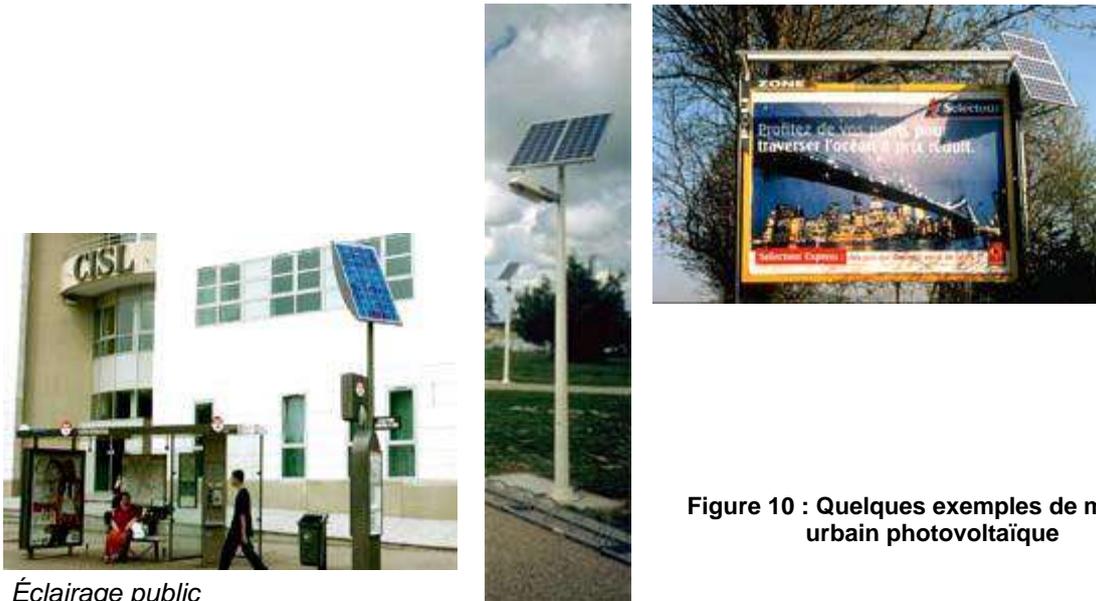


Figure 10 : Quelques exemples de mobilier urbain photovoltaïque

Éclairage public

De nombreux systèmes d'éclairage public solaires font leur apparition sur un marché encore peu structuré. De façon générale, ces lampadaires sont constitués :

- de panneaux photovoltaïques d'une cinquantaine à quelques centaines de Wc ;
- d'une batterie se logeant dans un caisson fixé en pied de mât ou à enterrer dans une réserve technique ;
- d'un régulateur ;
- d'un lampadaire « classique » : le mât et la lampe.



Figure 11 : Lampadaires photovoltaïques

Les modules photovoltaïques captent l'énergie en journée et la restituent du crépuscule à l'aube, par le biais de batteries. Des systèmes programmables – tels qu'un programmeur, un régulateur, un détecteur de présence, un système de télégestion – souvent en option, permettent de gérer les périodes d'allumage et donc d'améliorer l'autonomie du système en limitant le recours à l'électricité du réseau. Une centrale de commande détermine les heures d'éclairage. Il est également possible d'équiper ces lampadaires de détecteurs de présence déclenchant l'allumage dès le franchissement du périmètre surveillé. Les lampes utilisées sont des ampoules fluorescentes à vapeur de sodium basse ou haute pression ou des LED. Quant aux batteries et au système de régulation, ils sont souvent intégrés au lampadaire (avec un bac à fleurs par exemple) ou sur un élément de mobilier proche (tel un banc).

Les systèmes d'éclairage photovoltaïque ont une autonomie moyenne de 3 à 4 jours pour un fonctionnement de 8 heures.

Dans le cadre de l'éclairage public, la mise en œuvre de modules photovoltaïques doit s'étudier dans une logique de cohérence esthétique (équiper par exemple tout un quartier), en s'attachant à calculer les coûts évités (raccordement au réseau traditionnel) et la rentabilité globale de l'opération. La notion de non-destruction de la voirie (point positif) ainsi que les **ombres portées des bâtiments sur les modules dans la journée** (point négatif) sont aussi des éléments dont il faut tenir compte.

L'investissement s'élève à 1 800 € en moyenne par candélabre, pour l'équipement et la pose, et se décompose comme suit :

- Équipement :
 - candélabre : mât + luminaire + crosse : de 800 € (sodium haute pression) à 1 100 € (bloc LED),
 - Panneau PV 50 Wc : 50€,
 - Batterie 50 Ah : 200 €,
 - Régulation : 50 €,
- Génie civil et pose : 400 €.

Il s'agit de postes estimatifs, pouvant subir d'importantes variations selon le projet, le type et le nombre de lampadaires, etc.

Horodateurs

Les horodateurs sont de loin le type de mobilier urbain faisant le plus appel au photovoltaïque, la rentabilité est telle qu'aucune subvention n'est nécessaire pour ce type d'application. Le surcoût pour un horodateur est de 350 € hors taxes. Dans le même temps, l'économie générée la première année est de 115 € environ sur l'abonnement et la consommation électrique et 140 € par mètre linéaire de tranchée pour le raccordement.

De même que pour les lampadaires photovoltaïques, attention à vérifier les ombres portées sur l'équipement, qui empêchent la production d'électricité, surtout sur ces équipements de faible hauteur.



Figure 12 : Horodateur photovoltaïque

2.2 ÉNERGIE EOLIENNE



Une éolienne produit de l'électricité à partir du vent ; elle récupère l'énergie cinétique du vent. En tournant, le rotor entraîne un arbre raccordé à une génératrice électrique qui se charge de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

Remarque : Nous n'aborderons pas les grands parcs éoliens. En effet, le type de machines utilisées ayant une hauteur de 100 mètres, ils ne se prêtent pas à l'implantation sur le site, la seule contrainte d'urbanisme rendant impossible l'installation de ce type d'équipement. Seul l'éolien dit « urbain » ou « petit éolien » est abordé ici.

L'éolien urbain est désavantagé par les contraintes techniques (rugosité du vent, etc.), économiques (coût élevé de la technologie), et une mise en œuvre parfois délicate (réglementation).

Le détail de l'analyse des gisements disponible est disponible dans l'état initial de l'étude d'impact.

ÉOLIEN URBAIN

FONCTIONNEMENT

Éoliennes à axe horizontal

Elles sont similaires aux éoliennes classiques quant à leur principe de fonctionnement. Les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Les éoliennes urbaines à axe horizontal se caractérisent par leur petite taille, allant de 5 à 20 mètres, par le diamètre des pales (2 à 10 m) et par leur puissance atteignant pour certaines 20 kW.

Éoliennes à axe vertical

Elles ont été conçues pour répondre au mieux aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain. Grâce à ce design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises à ces perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont relativement silencieuses et peuvent facilement s'intégrer au design des bâtiments ou équipements publics (éclairage public). Leur faiblesse réside principalement dans la faible maturité du marché qui engendre des coûts d'investissement relativement importants. En raison de leur petite taille, l'énergie produite est faible.

Il existe deux grands types d'éoliennes à axe vertical : le type *Darrieus* et le type *Savonius*. Elles peuvent être installées en toiture de bâtiment et occupent moins de place qu'une éolienne horizontale. En revanche, leur rendement est faible.

Éolienne de type Darrieus :

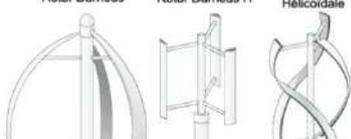
- Elle peut être installée dans des zones très venteuses, elle peut subir des vents dépassant les 220 km/h.
- Son générateur peut ne pas être installé en haut de l'éolienne, au centre des rotors, mais en bas de celle-ci. Ainsi plus accessible, il peut être vérifié et entretenu plus facilement.
- Démarrage difficile dû au poids du rotor sur le stator.

Éolienne de type Savonius :

- Elle fonctionne même avec un vent faible (contrairement au système Darrieus), quelle que soit sa direction.

Eoliennes Darrieus

Rotor Darrieus Rotor Darrieus H Rotor Darrieus Hélicoïdale



Eolienne Savonius



2021



P. 37

Éoliennes de type Darrieus et Savonius**Éolienne à axe vertical, écoquartier
de la Marlière (Courcelle-lès-Lens)**

Il est possible d'envisager deux types d'applications, une éolienne « indépendante » et raccordée au réseau, ou une éolienne intégrée aux équipements publics.

AVANTAGES DE L'EOLIEN

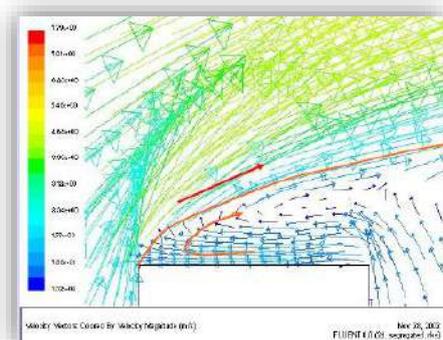
La production d'électricité à partir de la vitesse du vent par l'intermédiaire de petites éoliennes présente des avantages importants :

- la ressource d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre ;
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet polluant, ni déchet, etc.) ;
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles (contrairement au mode de production décentralisé, ex : centrale nucléaire). Même si l'électricité produite par les installations est injectée sur le réseau, en pratique l'électricité choisit le plus court chemin et est utilisée à l'endroit le plus proche de sa production.

**CONDITIONS A RESPECTER**

Afin d'identifier les conditions nécessaires à une meilleure intégration des éoliennes en milieu urbain et de promouvoir l'émergence de la technologie, le projet européen WINEUR a vu le jour en 2005. Ce projet a permis d'obtenir des premiers éléments de réponse par rapport à cette technologie. Les conclusions que l'on peut tirer en termes de contraintes sont les suivantes :

- Le vent soufflant autour d'un bâtiment est dévié en atteignant le haut du bâtiment. Afin d'utiliser de manière optimale le vent soufflant au-dessus du bâtiment, il faut une certaine marge entre le bord du bâtiment et la flèche de l'éolienne. Cela doit être calculé pour chaque site.

**Comportement du vent dans un milieu urbain
(Source : DHV)**

- Là où les directions de vent dominant convergent, l'utilisation d'éolienne à axe vertical fixe est possible, cependant elle doit être placée de manière à récupérer le vent au-dessus du bâtiment et donc placée pas trop bas.
- Pour sélectionner un site adéquat, la rose des vents doit indiquer une vitesse moyenne de 5 m/s.
- Dans un contexte urbain présentant une importante rugosité, une turbine à axe horizontal sera installée à une hauteur supérieure de 35% à la hauteur du bâtiment. Cela permet d'éviter les phénomènes de turbulence. Des turbines à axe vertical adaptées aux flux turbulents peuvent permettre d'éviter cette contrainte de hauteur.

Le site sélectionné doit présenter une productivité énergétique de 200 à 400 kWh/m².an, mais cela peut varier d'un facteur 2 à 5 en fonction du site. Le choix du site est donc particulièrement décisif, mais difficile.

DIMENSIONNEMENT

Il est difficile de déterminer précisément le gisement d'un site sans une étude de vent (mesures) d'au moins une année sur le lieu même pressenti pour l'implantation de l'éolienne.

Une éolienne de type Darrieus H de 4,7 m de diamètre et une hauteur de pôle de 2,5 m (voir photo ci-contre), pourra produire **environ** 15 MWh/an (avec un vent moyen de 6 m/s).



Éolienne Darrieus de 6 kW



Une éolienne de type mixte (Darrieus / Savonius) pour l'éclairage public, de diamètre 1,4 m et d'une hauteur de 1,5 m sera en mesure de produire environ 750 kWh/an.

Éolienne mixte Darrieus / Savonius pour l'alimentation autonome d'un lampadaire – Commune de Bouvron

BATIMENTS CIBLES

Le toit où sera installée l'éolienne doit être bien au-dessus de la hauteur moyenne des constructions environnantes (environ 50%).

ÉLÉMENTS ECONOMIQUES

Il est difficile d'obtenir des données de coûts précises de la part des producteurs. Les informations précisées ci-dessous sont donc des données approximatives. D'autre part, le petit éolien est encore aujourd'hui au stade des balbutiements : les technologies ont une marge de progrès importante et les prix sont encore très élevés. Si cette filière se développe, les prix baisseront avec l'effet d'échelle.

- Coût d'investissement d'une éolienne à axe horizontal : 5 000 à 7 000 €/kW installé
- Coût d'investissement d'une éolienne à axe vertical : 7 000 à 20 000 €/kW installé
- Coût du raccordement électrique : pour des puissances inférieures à 36 kW, environ 1 000 €/kW installé.
- Coût d'exploitation : Au Royaume-Uni, sur la vingtaine de machines installées, les coûts de maintenance annuels sont évalués entre 150 et 500 £/an (soit 190 et 615 €/an). En Hollande, les exploitants ont indiqué qu'il n'y avait pas de coût d'exploitation et que la seule maintenance consistait à changer l'onduleur tous les dix ans (coût d'un onduleur : 1 300 €). D'autre part, un exploitant a indiqué un coût annuel d'exploitation/maintenance de 175 €.

Le coût du kWh produit varie en fonction de la vitesse moyenne du vent considéré. Le coût de revient pour une petite éolienne à axe horizontal est donc de l'ordre de 20 à 35 c€/kWh alors qu'il est de 25 à 80 c€/kWh pour les petites éoliennes à axe vertical.

L'éolienne de type Darrieus H présentée au paragraphe « Dimensionnement » de cette fiche a coûté 47 000 €, soit sur une période de 15 ans, un coût de revient du kWh produit à 28 c€.

FOCUS SUR DES EQUIPEMENTS INNOVANTS

Outre la production d'électricité par le biais de la technologie éolienne, le gisement de vent peut permettre d'économiser l'électricité nécessaire au renouvellement d'air des bâtiments, par le biais de la ventilation passive. Un exemple est donné par le système mis en place sur l'Écoquartier de Bedzed, au sud de Londres (cf. photo ci-contre). Les cheminées en forme de capuchon abat-vent situées en toiture permettent d'alimenter en air neuf les pièces à vivre et d'en extraire l'air vicié, grâce à une différence de pression. Un échangeur de chaleur intégré permet de préchauffer l'air entrant grâce à l'air extrait. Une méthodologie de tests a été développée pour quantifier le renouvellement d'air et les caractéristiques de la pression. Cela a permis au système de « cheminée » d'être certifié et ainsi d'éviter l'utilisation de ventilateurs, et autres systèmes utilisant l'électricité.

Des technologies utilisant l'air des cheminées d'aération des bâtiments industriels ou tertiaires ou encore les fumées sont en cours de développement.

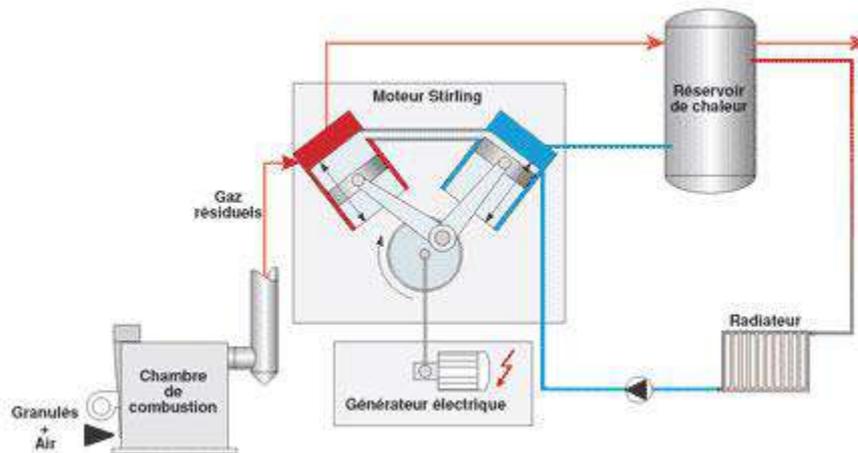
2.3 BIOMASSE COMBUSTIBLE

LA COGENERATION BOIS

FONCTIONNEMENT

La cogénération consiste à produire avec le même système de la chaleur et de l'électricité. Les chaudières à bois à cogénération permettent ainsi d'assurer les besoins en chauffage et d'ESC du bâtiment tout en générant une production d'électricité. Ces systèmes sont des chaudières automatiques couplées à un moteur à combustion (généralement un moteur Stirling) qui fournit une énergie mécanique convertie en courant électrique. La chaleur issue de la combustion est récupérée sur les gaz d'échappement par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur.

La mini-cogénération désigne les installations de 36 à 215 kWe (pour les bâtiments collectifs) et la micro-cogénération celles inférieures à 36 kWe (pour les maisons individuelles).



La société Sunmachine commercialise la Sunmachine pellet. Cette petite centrale électrique domestique à granulés de bois fournit en même temps jusqu'à 10,5 kW de chaleur à la maison et produit jusqu'à 3 kW de puissance électrique.

Sources : <http://www.astralys-solutions.com/nantes-energie-micro-cogeneration-bois.html>

CONDITIONS A RESPECTER

- Mêmes critères que pour les chaudières.
- Alimenté uniquement avec des granulés pour l'instant.
- Raccordement au réseau électrique en cas de vente d'électricité à EDF.

Concernant la vente d'électricité il existe deux types de contrats selon la puissance de l'installation :

- Pour la micro-cogénération, en dessous de 36 kWe, l'utilisateur peut soit autoconsommer la totalité de l'électricité produite, soit en vendre une partie ou la totalité à EDF. Dans le second cas, il bénéficiera d'un tarif d'achat « petites installations » moins avantageux (4,34cts€/kWh), mais n'aura pas de contrainte sur la fourniture d'électricité au réseau. La chaudière sera dimensionnée pour répondre aux besoins de chauffage.
- Pour la mini-cogénération, entre 36 kWe et 215 kWe, le tarif d'achat sera plus intéressant. Mais le contrat contraindra l'utilisateur à faire fonctionner la chaudière à puissance nominale (95 %) de novembre à mars (3623 heures) afin de fournir une puissance garantie sur le réseau électrique. Ce type de fonctionnement implique des besoins de chauffage stables et la chaudière sera généralement dimensionnée pour couvrir les besoins de base, avec un appoint pour assurer les pointes.

DIMENSIONNEMENT
<i>Voir réseau de chaleur bois.</i>
BATIMENTS CIBLES
Les bâtiments opportuns pour une chaudière bois énergie présentent préférentiellement les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none">▪ Un espace disponible pour l'installation de la chaudière et du silo de stockage : local technique, réserve foncière disponible autour du bâtiment.▪ Un accès pour le passage des camions et l'approvisionnement en combustible (prévoir une aire de retournement pour les véhicules de livraison suivant la configuration du site).
ÉLÉMENTS ECONOMIQUES
Le coût d'investissement est d'environ 33 000 € pour une micro-cogénération de 18 kW. Cet investissement comprend la chaudière micro-cogénération, l'onduleur, le ballon de stockage, le raccordement et l'installation. On comptera environ 130 € pour l'entretien annuel de la chaudière.

2.4 HYDROELECTRICITE

Il n'y a pas de potentiel exploitable à proximité du site.

2.5 ENERGIES MARINES

Il n'y a pas de potentiel exploitable à proximité du site.

3 LES SMART-GRIDS

Un smart-grid est par définition un « réseau intelligent ». Il s'agit d'un réseau électrique de transmission ou de distribution, de grande ou de petite échelle et utilisant les Nouvelles Technologies de l'Informatique et de la Communication (NTIC). Un smart-grid n'est pas un nouveau réseau électrique, mais une évolution du réseau actuel permettant de répondre aux nouveaux défis du secteur de l'électricité :

- Satisfaire une demande croissante en électricité ;
- Intégrer les sources de production intermittentes, décentralisées et d'origine renouvelable (objectifs nationaux 32% d'EnRs en 2030 et de 40% d'EnRs dans la consommation d'électricité).

La différence majeure entre le réseau actuel et un smart-grid se trouve dans l'aspect communicatif de tous ces pôles entre eux. La gestion du réseau électrique pour l'instant centralisée et unidirectionnelle (allant de la production à la consommation) doit évoluer vers un système plus réparti et bidirectionnel. Dans le réseau actuel, l'équilibre est obtenu en pilotant l'offre d'électricité en fonction de la demande et aux conditions d'approvisionnement et de coût les plus favorables. Dans un smart-grid, la demande est gérée de façon active (incitations au délestage lors des pics de consommation) et permet tout comme l'offre d'équilibrer le système électrique.

Un smart-grid est donc une évolution du réseau qui va toucher à la fois la production et la consommation, avec comme aspect essentiel la communication entre tous les acteurs du réseau électrique. Pour répondre aux problématiques futures, il doit impliquer directement les utilisateurs finaux et gérer de façon optimale de nombreux paramètres qui sont :

- Intégration des énergies renouvelables ;
- Intégration des véhicules électriques ;
- Stockage de l'énergie ;
- Modernisation du réseau.

3.1 BATIMENT INTELLIGENT

Un bâtiment intelligent est une application du smart-grid sur un réseau privé. Il doit répondre à trois critères essentiels qui sont :

- Assurer le confort et la sécurité des utilisateurs ;
- Optimiser son efficacité énergétique et limiter les émissions de CO₂ ;
- Être intéressant du point de vue économique (que les gens soient prêts à investir dans ce type de bâtiment).

Le confort et la sécurité des utilisateurs passent par le respect des normes relatives à la luminosité, la température, aux transports (ascenseurs ou escaliers) et aux communications (téléphoniques et internet). Un bâtiment intelligent doit limiter la quantité d'énergie à consommer pour respecter ces niveaux de confort et de sécurité. Une caractéristique très importante d'un bâtiment intelligent est la gestion de ses divers équipements électriques. L'application des NTIC à un bâtiment porte le nom de Gestion Technique des Bâtiments (GTB).

La GTB permet premièrement de relier le matériel et les contrôles de différents systèmes à un unique outil de gestion. Ainsi le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, les stores et les systèmes de détection d'incendie et d'alarmes sont gérés par le même outil. Suivant les dispositifs utilisés, la GTB permet aussi de mesurer, piloter et anticiper la production et la consommation d'énergie dans un bâtiment afin d'optimiser l'autoconsommation de l'énergie produite.

Les bâtiments sont donc équipés de nombreux capteurs et actionneurs, ainsi que d'une plateforme ou d'un logiciel de gestion d'énergie. On compte des capteurs de présence, de température et de luminosité par exemple, qui permettent de limiter au mieux les consommations d'énergie superflues (chauffage lorsque l'occupant n'est pas là, éclairage trop important lorsque la luminosité est correcte, ...).

Ce modèle de smart-grid permet de limiter les consommations externes d'électricité d'un bâtiment afin elle rendre le plus autonome possible ou exportateur d'électricité (on parle de bâtiment à énergie positive ou BEPOS). On limite ainsi les pertes d'électricité induites par la circulation de l'électricité sur les réseaux et les transformations successives (basse tension, moyenne tension, etc.). **Ce modèle est celui qui est mis en avant par la RE2020 qui favorise l'autoconsommation au niveau d'un bâtiment.**

3.2 QUARTIER INTELLIGENT

Pour qu'un quartier soit considéré comme un smart-grid, la communication entre les différents bâtiments est essentielle. Grâce à des dispositifs de communication entre les compteurs des bâtiments, les pertes liées au transport de l'énergie sont évitées et l'électricité renouvelable produite localement peut alimenter directement les bâtiments du quartier.

En France cependant, les premiers smart-grids à l'échelle de quartier sont encore en phase d'expérimentation, avec notamment des projets tels qu'Issygrid en région Parisienne, Nice Grid à Carros (Alpes Maritimes) et Confluence à Lyon.

La base d'un smart-grid à l'échelle d'un quartier réside dans la communication entre les différents bâtiments dans le but d'optimiser la gestion locale de l'énergie. L'arrivée de 35 millions de compteurs communicants Linky d'Enedis d'ici 2020 doit accompagner le développement des smart-grids en France.

Le compteur Linky est en interaction permanente avec le réseau, lui permettant de recevoir des ordres et transmettre des informations au centre de supervision d'Enedis (ou d'une entreprise locale de distribution). La communication entre les clients et les fournisseurs d'électricité se fait donc par l'intermédiaire des postes de distribution et d'une agence centrale de supervision. Il s'agit d'une communication par courants porteurs en ligne (CPL) entre les compteurs individuels et le concentrateur situé dans le poste de distribution. Les données collectées dans les postes de distribution peuvent ensuite être envoyées à une agence centrale de supervision par le biais d'un réseau téléphonique GPRS. Ce modèle s'applique aussi à un réseau de plus grande échelle que pour un quartier, tel que pour une ville ou un département, et à long terme pour le réseau national voire européen.

Ce modèle de smart-grid permet de limiter les consommations externes d'électricité du quartier tout en permettant de mutualiser les productions à une échelle plus large entre bâtiments ayant des typologies différentes (bureaux occupés la journée en semaine et logements occupés le soir et le weekend), avec des moyens de production sur le site (ombrières photovoltaïques, éoliennes urbaines, cogénération alimentant un réseau de chaleur, etc.) et d'intégrer des consommations supplémentaires : éclairage public, véhicules électriques (et leur capacité de stockage), autres équipements publics. **Ce modèle est celui qui est mis en avant par la loi sur l'autoconsommation qui considère comme autoconsommée l'électricité produite et consommée sur un réseau raccordé à un même poste source de transformation.**

L'échelle retenue pour la mise en place d'un smart-grid doit prendre en compte les possibilités de mutualisations offertes par une échelle plus importante tout en veillant à réduire les contraintes supplémentaires que présente cette échelle : besoin d'une entité de régulation faisant le lien entre les différents bâtiments, relation et contractualisation entre les propriétaires des bâtiments, prise en compte du phasage des constructions.

3.3 LE STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ

En plus de la communication et du pilotage à distance entre les différents acteurs du réseau électrique, le stockage de l'électricité est une des composantes majeures d'un smart-grid. Les sources d'énergies renouvelables solaires et éoliennes sont des sources intermittentes, c'est pourquoi leur pic de production peut survenir durant des périodes de très faible consommation électrique. Le stockage intégré à ces sources d'énergie permet de faire tampon et de réguler l'injection d'électricité dans le réseau. Le stockage d'électricité permet aussi de participer à l'effacement lors des pics de consommation en rendant les bâtiments équipés autonomes en énergie. Si les dispositifs de stockage injectent de l'électricité à ce moment, la dépendance aux solutions de production utilisées lors des pics de production (charbon, gaz, fioul) et fortement émettrices en gaz à effet de serre peut être réduite.

La principale solution de stockage à l'échelle d'un bâtiment est la batterie. Toutefois, le coût, la durée de vie et le bilan environnemental des batteries en font une solution aujourd'hui peu adaptée à l'autoconsommation d'électricité. Toutefois des pistes sont actuellement à l'étude, en particulier le recours aux batteries des véhicules électriques en charge (véhicule to grid) ou la réutilisation de batteries de véhicules en fin de vie (les batteries des véhicules sont généralement remplacées lorsque leur capacité n'est plus que de 80%, mais elles peuvent toujours être utilisées de manière stationnaire lorsqu'il n'y a pas de contraintes d'encombrement ou de poids).

ENERGIES RENOUVELABLES ET SYSTEMES ADAPTES A L'OPERATION

1 BILAN DES ENJEUX POUR LA MOBILISATION D'ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE

ATOUPS	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • Programmation mixte permettant une mutualisation importante de l'approvisionnement énergétique à la fois pour le chaud, le froid et l'électricité (smart-grid, smart-district heating/cooling) • Fort ensoleillement permettant une production des filières solaires importante • Zone dans en un environnement urbanisé et de projets d'aménagement permettant une mutualisation des solutions d'approvisionnement énergétique (Meridia) • Nombreuses ressources localement valorisables dans un réseau de chaleur et de froid : géothermie, hydrothermie, solaire thermique 	<ul style="list-style-type: none"> • PPRi : le risque d'inondation doit être pris en compte dans la conception des ouvrages énergétique (silo de stockage bois énergie, forages géothermiques)
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> • Création d'un réseau de chaleur et de froid mutualisé avec le réseau de Méridia via la création de doublets supplémentaires sur le site • Mise en œuvre de surfaces photovoltaïques importantes permettant la création d'un smart-grid favorisant l'autoconsommation électrique à l'échelle de la ZAC 	<ul style="list-style-type: none"> • Atteinte des objectifs élevés de part d'EnR dans le mix énergétique alimentant les bâtiments et/ou un réseau de chaleur et de froid

2 SOLUTIONS D'APPROVISIONNEMENT PERTINENTES POUR LE PROJET

Etant données la programmation de la zone et la situation climatique, les besoins de froids représenteront une part importante des consommations de la zone. Par conséquent il semble nécessaire de privilégier des solutions permettant de fournir à l'aide de ressources renouvelables à la fois de la chaleur et du froid. Pour cela, la solution la plus pertinente semble la création d'un réseau d'eau tempérée alimentant des pompes à chaleur situées en pied d'immeuble et permettant de fournir de manière différenciée les besoins de chaleur, de climatisation ou de rafraîchissement selon les typologies. Ce réseau pourra être alimenté par des forages géothermiques sur les nappes superficielles et être interconnecté avec le réseau de la ZAC Meridia afin d'optimiser les installations.

Dans la mesure où la faisabilité d'un tel réseau semble avérée (ce que semble indiquer l'étude qui a été menée concernant la densité énergétique du projet), ce type de solution est à privilégier. Afin d'atteindre les taux d'énergie renouvelable envisagés pour l'opération, il semble également nécessaire de mettre en place une production d'électricité photovoltaïque afin de couvrir au moins une partie de la consommation nécessaire au fonctionnement des pompes à chaleur. Afin de limiter les effets de ces consommations sur le réseau électrique, on développera une approche smart grid permettant de favoriser l'autoconsommation de cette production et de limiter les appels de puissance sur le réseau pendant les pointes de consommation.

ANNEXES

A. METHODOLOGIE POUR EVALUER LA PERTINENCE D'UN RESEAU DE CHALEUR

TRACE DES RESEAUX DE CHALEUR

Les réseaux de chaleur sont tracés à l'aide du logiciel de cartographie MapInfo. Le tracé est basé sur les éléments de programmation cartographique fournis par le maître d'ouvrage (hypothèse de disposition des bâtiments et des voiries) : le réseau est tracé en sorte à desservir toutes les parcelles prévues.

DENSITE ENERGETIQUE SEUIL

Afin de déterminer en première approche l'opportunité d'un réseau de chaleur à l'échelle d'un quartier, la valeur de la densité énergétique du futur réseau est utilisée comme indicateur. Il s'agit de l'énergie desservie par le réseau ramenée à la longueur du réseau. Plus cette valeur est importante plus le réseau est rentable car il nécessite un investissement initial et des coûts de fonctionnement moindres pour une production d'énergie équivalente.

D'après le manuel de l'ADEME : « Mise en place d'une chaufferie au bois - Étude et installation d'une unité à alimentation automatique », « en deçà de 4 à 5 MWh/m_l par an, le coût d'amortissement du réseau a un impact important sur le prix de revient de l'énergie finale distribuée. » D'autre part, Biomasse Normandie et le Comité Interprofessionnel du Bois Énergie proposent une valeur « courante » de faisabilité de 3 MWh livrés/(m_l.an). Ce seuil est un peu plus bas. Enfin, le seuil Fonds Chaleur ADEME est de 1,5 MWh_{ef}/(m_l.an) (*ef = énergie finale. Voir définition d'énergie finale en annexe*).

Finalement, nous retenons la valeur seuil de 1,5 MWh_{ef}/(m_l.an), correspondant au seuil de faisabilité technique retenu par le Fonds Chaleur.

Cette approche permet d'identifier les réseaux potentiellement intéressants ; une étude économique plus précise est ensuite nécessaire pour les réseaux retenus afin de déterminer si réellement ils présentent une opportunité.

Remarque : Pour information, la densité thermique des réseaux de chaleur bois en France peut être découpée en fonction de la puissance bois (source : CIBE/AMORCE) :

- moins de 500 kW : 1,5 MWh/(m_l.an),
- 500 à 1 500 kW : 3 MWh/(m_l.an),
- 1 500 à 3 000 kW : 3,5 MWh/(m_l.an).

B. DEFINITION DES ENERGIES DITES UTILES, FINALES, PRIMAIRES

ÉNERGIE UTILE :

L'énergie utile caractérise le besoin énergétique brut, et représente l'énergie dont dispose l'utilisateur final à partir de ses propres équipements.

ÉNERGIE FINALE :

Il s'agit de l'énergie délivrée aux consommateurs pour être convertie en énergie utile.

L'énergie finale caractérise une consommation énergétique, son calcul intègre le rendement de l'équipement de production ou de pertes du réseau. C'est l'énergie qui est facturée au consommateur, qui est disponible pour l'utilisateur final.

ÉNERGIE PRIMAIRE :

C'est la forme première de l'énergie directement disponible dans la nature : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent... L'énergie primaire n'est donc pas directement utilisable et fait l'objet de transformation (le raffinage du pétrole pour obtenir de l'essence ou du gazole par exemple).

Elle caractérise donc un coût énergétique global, prenant en compte l'énergie consommée, mais aussi l'énergie qu'il a fallu produire en amont pour transformer, transporter, distribuer, stocker cette énergie jusqu'au lieu de consommation.

CONVERSION ENERGIE UTILE/ENERGIE FINALE :

On a la relation : Énergie finale = Énergie utile x rendement de l'équipement de production

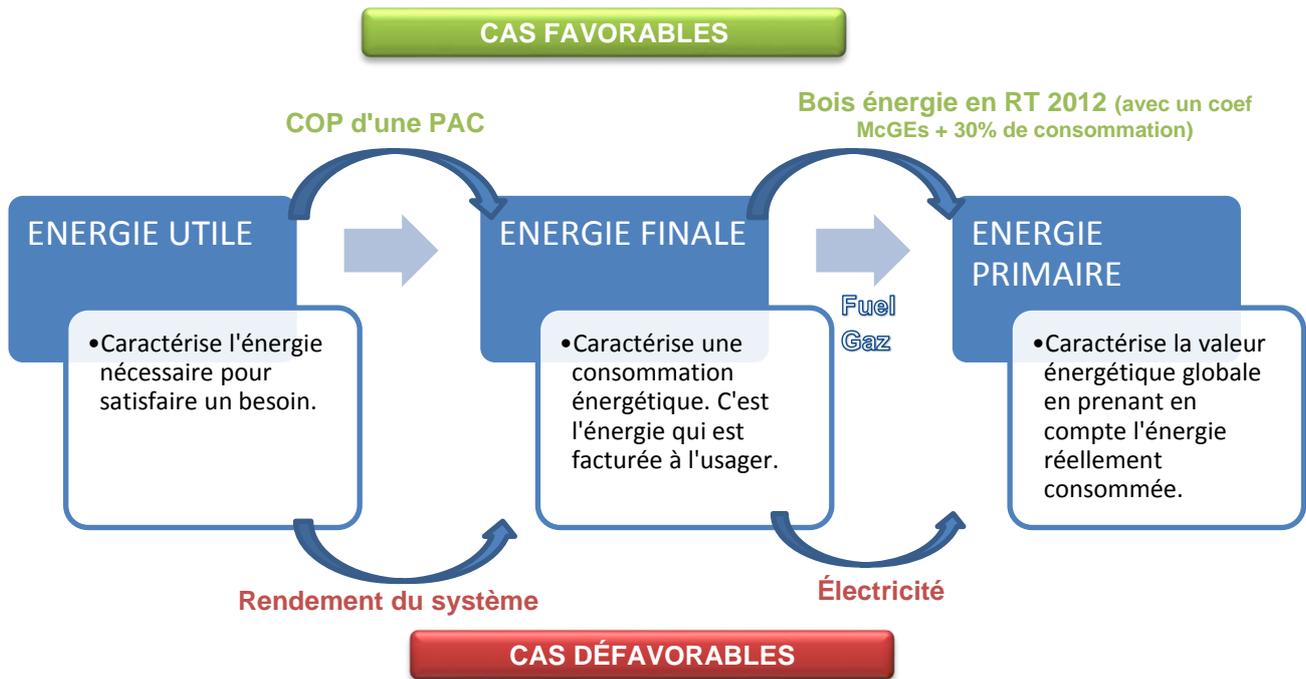
CONVERSION ENERGIE FINALE/ENERGIE PRIMAIRE :

On a la relation : Énergie primaire = Énergie finale x vecteur énergétique

Type d'énergie	RT 2012	Label BBC
Électricité	2,58	2,58
Bois	1	0,6
Gaz/Fioul	1	1

Tableau 1 : Vecteurs énergétiques selon les réglementations et les labels

Le vecteur énergétique de l'électricité varie en fonction du mix énergétique de chaque pays. La France, avec son parc de production nucléaire de faible rendement, est défavorisée par rapport à la Suisse par exemple (dont le vecteur énergétique de l'électricité est de 2).



EXEMPLE

Exemple d'un appartement situé en région parisienne de 100 m². Les seuils en énergie primaire sont ceux de la Réglementation Thermique 2012. Trois solutions sont comparées : chauffage au gaz, via une pompe à chaleur alimentée à l'électricité ou au bois.

Hypothèses :

Rendement de la chaudière gaz et bois : 95 %
Rendement de la pompe à chaleur(COP) : 300 %

Énergie de chauffage	Gaz naturel	Pompe à chaleur	Bois
Énergie utile	3 500 kWh	4 300 kWh	4 650 kWh
Énergie finale	3 700 kWh	1 450 kWh	4 800 kWh
Énergie primaire	3 700 kWh	3 700 kWh	4 800 kWh

Dans la pratique, le maître d'ouvrage peut donc moins isoler sa maison dans le cadre du bois énergie tout en atteignant la valeur réglementaire d'énergie primaire que celui qui utilise le gaz. C'est également le cas dans une moindre mesure pour les pompes à chaleur.

C. METHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES BESOINS ENERGETIQUES

La présente étude nécessite la connaissance des besoins énergétiques de la zone étudiée. Puisque les bâtiments ne sont pas construits, les besoins énergétiques sont estimés à partir des données de programmation et sur la base de ratios de consommation par m² selon l'usage, le type de bâtiment et le scénario retenu. Il s'agit d'évaluer essentiellement les besoins en consommation thermique et électrique des différentes surfaces programmées.

PERFORMANCES ENERGETIQUES DES NOUVELLES CONSTRUCTIONS

Les bâtiments sont soumis à la réglementation thermique 2012 (RT2012) et devront rapidement respecter la réglementation environnementale 2020 (RE2020) : son application au dépôt de permis de construire est obligatoire à partir de janvier 2022 pour les logements, courant 2022 pour les bureaux et l'enseignement et quelques mois plus tard pour les autres bâtiments.

La RE 2020 se base sur la RT 2012. En ce qui concerne la performance thermique du bâtiment, celui-ci doit respecter au minimum le niveau de la RT 2012. L'exigence sur le besoin énergétique du bâtiment (Bbio) est réduite de 30% par rapport à celle-ci, de manière notamment à favoriser le confort d'été. Un nouvel indicateur de confort d'été sera également ajouté. Les exigences sont également renforcées en ce qui concerne le confort d'été avec l'introduction d'un nouvel indicateur.

Une présentation de la RT 2012 est consultable en annexe D.

METHODOLOGIE

Le programme d'aménagement bâti doit respecter la Réglementation Thermique de 2020. Des exigences sont donc fixées pour :

- Le Bbio : l'énergie utile des postes Chauffage, Refroidissement, Éclairage doit être inférieure à un seuil Bbiomax
- Le Cep : l'énergie primaire des postes Chauffage, Eau Chaude Sanitaire, Refroidissement, Éclairage, Auxiliaires doit être inférieure à un seuil Cepmax.

Les vecteurs énergétiques entre énergies utile, finale, primaire, varient selon l'équipement et l'énergie (*voir en annexe la définition des énergies utile, finale et primaire*).

Le tableau ci-dessous donne les seuils à respecter pour des bâtiments alimentés par un réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est inférieur à 50 grammes de CO₂ par kWh. Ils sont calculés selon les formules décrites en annexe D. Le Bbio, qui exprime la performance de l'enveloppe du bâti ne dépend pas de l'énergie et du système de production choisi.

	Bbio _{max}	Cep _{max}
		Scenario RDC 50g CO ₂ /kWh
Appartement	34 kWh _{eu} /m ² SHONRT/an	47 kWh _{ep} /m ² SHONRT/an
Commerces	101 kWh _{eu} /m ² SHONRT/an	250 kWh _{ep} /m ² SHONRT/an
Bureaux	45 kWh _{eu} /m ² SHONRT/an	46 kWh _{ep} /m ² SHONRT/an
Equipements	35 kWh _{eu} /m ² SHONRT/an	65 kWh _{ep} /m ² SHONRT/an

CALCUL DES RATIOS DE CONSOMMATION PAR SCENARIO

L'exercice consiste maintenant à répartir les consommations allouées par la réglementation à chaque poste de dépense énergétique : chauffage et auxiliaires, eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage.

Les données d'entrée sont la consommation par m² du parc RT 2005 pour chaque usage précédemment cité et pour 8 typologies de bâtiments résidentiels ou tertiaires. Elles proviennent du CEREN³ mais ont été travaillées pour correspondre à la consommation du parc RT 2005 sur la zone géographique et à l'altitude du projet. Elles sont exprimées en énergie utile, ce qui permet de partir sur des bases affranchies des systèmes de production.

La méthode utilisée est une méthode par tâtonnement et par itération :

- 1. les ratios en énergie utile du CEREN du parc RT 2005 sont exprimés en énergie finale, pour chaque scénario, en prenant en compte le rendement de l'équipement de production associé à chaque poste de dépense énergétique ;
- 2. le Bbio et le Cep du projet sont calculés et comparés aux valeurs seuils réglementaires ;
- 3. si les deux seuils sont respectés, les ratios sont conservés. Sinon, on applique à chaque poste énergétique des hypothèses réalistes de réduction des consommations (elles sont détaillées plus loin) ;
- 4. on repart à l'étape 2.

Le schéma ci-dessous illustre cette méthodologie, pour un appartement :

³ Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie

DONNEES D'ENTREE

Ratio RT 2005 en énergie utile :

	Chauffage	ECS	Cuisson	Elec spé	Eclairage	Climatisation
Appartement	97 kWhe/m ²	18 kWhe/m ²	12 kWhe/m ²	19 kWhe/m ²	5 kWhe/m ²	4 kWhe/m ²

Seuils réglementaires
Scénario d’approvisionnement

→ Bbiomax = 72 kWhe/(m².an)
→ $\eta_{eq} = E_u/E_f$

→ Cepmax = 70 kWhep/(m².an)
→ Vecteur énergétique considéré = Ef/Ep

ÉTAPE 1 – EXPRESSION EN ENERGIE FINALE

Connaissant le rendement de production de chaque poste énergétique ;
ratios en énergie finale :

	Chauffage	ECS
Appartement 1	93 kWhef/m ²	18 kWhef/

COMPARAISON AVEC LES SEUILS

→ **Bbio = 107 kWhe/m² > Bbio_{max}**
→ **Cep = 136 kWhep/m² > Cep_{max}**

Hypothèses réalistes de réduction des consos :
- 40 % Chauffage
- 40 % ECS

ÉTAPE 2 – REDUCTION DES CONSOMMATIONS

	Chauffage	ECS
Appartement 1	56 kWhef/m ²	11 kWhef/

COMPARAISON AVEC LES SEUILS

→ **Bbio = 68 kWhe/m² < Bbio_{max}**
→ **Cep = 91 kWhep/m² > Cep_{max}**

Hypothèses réalistes de réduction des consos :
- 60 % Chauffage
- 40 % ECS

ÉTAPE N – ATTEINTE DES PERFORMANCES REGLEMENTAIRES

	Chauffage	ECS
Appartement 1	37 kWhef/m ²	11 kWhef/

COMPARAISON AVEC LES SEUILS

→ **Bbio = 42 kWhe/m² < Bbio_{max}**
→ **Cep = 56 kWhep/m² < Cep_{max}**

Les pourcentages de réduction des consommations appliquées sont réalistes et représentatifs des progrès que la filière est capable de faire. Il sera par exemple beaucoup plus facile de diminuer le poste Chauffage, en améliorant l'isolation, que de réduire le poste Électricité Spécifique (sur ce poste, on note d'ailleurs plutôt une augmentation des consommations en raison du recours massif au Hifi et à l'électroménager).

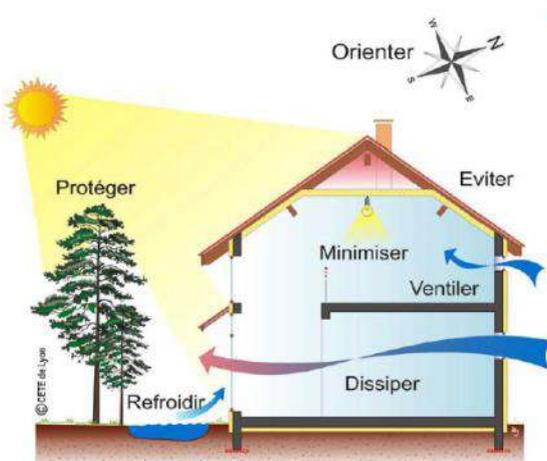
Les hypothèses prises sont tirées de la littérature – CSTB, ADEME, Effinergie, Enertech – et des retours d'expérience de bâtiments neufs ou rénovés.

- Les réductions des consommations du poste Chauffage peuvent atteindre 90% en améliorant le bâti jusqu' à atteindre le niveau exigé pour les bâtiments passifs (15 kWh_{eu}/m²).
- Les réductions des consommations du poste ECS peuvent atteindre 50% en calorifugeant le ballon, en installant des mousseurs et des robinets thermostatiques.
- Les réductions des consommations du poste Électricité spécifique peuvent atteindre 10% en installant des équipements performants.
- Les réductions des consommations du poste Éclairage peuvent atteindre 50% en installant des équipements performants et en permettant des apports externes de lumière plus importants.
- Les réductions des consommations du poste Climatisation dépendent de la typologie du bâtiment, et des performances de rafraîchissement attendues.
- Pour les logements et les bâtiments d'enseignement la climatisation sera supprimée : une conception bioclimatique et une ventilation réfléchi permettront, dans ces bâtiments bien isolés, de contrôler et de maîtriser la température interne.
- Pour les commerces, les bureaux, les bâtiments d'activités, un système performant de rafraîchissement avec ventilation et évaporation permettra une réduction de la consommation du poste Climatisation de 75%.

Remarque :

La climatisation fait partie des cinq usages pris en compte par la réglementation thermique 2012 dans le calcul des consommations énergétiques d'un bâtiment. Il est donc fondamental qu'elle soit minimale, voire nulle, afin de respecter les seuils réglementaires.

La climatisation peut être évitée via un certain nombre de mesures. Une conception bioclimatique du bâtiment permet :



- **de limiter les apports externes** : une enveloppe isolante permet de bien protéger le bâtiment. L'ensoleillement direct est limité par des brises soleils, des stores extérieurs, des vitrages à très fort facteur solaire.
- **de favoriser la ventilation naturelle** : le positionnement des ouvertures permet de favoriser la ventilation traversante, garantissant le renouvellement de l'air.
- **de maîtriser les apports internes** : dès lors que les apports externes sont limités, les occupants, les équipements de bureautique ainsi que l'éclairage représentent les principaux apports en chaleur du bâtiment. Une bonne conception du bâtiment permet d'optimiser l'éclairage naturel. En complément, des lampes basses consommations peuvent être utilisées. Éviter la mise en veille des appareils de bureautique permet d'en limiter l'apport thermique.

Les dispositifs listés ci-dessus peuvent être complétés via un **rafraîchissement nocturne** (free-cooling), qui permet d'évacuer la chaleur au cours de la nuit. Le renouvellement d'air est accru.

Enfin, une **forte inertie** du bâtiment est indispensable ; elle permet de stocker la chaleur lors de pics de température dans la journée, et la restitue la nuit. L'inertie peut être valorisée grâce à une **dalle active** : des serpentins sont positionnés dans la dalle au moment de sa mise en œuvre et du coulage du béton. Ce système permet un rafraîchissement doux et économique.

CALCUL DES RATIONS DE PUISSANCE PAR SCENARIO

Pour chaque poste de consommation énergétique, le ratio de puissance appelée a été calculé de la façon suivante :

- **Chauffage** : la puissance appelée pour ce poste est calculée d'après le ratio de consommation calculé précédemment, les Degrés Jours Unifiés et la température minimale de base observée sur le territoire, ainsi que la température intérieure de consigne (en général, 19°C).
- **Eau Chaud Sanitaire** : la puissance appelée pour ce poste est calculée d'après le ratio de consommation calculé précédemment et le type de production : instantané, semi-instantané, à accumulation.
- **Cuisson** : la puissance appelée pour ce poste est tirée de données Enertech.
- **Électricité spécifique** : la puissance appelée pour ce poste est tirée de données Enertech.
- **Éclairage** : la puissance appelée pour ce poste est tirée de données Enertech et de documents de formation ADEME sur les bâtiments basse énergie.
- **Climatisation** : la puissance appelée pour ce poste est tirée d'une étude réalisée par le Centre Énergétique et Procédés de l'École des Mines de Paris.

RESULTATS

VECTEURS ENERGETIQUES :

Pour les besoins thermiques, les vecteurs énergétiques [énergie primaire/énergie finale] calculés pour un réseau de chaleur dont le contenu CO₂ du kWh est inférieur à 50 g est de 1,14.

RATIOS DE CONSOMMATION DES BATIMENTS

Les ratios de consommations utilisés en fonction du type de bâtiment, par usage et suivant la performance énergétique envisagée sont présentés ci-dessous. Les ratios de puissance sont également présentés.

	Chauffage	ECS	Cuisson	Elec spé	Eclairage	Climatisation	Total
Appartements	20 kWh/m ²	12 kWh/m ²	10 kWh/m ²	17 kWh/m ²	3 kWh/m ²	0 kWh/m ²	63 kWh/m ²
Commerces	31 kWh/m ²	7 kWh/m ²	3 kWh/m ²	36 kWh/m ²	36 kWh/m ²	23 kWh/m ²	136 kWh/m ²
Bureaux	27 kWh/m ²	2 kWh/m ²	2 kWh/m ²	58 kWh/m ²	11 kWh/m ²	41 kWh/m ²	140 kWh/m ²
Equipements	17 kWh/m ²	6 kWh/m ²	7 kWh/m ²	7 kWh/m ²	2 kWh/m ²	23 kWh/m ²	63 kWh/m ²

	Chauffage	ECS	Cuisson	Elec spé	Eclairage	Climatisation	Total
Appartements	11 W/m ²	4 W/m ²	29 W/m ²	3 W/m ²	6 W/m ²	0 W/m ²	53 W/m ²
Commerces	17 W/m ²	7 W/m ²	8 W/m ²	6 W/m ²	6 W/m ²	17 W/m ²	59 W/m ²
Bureaux	14 W/m ²	2 W/m ²	6 W/m ²	9 W/m ²	6 W/m ²	31 W/m ²	69 W/m ²
Equipements	9 W/m ²	6 W/m ²	22 W/m ²	1 W/m ²	6 W/m ²	24 W/m ²	68 W/m ²

CALCUL DES RATIOS DE CONSOMMATION DES AUTRES USAGES

Concernant les autres usages, non pris en compte dans la RT2012, le référentiel Energie-Carbone (E+C-) fournit une méthode de calcul : consommation des ascenseurs, des parkings du bâtiment (ventilation et éclairage) et des parties communes.

	Autres usages
Appartements	4 kWh/m ²
Commerces	3 kWh/m ²
Bureaux	3 kWh/m ²
Equipements	3 kWh/m ²

D. PRESENTATION DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE 2012 ET DES LABELS EFFINERGIE

BATIMENTS CONCERNES ET DATES D'APPLICATION

La RT 2012 s'applique à :

- Tous les bâtiments de **bureaux, d'enseignement, d'établissement d'accueil de la petite enfance**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **28 octobre 2011**.
- Tous les **bâtiments à usage d'habitation situés en zone ANRU**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **28 octobre 2011**.
- Toutes les **maisons** individuelles ou accolées, les **bâtiments collectifs d'habitation** et **foyers jeunes travailleurs** et **cités universitaires**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **1^{er} janvier 2013**.
- Tous les **commerces, restaurations, résidences pour personnes âgées ou dépendantes, hôpital, hôtel, établissement sportif**, faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable à partir du **1^{er} janvier 2013**.

PRINCIPES GENERAUX ET DEFINITIONS

La réglementation thermique 2012 est avant tout une réglementation d'objectifs et comporte :

- 3 exigences de résultats : besoin bioclimatique, consommation d'énergie primaire, confort d'été.
- Quelques exigences de moyens, limitées au strict nécessaire, pour refléter la volonté affirmée de faire pénétrer significativement une pratique (affichage des consommations par exemple).

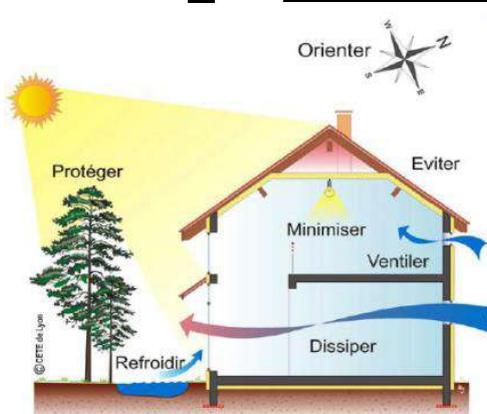
LES EXIGENCES DE RESULTATS

a) Tic : Température Intérieure Conventionnelle

La RT 2012 définit des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement.

Pour ces bâtiments, la réglementation impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été n'excède pas un seuil.

b) Bbio : Besoins Bioclimatiques



Les **besoins bioclimatiques du bâti – énergie utile pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage – doivent être inférieurs à une valeur seuil, $Bbio_{max}$** . Cette exigence impose une limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage), imposant ainsi son **optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre**.

Source : CETE de Lyon

Cette exigence peut se traduire comme suit :

$$Bbio = E_u(\text{chauffage} + \text{refroidissement} + \text{éclairage}) \leq Bbio_{max}$$

La réglementation définit le $Bbio_{max}$ comme suit :

$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

Avec :

- $Bbio_{maxmoyen}$: valeur moyenne du $Bbio_{max}$ qui varie selon la typologie de bâtiment et selon la catégorie CE1/CE2
- $M_{bgéo}$: coefficient de modulation selon la localisation géographique
- M_{balt} : coefficient de modulation selon l'altitude
- M_{bsurf} : pour les **maisons individuelles, les bâtiments de commerce et les établissements sportifs**, coefficient de modulation selon la surface

Ces coefficients sont présentés de façon plus détaillée au paragraphe d).

c) Cep : Consommation conventionnelle d'énergie

L'exigence de consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire se traduit par le coefficient Cep_{max} , portant sur les **consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs) ; déduction faite de toute la production d'électricité à demeure**. Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la valeur du Cep_{max} s'élève à 50 kWh/(m².an) d'énergie primaire, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO₂.

Cette exigence impose, en plus de l'optimisation du bâti exprimée par le $Bbio$, le **recours à des équipements énergétiques performants, à haut rendement**.

Cette exigence peut se traduire comme suit :

$$Cep = E_p(\text{chauffage} + \text{refroidissement} + \text{éclairage} + \text{ECS} + \text{auxiliaires}) \leq Cep_{max}$$

La réglementation définit le Cep_{max} comme suit :

$$Cep_{max} = 50 \times M_{ctype} \times (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

Avec :

- M_{ctype} : coefficient de modulation selon la typologie de bâtiment et sa catégorie CE1/CE2
- $M_{cgéo}$: coefficient de modulation selon la localisation géographique
- M_{calt} : coefficient de modulation selon l'altitude
- M_{csurf} : pour les **maisons individuelles, accolées ou non, les bâtiments collectifs d'habitation, les bâtiments de commerce et les établissements sportifs**, coefficient de modulation selon la surface
- M_{cGES} : coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.

Ces coefficients sont présentés de façon plus détaillée au paragraphe d).

Cas particulier des logements collectifs

Au vu de :

- Une équation investissement / économies d'énergie moins favorable dans le logement collectif que dans la maison individuelle ;
- Une filière industrielle qui doit s'adapter (notamment proposer des pompes à chaleur adaptées au collectif, performantes et à coût maîtrisé)

Pour ne pas pénaliser le logement collectif ; **une consommation supplémentaire de 7,5 kWh_{ep}/(m².an) est autorisée** pour les bâtiments dont le permis de construire est déposé avant le **31 décembre 2014**.

Cela se traduit comme suit :

$$Cep_{max} = 57,5 \times M_{ctype} \times (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

Cas particulier de la production d'électricité sur les logements

Pour les bâtiments de logements – individuels et collectifs – ayant une production d'électricité à demeure, une consommation supplémentaire est autorisée.

$$Cep \leq Cep_{max} + 12kWh_{ep}/(m^2 \cdot an)$$

d) Les éléments de modulation*Catégories CE1 et CE2*

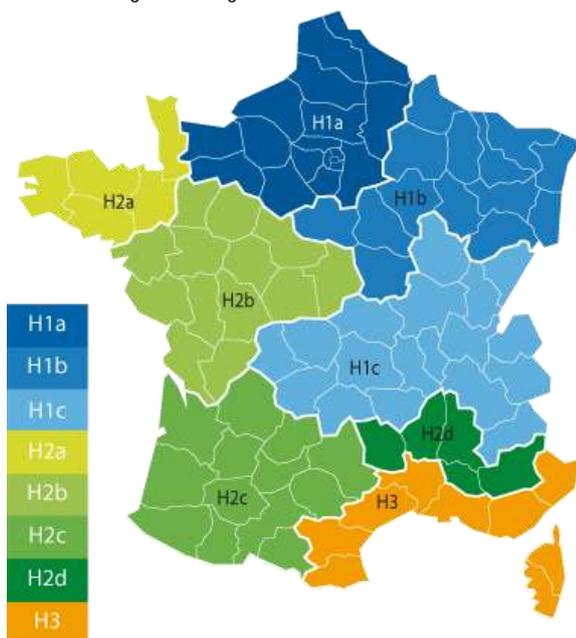
En général, un local est de catégorie CE1. **Certains locaux du fait de leur usage et/ou de leur exposition au bruit combiné(s) à la contrainte climatique sont de catégorie CE2, munis d'un système de refroidissement.** Par exemple :

- Locaux situés dans un bâtiment de bureaux dont les baies ne sont pas ouvrables en application d'autres réglementations : par exemple, immeuble de grande hauteur ;
- Locaux situés dans un bâtiment de bureaux exposé au bruit ;
- Locaux situés dans un bâtiment d'enseignement en zone méditerranéenne et exposés au bruit ;
- Locaux à usage d'habitation situés en zone climatique méditerranéenne et exposés au bruit ;

Pour les locaux CE2, la Réglementation Thermique considère que les locaux remplissant ces exigences ont « besoin » d'être climatisés. Le niveau d'exigence fixé tient donc compte de consommations de refroidissement.

M_{c_{type}}

Ce coefficient tient compte de la typologie du bâtiment et de sa catégorie CE1/CE2. En effet, selon l'activité du bâtiment, il sera plus ou moins énergivore, idem selon sa catégorie. Par exemple, le coefficient affecté à un bâtiment de restauration ouvert 6 jours sur 7 pour 2 repas par jour est de 6 ; celui d'un établissement sportif scolaire de 1,1. Il a donc été considéré que la consommation des cinq usages réglementaires est 6 fois plus élevée pour un restaurant qu'un gymnase scolaire : le restaurant est en effet plus occupé, ses besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de rafraîchissement et d'éclairage sont plus importants qu'un gymnase peu occupé et peu chauffé.

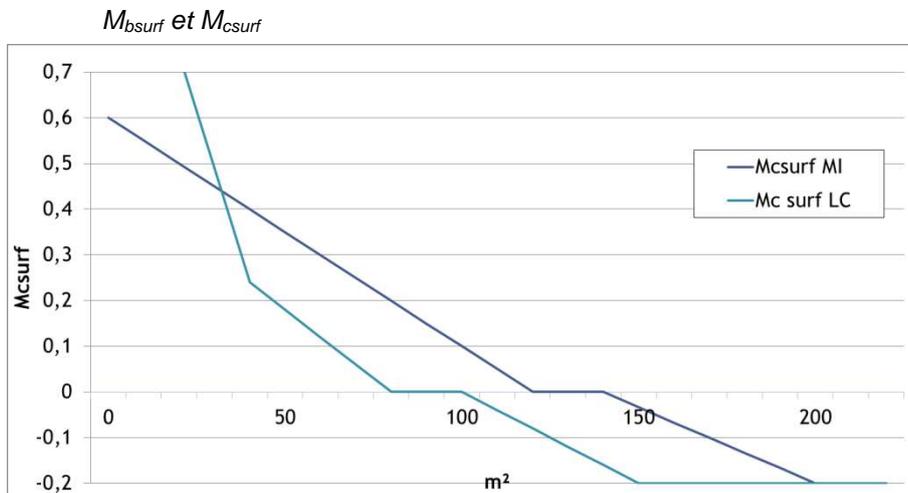
M_{bgéo} et M_{cgéo}

Ces coefficients tiennent compte de l'influence de la position géographique sur la consommation énergétique d'un bâtiment. Un bâtiment au nord de la France sera donc autorisé à consommer plus qu'un bâtiment similaire au sud.

8 zones climatiques – H1a, H1b, H1c, H2a, H2b, H2c, H2d, H3 – sont définies.

M_{balt} et M_{cait}

Ces coefficients tiennent compte de l'altitude. Un bâtiment à 1 500 m d'altitude sera donc autorisé à consommer plus qu'un bâtiment similaire à 500 m d'altitude ; il aura en effet davantage besoin de se chauffer.



Pour ne pas pénaliser les logements de petite surface, l'exigence est modulée selon la surface du logement. Les établissements sportifs et les commerces de grande taille sont moins autorisés à consommer par m² que des bâtiments de même type de plus petite surface.

la taille sont pris égaux à 0.

M_{CGES}

Le coefficient M_{CGES} tend à favoriser les énergies les moins émettrices de CO₂ en accordant une consommation supplémentaire :

- Aux **maisons individuelles ou accolées et bâtiments collectifs d'habitation, aux bâtiments d'enseignement, aux établissements sportifs, aux bâtiments d'habitation communautaire** pour lesquelles le **bois énergie** est l'énergie principale de chauffage et/ou d'ECS
- Aux **tous les types de bâtiments** alimentés par un réseau de chaleur ou de froid, en fonction du **contenu CO₂ du kWh** du réseau

Quelques exemples :

	M_{CGES}			
Maison alimentée par du bois énergie	0,3			
École alimentée par du bois énergie	0,1			
	≤ 50 g/kWh	50 à 100 g/kWh	100 à 150 g/kWh	≥ 150 g/kWh
Bureau raccordé à un réseau de froid dont le contenu CO ₂	0,3	0,2	0,1	0
Commerce raccordé à un réseau de chaleur dont le contenu CO ₂	0,15	0,1	0,05	0

Une maison alimentée par du bois énergie a un seuil de consommation réglementaire 30 % plus élevé qu'une maison similaire alimenté par des énergies fossiles.

LES EXIGENCES DE MOYENS

Pour **tous les types de bâtiments** :

- Traitement des ponts thermiques significatifs ;
- **Comptage d'énergie** par usage et affichage différencié en logement et en tertiaire
- Dispositifs de régulation d'éclairage artificiel parties communes + parkings

Pour les **bâtiments d'habitation** :

- Respect d'un taux minimal de vitrages de 1/6 de la surface habitable en logement

- Traitement de la perméabilité à l'air des logements, avec respect d'une perméabilité à l'air maximale

En particulier, pour les **maisons individuelles, le maître d'ouvrage doit opter pour une des solutions suivantes** :

- Produire de l'eau chaude à partir d'un système **solaire thermique** a minima 2 m² ;
- Être raccordé par un **réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une ENR&R** ;
- Démontrer que la contribution des ENR au Cep du bâtiment est supérieure ou égale à 5 kWh_{ep}/(m².an) ;
- Produire l'ECS via un **chauffe-eau thermodynamique** dont le coefficient de performance est au moins 2 ;
- Recourir à une production de chauffage et/ou d'ECS par une chaudière à **micro-cogénération**, dont le rendement thermique à pleine charge est supérieur à 90% et le rendement électrique supérieur à 10%.

LES LABELS EFFINERGIE

Le label Effinergie reprend les exigences de la RT2012 en les renforçant.

Le Label Effinergie+, qui existe depuis 2012, est un label d'application volontaire qui renforce les seuils sur les coefficients $B_{bio_{max}}$ et Cep_{max} . Le $B_{bio_{max}}$ est ainsi réduit de 20%. Le Cep_{max} est réduit de 20% pour les bâtiments à usage d'habitation, d'enseignement, d'accueil de la petite enfance ou EHPAD et 40% pour les autres.

Le label renforce également les exigences de moyen : perméabilité à l'air des réseaux, information des usagers, etc.

En 2017, Effinergie a lancé 3 nouveaux labels afin d'accompagner la future réglementation thermique prévue pour 2018 ou 2020 (BBC2017, BEPOS2017 et BEPOS+2017). Ces labels reprennent les exigences du label Effinergie+ (en intégrant un critère de compacité pour et intègre des éléments supplémentaires issus de l'expérimentation Energie Carbone (voir Annexe E). Le tableau page suivante résume ces exigences.

		Maison individuelle	Logement collectif	Tertiaire
Pré-requis		RT 2012 et E+C-, a minima Energie 2 – Carbone 1		
		RT 2012 et E+C-, a minima Energie 3 – Carbone 1 et bâtiment producteur d'énergie renouvelable		
		RT 2012 et E+C-, a minima Energie 4 – Carbone 1 et bâtiment producteur d'énergie renouvelable		
Exigences communes	Bbiomax	Bbiomax – 20%	Modulation du Bbiomax	Bbiomax – 20%
	Cepmax	Cepmax – 20%	Cepmax – 20% ¹	Cepmax – 40%
	Perméabilité à l'air du bâti	Q4Pa_surf ≤ 0,4 m ³ /h/m ² Ou formation des ouvriers Ou démarche qualité	Q4Pa_surf ≤ 0,8 m ³ /h/m ² Ou ≤ 1 m ³ /h/m ² suivant le type de mesure Ou démarche qualité	Q4Pa_surf inférieur à la valeur prise dans l'étude thermique Ou démarche qualité
	Contrôle des réseaux de ventilation	PROMEVENT Pré-inspection et Vérifications fonctionnelles et Mesures fonctionnelles aux bouches	PROMEVENT Pré-inspection et Vérifications fonctionnelles et Mesures fonctionnelles aux bouches et Mesure d'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques ou démarche qualité	Protocole effinergie Contrôle visuel et Vérification mesures fonctionnelles aux bouches et Mesure d'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques ou démarche qualité
	Qualification des bureaux d'étude	Qualifications OPQIBI 1331 et 1332 "Etudes Thermiques Réglementaires" ou , Certification NF Etudes Thermiques ou , Certification BE NR d'l.cert option "Etudes thermiques réglementaires" ou , Référents CERTIVEA.		
	Commissionnement	Nécessité de mise en place d'un commissionnement		
	Mobilité	Utilisation de l'outil effinergie écomobilité		
	Information aux usagers	Fourniture du guide effinergie et affichage		

3.6 ANNEXE 6 : ETUDE DE TRAFIC/CIRCULATION REALISEE A L'ECHELLE DE LA RIVE GAUCHE