

AUTORITE CONCEDANTE



MAITRE D'OUVRAGE



BRETELLE SOUTERRAINE SCHLOESING

Marseille 8^{ème} et 10^{ème} arrondissements

Annexe 8.11

Note complémentaire – Etude air et santé



août 2018

Sommaire

1	Contexte réglementaire et méthodologie	2	2.5.1	Indice ATMO durant les campagnes	29
1.1	Le cadre réglementaire	2	2.5.2	Résultats des campagnes de mesures	30
1.2	Le cadre institutionnel	2	3	Effets du projet sur la qualité de l'air	34
1.2.1	Stratégie de surveillance de la qualité de l'air en région PACA	2	3.1	Nombre de kilomètres parcourus	34
1.2.2	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE)	2	3.2	Bilan des émissions en polluants	34
1.2.3	Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)	3	3.2.1	Concentrations calculées sur le domaine d'étude	35
1.2.4	Plan Climat Energie Territorial (PCET)	3	3.2.2	Cartographie des concentrations	38
1.3	Méthodologie	3	3.2.3	Compatibilité avec le SRCAE	51
1.3.1	Niveau d'étude	3	4	Effets sur la santé humaine	52
1.3.2	Définition du domaine d'étude	4	4.1	Effets généraux	52
1.3.3	Données trafic	5	4.2	Evaluation de l'impact sanitaire simplifié : l'IPP	52
1.3.4	L'état initial	9	4.2.1	Résultat de l'IPP global	52
1.3.5	Calcul des émissions polluantes	13	4.2.2	Histogramme Pollution-Population	54
1.3.6	Modélisation de la dispersion atmosphérique	13	4.2.3	Cartographie des résultats	56
1.3.7	Indice IPP	14	4.3	Evaluation quantitative des risques sanitaires	63
1.3.8	Evaluation quantitative des risques sanitaires	14	4.3.1	Risque aigu	63
1.3.9	Analyses et incertitudes	19	4.3.2	Risque chronique avec effet de seuil	66
1.3.10	Analyse des coûts collectifs	20	4.3.3	Effets sans seuil (ou cancérigènes)	67
2	Analyse de la situation initiale	24	5	Analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances	72
2.1	Principaux polluants indicateurs de la pollution automobile	24	5.1	Monétarisation de l'effet de la pollution atmosphérique	72
2.2	Les valeurs et seuils réglementaires	25	5.2	Coûts liés à la pollution de l'air	72
2.3	Bilan des émissions en région PACA	27	5.3	Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel	72
2.4	La qualité de l'air à Marseille	27	5.4	Coûts collectifs globaux	73
2.4.1	Le réseau de surveillance de la qualité de l'air Air PACA	27			
2.4.2	L'indice ATMO à Marseille	28			
2.4.3	Les résultats de la station Rabatau	28			
2.5	Mesures <i>in situ</i>	29			

1 Contexte réglementaire et méthodologie

Source : CIA, 2017-2018, « étude air et santé du projet d'aménagement de la liaison souterraine Schloesing »

1.1 Le cadre réglementaire

Les articles L220-1 et suivants du Code de l'Environnement, ancienne loi sur l'air du 30 décembre 1996, ont renforcé les exigences dans le domaine de la qualité de l'air et constituent le cadre de référence pour la réalisation des études d'environnement et des études d'impact dans les projets d'infrastructures routières.

La circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 définit le contenu des études "Air et Santé", qui se veut plus ou moins conséquent selon les enjeux du projet en matière de pollution de l'air et d'incidences sur la santé. Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et en fonction de la densité de population à proximité de cette dernière. Cette circulaire est en cours d'évaluation pour révision.

Dans l'attente de la révision de la circulaire du 25 février 2005, la note du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer du 18 janvier 2017, préconise de prendre en compte des éléments complémentaires :

- les horizons d'étude doivent prendre en compte trois échéances : à la mise en service, à 5 ans et à 20 ans ;
- d'analyser les émissions de particules (PM10 et PM2,5) et si possible, de prendre en compte les autres polluants ;
- de calculer les IPP NO2 et PM10 en cas d'enjeux forts, en plus de l'IPP benzène.

Avec un trafic actuel supérieur à 40 000 véhicules par jour et une densité de bâti de plus 10 000 habitants / km² dans les quartiers périphériques de la zone d'étude (découpage IRIS de l'INSEE), l'étude air et santé à réaliser est de **niveau I** conformément à la circulaire interministérielle DGS/DR/DPPR/D4E du 25 février 2005 précisant le contenu réglementaire des études air et santé relatives aux projets d'infrastructures routières.

D'après la note du 18/01/2017, l'étude air et santé est menée pour trois scénarios situés à trois horizons d'étude différents. Ces scénarios sont usuellement nommés état initial, état de référence et état projeté.

L'état initial correspond à la situation actuelle. L'état de référence correspond à un horizon lointain (typiquement 10 à 20 ans après la mise en service de l'aménagement prévu) dans l'hypothèse où le projet envisagé ne serait pas réalisé et considérant les autres évolutions prévisibles des infrastructures. L'état projeté correspond au même horizon lointain avec la réalisation du projet.

La comparaison des résultats obtenus pour ces trois scénarii aux trois horizons permet d'apprécier l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé à échéance de son exploitation.

L'état initial correspond à l'année 2017 ; l'état de référence et l'état projet sont étudiés aux horizons :

- **2022, c'est-à-dire à la mise en service de la bretelle,**
- **2027, soit 5 ans après la mise en service,**
- **2042, soit 20 ans après la mise en service.**

1.2 Le cadre institutionnel

1.2.1 Stratégie de surveillance de la qualité de l'air en région PACA

La stratégie de surveillance intègre la dimension régionale avec l'objectif d'aboutir à une surveillance plus complète de l'air de la région à l'horizon 2015.

Afin de mieux appréhender les spécificités locales, le territoire de la région a été découpé en Zones Administratives de Surveillance (ZAS), réglementaires au niveau européen, puis en aires de surveillance, permettant de cibler les attentes locales. La zone d'étude est située dans la zone administrative de surveillance d'Aix-Marseille.

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

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) de Provence-Alpes-Côte d'Azur a été approuvé par l'assemblée régionale le 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013.

Le SRCAE définit des orientations régionales à l'horizon de 2020 et 2050 en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques.

Les objectifs stratégiques du SRCAE définis aux horizons 2020, 2030 et 2050 traduisent la volonté de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de s'inscrire dans une perspective de transition énergétique permettant l'atteinte du facteur 4 en 2050, c'est-à-dire la division par 4 des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990 :

Objectifs du SRCAE	Référence (2007)	2015	2020	2030
Consommation finale d'énergie	13.8 Mtep	-	-13%	-25%
Consommation d'énergie par habitant	2.7 tep	-	-20%	-33%
Émissions de gaz à effet de serre (GES)	47.7 Mteq CO ₂	-	-20%	-35%
Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	10%	-	20%	30%
Émissions d'oxydes d'azote (NOx)	123 000 tonnes	-	-40%	
Émissions de particules fines (PM 2,5)	15 000 tonnes	-30%		

Figure 1 : objectifs du SRCAE - SRCAE PACA – les grandes lignes

1.2.3 Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Le PPA, issu de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie est un outil permettant au Préfet de prendre des mesures pour lutter contre la pollution atmosphérique.

Il est obligatoire pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants et les zones dans lesquelles le niveau dans l'air ambiant de l'un au moins des polluants, évalué conformément aux dispositions des articles R. 221-1 à R. 221-3, dépasse ou risque de dépasser une valeur limite ou une valeur cible mentionnée à l'article R. 221-1.

Le PPA des Bouches-du-Rhône a été approuvé le 17 mai 2013.

Sur la ZAS Aix-Marseille, les risques de dépassement de valeurs limites se concentrent autour des principaux axes de circulation et dans les centres villes de Marseille et Aix-en-Provence.

Le PPA des Bouches-du-Rhône dresse le bilan d'une qualité de l'air insatisfaisante, en particulier à Marseille où la perte d'espérance de vie à cause d'une mauvaise qualité de l'air est estimée à 7,5 mois par personne.

1.2.4 Plan Climat Energie Territorial (PCET)

Un Plan Climat Energie Territorial (PCET) est un programme d'actions en faveur du développement durable sur un territoire.

Chaque collectivité territoriale a approuvé son document cadre :

- le conseil départemental des Bouches-du-Rhône, le 23 mars 2012
- La Ville de Marseille, le 10 décembre 2012.
- Marseille Provence Métropole, le 26 octobre 2012.

L'objectif premier de ces PCET est l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre pour limiter l'impact du territoire sur le climat. En consommant moins d'énergie, en faisant évoluer les modes de transports, et en développant les énergies renouvelables (éolien, solaire, ...), chaque acteur territorial contribue à une diminution de ses émissions de gaz à effet de serre.

En prenant en compte les évolutions du climat dans les décisions à long terme (urbanisme, prévention des risques, reconversion d'activités), et en acceptant des conditions de vie différentes, les collectivités espèrent réduire la vulnérabilité du territoire face aux changements climatiques.

Chaque collectivité développe des fiches actions pour mettre en œuvre leur propre plan.

1.3 Méthodologie

1.3.1 Niveau d'étude

La circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 définit le contenu des études « Air et Santé », qui se veut plus ou moins conséquent selon les enjeux du projet en matière de pollution de l'air et d'incidences sur la santé. Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et en fonction de la densité de population à proximité de cette dernière.

Figure 2 : niveau d'étude attendu pour l'étude air et santé

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

Avec un trafic actuel supérieur à 40 000 veh/ j et une densité de bâti de plus de 10 000 habitants / km² dans les quartiers périphériques de la zone d'étude (découpage IRIS de l'INSEE), l'étude air et santé à réaliser est de **niveau I** conformément à la circulaire interministérielle DGS/DR/DPPR/D4E du 25 février 2005 précisant le contenu réglementaire des études air et santé relatives aux projets d'infrastructures routières.

Les études de type I requièrent une analyse simplifiée des effets sur la santé avec utilisation de l'IPP (indice pollution-population).

Les polluants à prendre en considération, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- les NOx ;
- le CO ;
- les hydrocarbures ;
- le benzène ;
- les particules émises à l'échappement ;
- le dioxyde de soufre.

Pour la pollution particulaire, on retiendra le nickel et le cadmium.

Le contenu des études est le suivant :

- estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP = indice pollution - population) ;
- analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité.

1.3.2 Définition du domaine d'étude

En termes de qualité de l'air et de santé, le domaine d'étude est composé du projet lui-même et de l'ensemble du réseau routier subsistant, du fait de la réalisation du projet, une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 %.

La circulaire du 25 février 2005 définit la largeur de la **bande d'étude** à prendre en compte selon les trafics sur les axes étudiés.

Ainsi, en termes de qualité de l'air et de santé, la bande d'étude est centrée sur chaque section étudiée qui subit, du fait de la réalisation du projet, une variation (hausse ou baisse) significative de son niveau de trafic (comme pour le domaine d'étude).

Pour la pollution particulaire (métaux lourds,...), la largeur globale de la bande d'étude est théoriquement fixée à 100 m, quel que soit le niveau de trafic, en attendant les résultats de recherches complémentaires des autorités compétentes en la matière.

Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude, appliquée de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet, est définie dans le tableau ci-après. Cette largeur est fonction du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) prévu à terme, ou, en milieu urbain, du trafic à l'heure de pointe la plus chargée.

Les valeurs de largeur précisées ci-dessous sont issues des rapports CERTU-CETE Méditerranée : *Dispersion de la pollution aux environs d'une route, Volet « santé »*.

Figure 3 : définition de la largeur de la bande d'étude

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

Au droit du domaine d'étude, les axes modélisés supporteront un trafic moyen journalier annuel compris entre 25000 et 50000 veh/j d'après l'étude de trafic. La largeur de la bande d'étude retenue est donc de 200 mètres de part et d'autre de l'axe du projet.

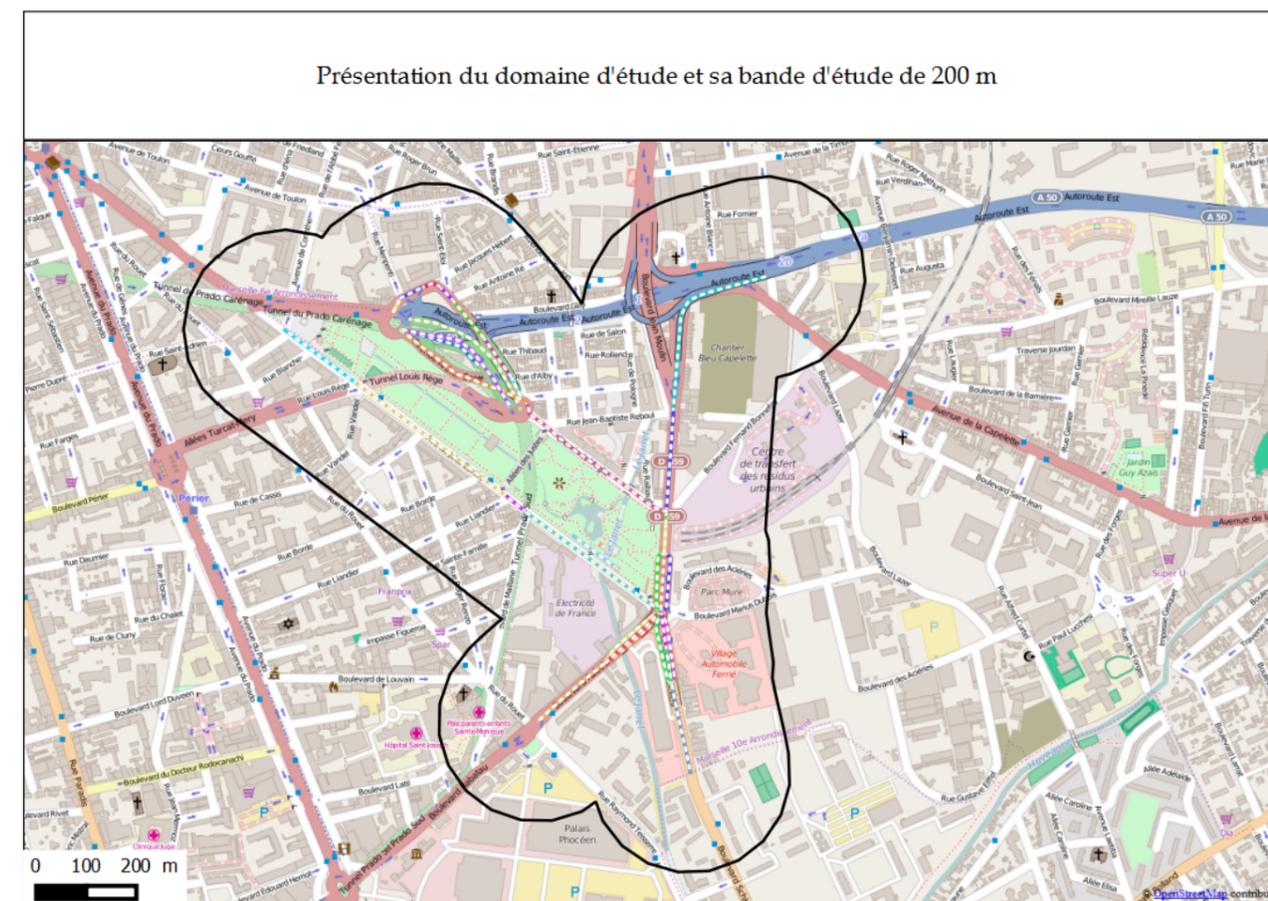


Figure 4 : domaine et bande d'étude de l'étude air et santé

1.3.3 Données trafic

Les entrants indispensables à la modélisation de la qualité de l'air sont les données issues des modélisations de trafic réalisées dans la zone d'étude du projet. Il s'agit du Trafic Moyen Journalier Annuel, de la vitesse réglementaire des véhicules, ainsi que de la part de poids-lourds, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés.

Deux scénarios sont étudiés :

- référence c'est-à-dire sans projet, évolution au fil de l'eau ;
- et projet : avec projet de liaison souterraine Schløesing.

Les scénarios retenus sont étudiés aux horizons suivants :

- actuel 2017,
- à la mise en service de l'ouvrage c'est-à-dire en 2022,
- 5 ans après la mise en service soit 2027,
- 20 ans après la mise en service soit 2042.

Le tableau ci-après donne les TMJA pour chaque brin routier modélisé. Les brins routiers sont reportés sur la planche graphique en page suivante.

Figure 5 : TMJA pour chaque brin routier modélisé

N° du brin	Nom des voies	Longueur mètres	Vitesse moyenne	Situation actuelle 2017			Situation référence 2022			Situation projet 2022			Situation référence 2027			Situation projet 2027			Situation référence 2042			Situation projet 2042		
				TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL
1	PASSERELLE RABATAU	213,37	50	10 783	-	-	10348	0	0%	-	-	0%	10 068	-	0%	-	-	0%	8 098	-	-	-	-	-
2	BD RABATAU	250,59	50	2 017	81	4%	2803	108	4%	12 712	489	4%	3 254	125	4%	13 495	519	4%	5 315	213	4%	13 089	524	4%
3	AV JULES CANTINI	427,93	50	15 732	629	4%	17208	662	4%	15 952	614	4%	17 414	670	4%	15 838	609	4%	17 969	719	4%	14 361	574	4%
4	CHE DE L'ARGILE	422,39	50	7 979	319	4%	6482	249	4%	3 582	138	4%	10 170	391	4%	5 075	195	4%	8 202	328	4%	3 691	148	4%
5	BD RABATAU	161,67	50	12 702	508	4%	13228	509	4%	13 141	505	4%	13 289	511	4%	13 267	510	4%	12 542	502	4%	12 488	500	4%
6	PASSERELLE RABATAU	51,66	30	27 783	-	-	26334	0	0%	-	-	0%	27 143	-	0%	-	-	0%	24 529	-	-	-	-	-
7		90,59	50	5 811	232	4%	5701	219	4%	24 492	942	4%	5 623	216	4%	23 250	894	4%	5 336	213	4%	21 314	853	4%
8	BD RABATAU	93,48	50	30 147	1 206	4%	27392	1054	4%	20 995	807	4%	28 239	1 086	4%	20 417	785	4%	26 626	1 065	4%	19 822	793	4%
9	BD RABATAU	221,10	50	25 502	1 020	4%	26793	1030	0%	25 853	994	4%	27 013	1 039	0%	26 762	1 029	4%	25 955	1 038	4%	25 577	1 023	4%
10	BD RABATAU	14,12	50	12 702	508	4%	13228	509	4%	13 141	505	4%	13 289	511	4%	13 267	510	4%	12 542	502	4%	12 488	500	4%
11	PASSERELLE RABATAU	22,37	30	10 783	-	-	10348	0	0%	-	-	0%	10 068	-	0%	-	-	0%	8 098	-	-	-	-	-
12	TUNNEL PRADO SUD	60,15	50	3 806	-	-	5017	0	0%	10 644	-	0%	4 230	-	0%	9 934	-	0%	5 068	-	-	9 322	-	-
13	AV JULES CANTINI	390,33	50	13 946	558	4%	15184	584	4%	12 639	486	4%	15 118	581	4%	10 564	406	4%	13 093	524	4%	8 711	348	4%
14	R ARTHUR SCOTT	302,40	50	9 133	365	4%	9457	364	4%	6 731	259	4%	9 072	349	4%	7 364	283	4%	7 538	302	4%	7 256	290	4%
15	AV JULES CANTINI	40,37	50	8 527	341	4%	8957	344	0%	8 240	317	4%	9 116	351	0%	4 289	165	4%	7 918	317	4%	3 305	132	4%
16	TUNNEL PRADO CARENAGE	276,46	50	5 764	-	-	4120	0	0%	2 482	-	0%	9 106	-	0%	3 879	-	0%	8 596	-	-	4 823	-	-
17	TUNNEL PRADO CARENAGE	222,90	50	2 757	-	-	2689	0	0%	2 648	-	0%	5 425	-	0%	3 176	-	0%	5 414	-	-	4 589	-	-
18	CHE DE L'ARGILE	128,23	50	771	31	4%	734	28	4%	710	27	4%	716	28	4%	425	16	4%	652	26	4%	484	19	4%
19	CHE DE L'ARGILE	43,64	50	1 699	68	4%	2341	90	4%	5 028	193	4%	1 801	69	4%	4 843	186	4%	1 291	52	4%	3 883	155	4%
20	TUNNEL PRADO SUD	322,36	50	2 604	-	-	3266	0	0%	7 347	-	0%	3 534	-	0%	7 197	-	0%	4 089	-	-	5 844	-	-
21	TUNNEL PRADO SUD	32,88	50	3 616	-	-	3513	0	0%	5 448	-	0%	3 869	-	0%	5 687	-	0%	5 005	-	-	7 711	-	-
22	AV JULES CANTINI	81,82	50	18 246	730	4%	19395	746	4%	16 262	625	4%	18 858	725	4%	13 735	528	4%	16 572	663	4%	11 414	457	4%
23	AV JULES CANTINI	27,63	50	18 225	729	4%	19361	745	4%	16 241	625	4%	18 823	724	4%	13 711	527	4%	16 551	662	4%	11 394	456	4%
24	AV JULES CANTINI	12,96	50	13 917	557	4%	14268	549	4%	11 915	458	4%	14 444	556	4%	7 494	288	4%	12 813	513	4%	5 412	216	4%
25	AV JULES CANTINI	51,51	50	18 246	730	4%	19395	746	4%	16 262	625	4%	18 858	725	4%	13 735	528	4%	16 572	663	4%	11 414	457	4%
26	R JACQUES HEBERT	49,22	50	4 040	162	4%	4474	172	4%	6 542	252	4%	3 716	143	4%	7 589	292	4%	2 999	120	4%	6 325	253	4%
27	R ARTHUR SCOTT	41,88	50	13 739	550	4%	15110	581	0%	17 321	666	4%	14 094	542	0%	18 449	710	4%	12 376	495	4%	14 365	575	4%
28	R ARTHUR SCOTT	33,62	50	1 042	42	4%	935	36	0%	898	35	4%	1 614	62	0%	917	35	4%	1 896	76	4%	1 626	65	4%
29	R ARTHUR SCOTT	33,18	50	35 041	1 402	4%	37153	1429	4%	39 185	1 507	4%	35 299	1 358	4%	37 832	1 455	4%	33 123	1 325	4%	33 098	1 324	4%
30	R ARTHUR SCOTT	41,90	50	30 465	1 219	4%	32613	1254	4%	34 791	1 338	4%	31 780	1 222	4%	34 776	1 338	4%	29 623	1 185	4%	32 001	1 280	4%
31	R ARTHUR SCOTT	22,80	50	23 217	929	4%	23747	913	4%	22 536	867	4%	22 521	866	4%	20 808	800	4%	21 631	865	4%	19 225	769	4%
32	R ARTHUR SCOTT	8,14	50	24 288	972	4%	24785	953	4%	23 484	903	4%	24 339	936	4%	21 760	837	4%	23 641	946	4%	20 880	835	4%
33	R JACQUES HEBERT	21,66	50	6 901	276	4%	7609	293	4%	9 380	361	4%	6 638	255	4%	9 512	366	4%	5 726	229	4%	7 890	316	4%
34	R ARTHUR SCOTT	28,31	50	23 564	943	4%	25005	962	4%	25 411	977	4%	25 142	967	4%	25 264	972	4%	23 897	956	4%	24 111	964	4%
35	TUNNEL PRADO CARENAGE	75,75	50	20 709	-	-	14970	0	0%	12 513	-	0%	24 010	-	0%	14 057	-	0%	24 915	-	-	20 406	-	-
36	R JACQUES HEBERT	56,83	50	3 987	159	4%	4397	169	4%	6 542	252	4%	3 716	143	4%	7 583	292	4%	2 999	120	4%	6 325	253	4%
37	TUNNEL PRADO CARENAGE	84,55	50	20 364	-	-	17000	0	0%	15 399	-	0%	25 677	-	0%	17 440	-	0%	26 005	-	-	23 661	-	-
38	AV JULES CANTINI	153,99	50	14 116	565	4%	15379	592	4%	12 806	493	4%	15 371	591	4%	10 872	418	4%	13 316	533	4%	9 008	360	4%
39	AV JULES CANTINI	67,69	50	15 425	617	4%	16857	648	4%	15 537	598	4%	17 118	658	4%	15 355	591	4%	17 694	708	4%	13 852	554	4%
40		50,56	50	4 379	-	-	2956	0	0%	1 198	-	0%	6 964	-	0%	2 343	-	0%	6 223	-	-	2 415	-	-
41	R ARTHUR SCOTT	17,05	50	5 520	221	4%	5438	209	4%	6 185	238	4%	6 719	258	4%	5 842	225	4%	6 718	269	4%	6 000	240	4%
42	R ARTHUR SCOTT	23,85	50	3 051	122	4%	3362	129	4%	4 253	164	4%	3 160	122	4%	4 020	155	4%	3 437	137	4%	3 856	154	4%
43	R ARTHUR SCOTT	19,09	50	7 329	293	4%	5538	213	4%	2 157	83	4%	9 668	372	4%	3 606	139	4%	7 474	299	4%	3 010	120	4%
44	R ARTHUR SCOTT	12,38	50	7 329	293	4%	5538	213	4%	2 157	83	4%	9 668	372	4%	3 606	139	4%	7 474	299	4%	3 010	120	4%
45		7,33	50	12 436	497	4%	11389	438	4%	6 439	248	4%	14 761	568	4%	8 515	328	4%	11 444	458	4%	6 954	278	4%
46	R ARTHUR SCOTT	7,35	50	15 488	620	4%	14751	567	4%	10 692	411	4%	17 921	689	4%	12 536	482	4%	14 881	595	4%	10 810	432	4%
47	R ARTHUR SCOTT	22,14	50	9 343	374	4%	7781	299	4%	4 852	187	4%	11 550	444	4%	6 274	241	4%	9 437	377	4%	4 918	197	4%
48	R ARTHUR SCOTT	3,87	50	1 250	50	4%	1201	46	4%	1 132	44	4%	1 344	52	4%	1 087	42	4%	1 227	49	4%	1 132	45	4%
49	CHE DE L'ARGILE	107,78	50	1 366	55	4%	1290	50	4%	1 197	46	4%	1 223	47	4%	919	35	4%	1 018	41	4%	820	33	4%
50	R ARTHUR SCOTT	23,70	50	4 219	169	4%	4210	162	4%	5 045	194	4%	5 562	214	4%	4 975	191	4%	5 747	230	4%	5 219	209	4%
51		26,64	50	943	-	-	655	0	0%	612	-	0%	1 855	-	0%	737	-	0%	1 855	-	-	1 095	-	-
52	R ARTHUR SCOTT	10,16	50	3 051	122	4%	3362	129	4%	4 253	164	4%	3 160	122	4%	4 020	155	4%	3 437	137	4%	3 856	154	4%
53	CHE DE L'ARGILE	72,17	50	1 301	52	4%	1228	47	4%	1 139	44	4%	1 157	44	4%	867	33	4%	972	39	4%	781	31	4%
54	CHE DE L'ARGILE	61,22	50	871	35	4%	835	32	4%	2 951	113	4%	865	33	4%	3 879	149	4%	846	34	4%	3 635	145	4%

N° du brin	Nom des voies	Longueur mètres	Vitesse moyenne	Situation actuelle 2017			Situation référence 2022			Situation projet 2022			Situation référence 2027			Situation projet 2027			Situation référence 2042			Situation projet 2042		
				TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL	TMJA tot	TMJA Poids Lourds	%PL	TMJA tot	TMJA PL	%PL
55		144,12	50	9 616	385	4%	10063	387	4%	16 784	646	4%	10 711	412	4%	16 839	648	4%	10 409	416	4%	17 538	702	4%
56	BD SCHLOESING	193,04	50	26 053	1 042	4%	24268	933	4%	14 298	550	4%	24 901	958	4%	14 096	542	4%	23 356	934	4%	13 803	552	4%
57	PASSERELLE RABATAU	21,35	30	17 000	-	-	15986	0	0%	-	-	0%	17 075	-	0%	-	-	0%	16 431	-	0%	-	-	-
58	BD SCHLOESING	79,61	50	51 811	2 072	4%	49932	1920	4%	31 082	1 195	4%	52 128	2 005	4%	30 935	1 190	4%	49 378	1 975	4%	31 342	1 254	4%
59	BD SCHLOESING	192,41	50	51 811	2 072	4%	49932	1920	4%	54 139	2 082	4%	52 128	2 005	4%	54 288	2 088	4%	49 378	1 975	4%	51 594	2 064	4%
60	PASSERELLE RABATAU	155,17	30	17 000	-	-	15986	0	0%	-	-	0%	17 075	-	0%	-	-	0%	16 431	-	-	-	-	-
61		57,71	50	5 811	232	4%	5701	219	4%	24 492	942	4%	5 623	216	4%	23 250	894	4%	5 336	213	4%	21 314	853	4%
62	BD SCHLOESING	57,78	50	9 616	385	4%	10063	387	4%	16 784	646	4%	10 711	412	4%	16 839	648	4%	10 409	416	4%	17 538	702	4%
63		10,35	50	-	-	-	0	0	0%	736	28	4%	-	-	0%	1 281	49	4%	-	-	-	1 264	51	4%
64	PASSERELLE RABATAU	31,24	30	10 783	-	-	10348	0	0%	-	-	0%	10 068	-	0%	-	-	0%	8 098	-	-	-	-	-
65	TUNNEL PRADO SUD	31,52	50	3 806	-	-	5017	0	0%	10 644	-	0%	4 230	-	0%	9 934	-	0%	5 068	-	-	9 322	-	-
66	Projet	24,66	50	-	-	-	0	0	0%	6 845	-	0%	-	-	0%	10 793	-	0%	-	-	-	13 901	-	-
67	BD RABATAU	69,48	50	12 702	508	4%	13228	509	4%	13 141	505	4%	13 289	511	4%	13 267	510	4%	12 542	502	4%	12 488	500	4%
68		11,67	50	9 542	382	4%	9770	376	4%	17 296	665	4%	10 665	410	4%	18 047	694	4%	10 327	413	4%	18 797	752	4%
69		10,73	50	9 542	382	4%	9770	376	4%	16 561	637	4%	10 665	410	4%	16 765	645	4%	10 327	413	4%	17 533	701	4%
70		3,45	50	9 542	382	4%	9770	376	4%	16 561	637	4%	10 665	410	4%	16 765	645	4%	10 327	413	4%	17 533	701	4%
71	PASSERELLE RABATAU	39,03	30	27 783	-	-	26334	0	0%	-	-	0%	27 143	-	0%	-	-	0%	24 529	-	-	-	-	-
72	BD RABATAU	35,74	50	30 147	1 206	4%	27392	1054	4%	20 995	807	4%	28 239	1 086	4%	20 417	785	4%	26 626	1 065	4%	19 822	793	4%
73	BD DES ACIERIES	33,88	50	-	-	-	0	0	0%	28 114	1 081	4%	-	-	0%	31 642	1 217	4%	-	-	-	33 722	1 349	4%
74	BD RABATAU	30,53	50	30 147	1 206	4%	27392	1054	4%	-	-	0%	28 239	1 086	4%	-	-	0%	26 626	1 065	4%	-	-	-
75	PASSERELLE RABATAU	52,40	30	17 000	-	-	15986	0	0%	-	-	0%	17 075	-	0%	-	-	0%	16 431	-	-	-	-	-
76	BD DES ACIERIES	26,65	50	-	-	-	0	0	0%	27 950	1 075	4%	-	-	0%	28 931	1 113	4%	-	-	-	31 921	1 277	4%
77		9,50	50	-	-	-	0	0	0%	13 652	525	4%	-	-	0%	14 475	557	4%	-	-	-	13 747	550	4%
78		19,54	50	26 053	1 042	4%	24268	933	4%	-	-	0%	24 901	958	4%	-	-	0%	23 356	934	4%	-	-	-
79		15,53	50	3 524	-	-	2224	0	0%	486	-	0%	5 678	-	0%	1 615	-	0%	4 680	-	-	1 086	-	-
80	TUNNEL PRADO SUD	345,64	50	3 616	-	-	3513	0	0%	5 448	-	0%	3 869	-	0%	5 687	-	0%	5 005	-	-	7 711	-	-
81	Projet	13,28	50	-	-	-	0	0	0%	13 652	525	4%	-	-	0%	14 475	-	4%	-	-	-	13 747	-	0%
82	TUNNEL PRADO SUD	152,20	50	104	4	4%	96	4	4%	2 323	90	4%	153	6	4%	3 583	140	4%	201	8	4%	3 268	132	4%
83	PASSERELLE RABATAU	11,91	30	27 783	-	-	26334	0	0%	-	-	0%	27 143	-	0%	-	-	0%	24 529	-	-	-	-	0%
84	Projet	8,91	50	-	-	-	0	0	0%	7 119	274	4%	-	-	0%	11 225	432	4%	-	-	-	13 901	556	4%
85	PASSERELLE RABATAU	51,34	30	27 783	-	-	26334	0	0%	-	-	0%	27 143	-	0%	-	-	0%	24 529	-	-	-	-	-
86		17,88	50	5 811	232	4%	5701	219	4%	24 492	942	4%	5 623	216	4%	23 250	894	4%	5 336	213	4%	21 314	853	4%
87	BD RABATAU	13,62	50	30 147	1 206	4%	27392	1054	4%	20 995	807	4%	28 239	1 086	4%	20 417	785	4%	26 626	1 065	4%	19 822	793	4%
88	sans objet	237,84	50	31 476	1 259	4%	32879	1265	4%	30 193	1 161	4%	28 923	1 112	4%	28 495	1 096	4%	19 222	769	4%	18 008	720	4%
89	BD RABATAU	134,76	50	17 855	714	4%	17940	690	4%	14 821	570	4%	16 267	626	4%	14 365	553	4%	10 481	419	4%	8 377	335	4%
90	BD RABATAU	104,20	50	52 736	2 109	4%	51560	1983	4%	42 255	1 625	4%	43 218	1 662	4%	35 099	1 350	4%	38 627	1 545	4%	31 605	1 264	4%
91	BD FERNAND BONNEFOY	233,52	50	5 032	25	-	4925	25	1%	3 869	19	0%	14 269	71	0%	12 119	60	0%	11 363	57	1%	9 173	46	1%
92	BD RABATAU	152,69	50	52 736	2 109	4%	51560	1983	4%	42 255	1 625	4%	43 218	1 662	4%	35 099	1 350	4%	38 627	1 545	4%	31 605	1 264	4%
93	CHE DE L'ARGILE	50,95	50	7 979	319	4%	6482	249	4%	3 582	138	4%	10 170	391	4%	5 075	195	4%	8 202	328	4%	3 691	148	4%
94	BD RABATAU	40,02	50	63 497	2 540	4%	60248	2317	4%	45 487	1 749	4%	61 741	2 375	4%	43 667	1 679	4%	55 797	2 232	4%	41 136	1 645	4%
95	BD RABATAU	42,60	50	63 497	2 540	4%	60248	2317	4%	45 487	1 749	4%	61 741	2 375	4%	43 667	1 679	4%	55 797	2 232	4%	41 136	1 645	4%
96	BD RABATAU	27,57	50	57 937	2 317	4%	54815	2108	4%	41 147	1 583	4%	51 513	1 981	4%	36 798	1 415	4%	44 428	1 777	4%	32 307	1 292	4%
97	BD RABATAU	82,18	50	17 855	714	4%	17940	690	4%	14 821	570	4%	16 267	626	4%	14 365	553	4%	10 481	419	4%	8 377	335	4%
98	BD RABATAU	33,61	50	54 722	2 189	4%	53757	2068	4%	44 658	1 718	4%	45 241	1 740	4%	37 299	1 435	4%	40 779	1 631	4%	33 865	1 355	4%
99		14,12	50	53 089	2 124	4%	53252	2048	4%	47 204	1 816	4%	44 828	1 724	4%	42 098	1 619	4%	34 972	1 399	4%	32 001	1 280	4%
100	sans objet	48,21	50	31 476	1 259	4%	32879	1265	4%	30 193	1 161	4%	28 923	1 112	4%	28 495	1 096	4%	19 222	769	4%	18 008	720	4%
101	BD RABATAU	58,44	50	17 855	714	4%	17940	690	4%	14 821	570	4%	16 267	626	4%	14 365	553	4%	10 481	419	4%	8 377	335	4%
102	sans objet	106,55	50	31 476	1 259	4%	32879	1265	4%	30 193	1 161	4%	28 923	1 112	4%	28 495	1 096	4%	19 222	769	4%	18 008	720	4%
103	Projet	160,00	50	-	-	-	-	-	0%	10133	-	0%	-	-	0%	10 342	-	0%	-	-	-	18 303	-	-
104	Projet	14,68	50	-	-	-	-	-	0%	6733	-	0%	-	-	0%	6 305	-	0%	-	-	-	2 751	-	-
105	Projet	179,81	50	-	-	-	-	-	0%	11192	-	0%	-	-	0%	11 002	-	0%	-	-	-	18 303	-	-
106		22,76	50	6 667	33	0%	7440	37	0%	0	-	0%	8 453	42	0%	-	-	0%	11 648	58	0%	-	-	-
107	BD DES ACIERIES	7,43	50	-	-	-	-	-	0%	27950	1 075	4%	-	-	0%	28 571	1 099	4%	-	-	-	27 550	1 102	4%
108	Projet	200,00	50	-	-	-	-	-	0%	5596	-	0%	-	-	0%	5 500	-	0%	-	-	-	9 152	-	-
109	Projet	200,00	50	-	-	-	-	-	0%	5596	-	0%	-	-	0%	5 500	-	0%	-	-	-	9 152	-	-
110	Projet	200,00	50	-	-	-	-	-	0%	5596	-	0%	-	-	0%	5 500	-	0%	-	-	-	9 152	-	-



Figure 6 : report cartographique des brins routiers utilisés pour la modélisation de la pollution atmosphérique

1.3.4 L'état initial

1.3.4.1 L'analyse bibliographique

De nombreuses données existent dans la bibliographie. ATMO PACA dispose de stations de mesures de la qualité de l'air et fournit l'essentielle de l'information sur ce sujet.

Ont également été consultés le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE), le Plan Climat Energie Territorial, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA).

1.3.4.2 Les campagnes de mesures *in situ*

1.3.4.2.1 Méthodologie d'étude

Afin d'analyser la qualité de l'air au droit de la zone de projet, conformément à la circulaire du 25 février 2005, des mesures de NO₂ et de BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène) ont été réalisées.

Les NO₂ et BTEX ont été mesurés à l'aide d'échantillonneurs passifs (Passam Ag) :

- 12 tubes de NO₂ ont été positionnés aux abords du projet ;
- 6 tubes de Betex ont été positionnés sur les mêmes emplacements que 6 tubes de NO₂.

Trois campagnes de mesures ont été réalisées :

- la campagne hivernale s'est déroulée du 10 février 2015 au 24 février 2015,
- la campagne printanière s'est déroulée du 9 avril au 23 avril 2015,
- la campagne automnale s'est déroulée du 7 au 22 novembre 2017.

Ces campagnes de mesures se sont intéressées aux principaux polluants d'origine automobile que sont le dioxyde d'azote (NO₂) et les BTEX. Ces polluants ont été mesurés sur une durée de 15 jours à l'aide d'échantillonneurs passifs. Cette technique de mesure permet d'obtenir une évaluation de la concentration atmosphérique moyenne en polluant sur cette durée.

La méthodologie d'échantillonnage consiste en la suspension des échantillonneurs passifs dans une boîte qui les protège des intempéries. Ces boîtes sont placées à une hauteur de 2 à 2,5 mètres, en suspension libre, aux endroits de mesures choisis.

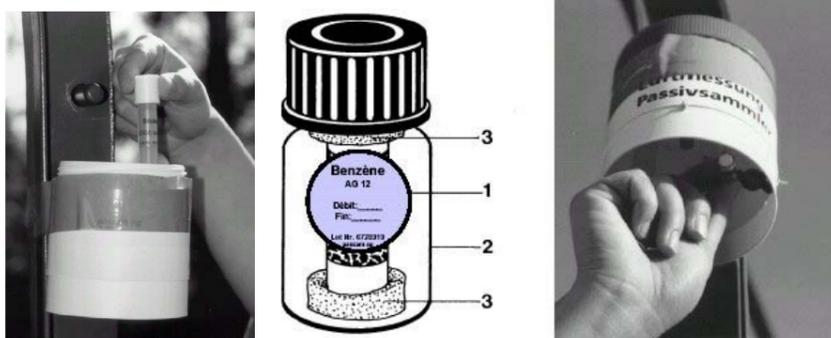


Figure 7 : méthodologie d'installation des tubes pour le dioxyde d'azote (gauche) et pour les BTEX (droite)

Au total, 12 points de mesures ont été réalisés. Les points ont été répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin de caractériser au mieux la qualité de l'air dans ce secteur.

Les points de mesures sont caractéristiques d'un type de pollution selon leur emplacement. Ainsi, on distingue :

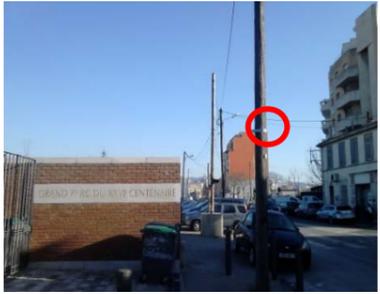
- ❖ les points de proximité trafic (T), situés à proximité d'un axe de circulation important (points 1, 3, 7, 8, 9 & 10) ;
- ❖ les points de fond urbain (U), situés à proximité d'habitations et de la zone du projet (points 2, 4, 5, 6, 11 & 12).

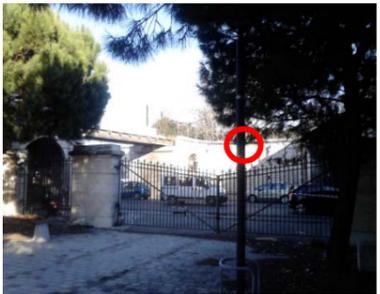
Les planches ci-après présentent la localisation des points de mesures, ainsi que le détail par point. Les tubes ont été accrochés aux éléments de signalisation urbaine (poteau, luminaire, arbres...).



Figure 8 : localisation des points de mesure par tube passif

Figure 9 : détails de chaque point de mesure par tube passif

Point de mesure	Localisation	Commune	Type	Mesure NO ₂	Mesure BTEX	Photo du point de mesure
1	Chemin de l'Argile	Marseille	T	X	-	
2	Parc du 26ème Centenaire	Marseille	U	X	X	
3	Avenue Jules Cantini	Marseille	T	X	-	
4	Parc du 26ème Centenaire	Marseille	U	X	-	

Point de mesure	Localisation	Commune	Type	Mesure NO ₂	Mesure BTEX	Photo du point de mesure
6	Parc du 26ème Centenaire	Marseille	U	X	X	
7	Avenue Jules Cantini	Marseille	T	X	X	
8	Avenue Jules Cantini	Marseille	T	X	X	
9	Passerelle Rabatau	Marseille	T	X	-	

Point de mesure	Localisation	Commune	Type	Mesure NO ₂	Mesure BTEX	Photo du point de mesure
10	Boulevard Schlœsing	Marseille	T	X	X	
11	Boulevard Rabatau	Marseille	U	X	X	
12	Boulevard de Maillane	Marseille	U	X	-	

1.3.4.2.2 Conditions météorologiques

Les données météorologiques tri-horaires mesurées en continu à la station Météo France de Marseille, ont été analysées sur les trois périodes des campagnes de mesures *in situ*, pour les paramètres suivants :

- Les températures,
- La direction du vent,
- La force du vent.

❖ Période hivernale – février 2015 :

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 6,5°C et 10,5°C. L'amplitude thermique durant la campagne est d'environ 10°C sur une journée. La température moyenne pour toute la période de mesure s'établit à 8,3 °C.

Ces températures sont conformes aux normales saisonnières du mois de février qui sont été évaluées, sur 30 ans, à 8,1°C.

	Campagne	Normales Saisonnières
Température moyenne (°C)	8,3	8,1
Moyenne des températures maximales (°C)	13,0	12,5
Moyenne des températures minimale (°C)	3,5	3,6
Température quotidienne la plus élevée (°C)	15,8	22,1
Température quotidienne la plus basse (°C)	-0,3	-16,8

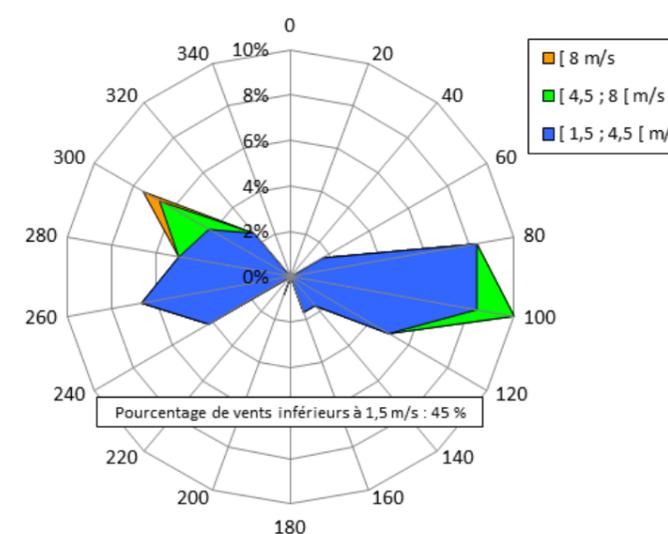


Figure 10 : relevé de température et rose des vents établis pendant la campagne de mesure hivernale

❖ Période printanière – Avril 2015 :

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 11,5°C et 17,5°C. L'amplitude thermique durant la campagne est d'environ 10°C sur une journée. La température moyenne pour toute la période de mesure s'établit à 14,7 °C.

Ces températures sont conformes aux normales saisonnières du mois d'avril qui sont été évaluées, sur 30 ans, à 13,8°C.

	Campagne	Normales Saisonnieres
Température moyenne (°C)	14.7	13.8
Moyenne des températures maximales (°C)	20.2	18.6
Moyenne des températures minimale (°C)	9.3	9.1
Température quotidienne la plus élevée (°C)	23.8	29.6
Température quotidienne la plus basse (°C)	4.7	-2.4
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	1.4	65.7
Hauteur totale des précipitations (mm)	1.4	54
Nombre de jours de pluie	1.0	10

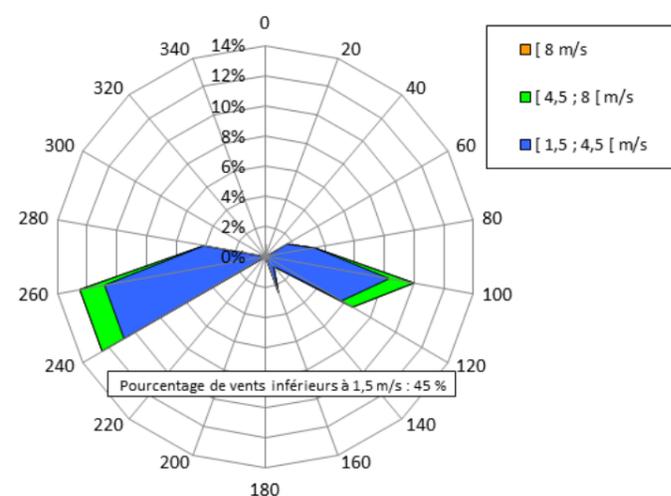


Figure 11 : relevé de météorologique et rose des vents établis pendant la campagne de mesure printanière

❖ Période automnale – novembre 2017 :

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 4,8°C et 15,5°C. L'amplitude thermique durant la campagne est d'environ 10°C sur une journée. La température moyenne pour toute la période de mesure s'établit à 10,1°C.

Ces températures sont conformes aux normales saisonnières du mois de novembre qui sont été évaluées, sur 30 ans, à 12,2°C.

	Campagne	Normales Saisonnieres
Température moyenne (°C)	10,1	11,1
Moyenne des températures maximales (°C)	15,5	15,1
Moyenne des températures minimale (°C)	4,8	7,2
Température quotidienne la plus élevée (°C)	18,9	25,2
Température quotidienne la plus basse (°C)	1,3	-5,8
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	0,2	95,1
Hauteur totale des précipitations (mm)	0,2	55,7
Nombre de jours de pluie	1,0	5,9

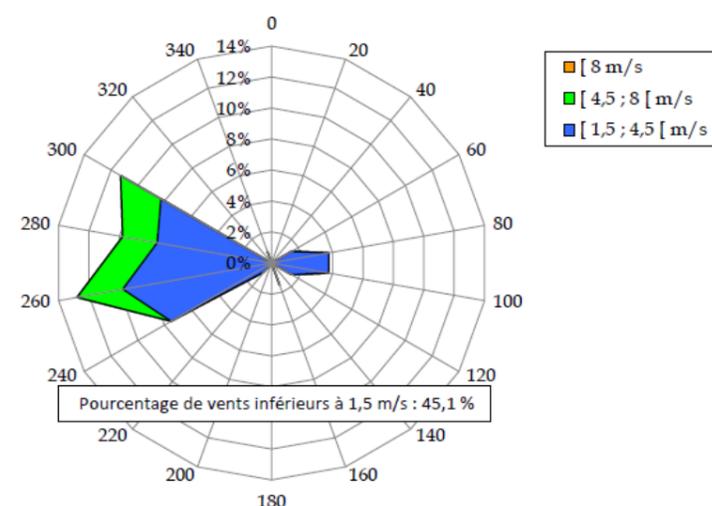


Figure 12 : relevé de météorologique et rose des vents établis pendant la campagne de mesure automnale

Deux types de vents ont soufflé sur le secteur durant les campagnes de mesures, des vents provenant de l'Est et d'autres de l'Ouest. Les vents d'Ouest ont majoritairement soufflés durant la période de mesures. Les vents d'Est ont été légèrement plus forts que les vents d'Ouest atteignant plus de 8ms/s. On remarque également que la ventilation n'a pas été régulière tous les jours.

Si l'on observe la rose des vents moyennés sur 30 ans au niveau de la station de Marignane, on remarque que les vents qui soufflent habituellement sont des vents de secteurs Nord-Ouest et Sud-Est. Les vents qui ont donc soufflé durant la campagne de mesure ne sont pas représentatifs des vents habituels.

Ainsi, la zone d'étude a été exposée à un régime peu favorable à la dispersion des polluants à cause d'une ventilation peu régulière.

En revanche, les températures ont été représentatives des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour la période de mesure.

1.3.5 Calcul des émissions polluantes

Le calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique est réalisé à partir du logiciel TREFIC™ distribué par Aria Technologies. Cet outil de calcul intègre la méthodologie COPERT IV issue de la recherche européenne (European Environment Agency) qui remplace sa précédente version COPERT III (intégrée dans l'outil ADEME-IMPACT fourni par l'ADEME).

La méthodologie COPERT IV est basée sur l'utilisation de facteurs d'émission qui traduisent en émissions et consommation l'activité automobile à partir de données qualitatives (vitesse de circulation, type de véhicule, durée du parcours...).

La méthode intègre plusieurs types d'émissions:

- les émissions à chaud produites lorsque les « organes » du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement. Elles dépendent directement de la vitesse du véhicule ;
- les émissions à froid produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les « organes » du véhicule (moteur et dispositif de traitement des gaz d'échappement), sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. Elles sont calculées comme des surémissions par rapport aux émissions « attendues » si tous les organes du véhicule avaient atteint leur température de fonctionnement (les émissions à chaud) ;
- les surémissions liées à la pente, pour les poids-lourds ;
- les surémissions liées à la charge des poids-lourds.

Elle intègre aussi :

- les corrections pour traduire les surémissions pour des véhicules anciens et/ou ayant un kilométrage important, et ce pour les véhicules essences catalysés ;
- les corrections liées aux améliorations des carburants.

Le logiciel TREFIC intègre également la remise en suspension des particules sur la base d'équations provenant de l'EPA et en y associant le nombre de jours de pluie annuel sur le site étudié.

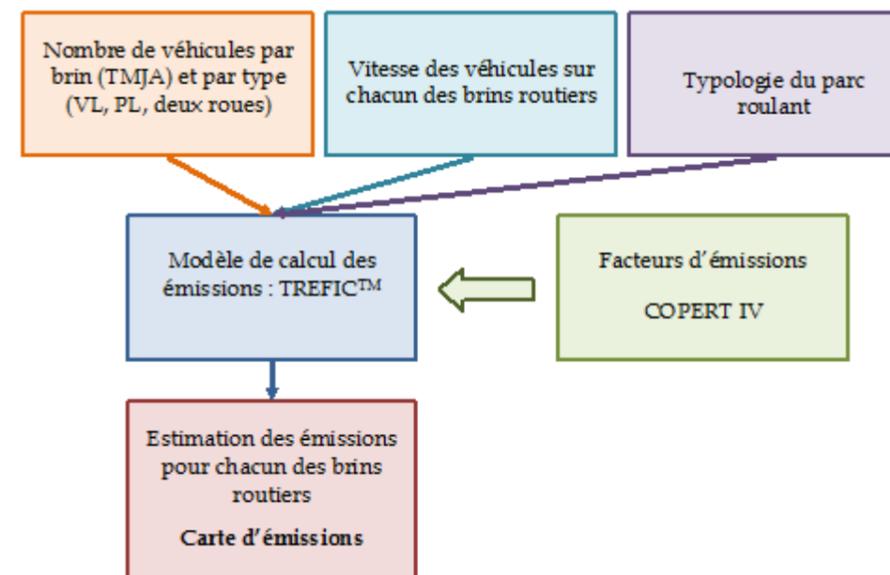


Figure 13 : méthodologie de calcul des émissions du trafic routier

1.3.6 Modélisation de la dispersion atmosphérique

1.3.6.1 Présentation générale du modèle utilisé

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel ARIA IMPACT 1.8. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions de plusieurs sources linéiques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. ARIA IMPACT ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants tels que l'ozone. En revanche, le logiciel prend en compte la conversion NO/NO₂ pour le trafic routier selon l'équation de Middelton.

1.3.6.2 Mise en œuvre des simulations

Les simulations mises en œuvre ont considéré :

- Le relief de façon simplifié (terrain plat)
- Les vents calmes,
- Un modèle de dispersion de Pasquill (modèle standard),
- Un dépôt sec sur le sol et une vitesse de chute due à la gravité des polluants pouvant s'assimiler à des particules. La vitesse de chute est calculée avec pour hypothèse un diamètre des particules de 10 microns pour les poussières (PM10). Cette hypothèse a tendance à sous-estimer très légèrement les concentrations des particules dans l'air, notamment dans le cas de particules émises par le trafic automobile (particules de diamètre inférieure à 2,5µm).

Conformément à la note méthodologique annexée à la circulaire de février 2005 sur la prise en compte des effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine des projets d'infrastructures routières, les polluants pour lesquels on peut envisager d'effectuer une modélisation de la dispersion sont :

- Les oxydes d'azote (NOx) dont le NO₂,
- Le monoxyde de carbone (CO),

- Le benzène (C₆H₆),
- Les particules émises à l'échappement (PM10),
- Le dioxyde de soufre (SO₂).

Il s'agit des principaux polluants faisant l'objet d'une réglementation stricte en matière de qualité de l'air.

1.3.7 Indice IPP

Le croisement des données de population et de concentration permet de fournir un indicateur « d'exposition » de la population. En effet, il est important, du point de vue de l'impact sur la santé, de connaître les zones critiques caractérisées par des concentrations de polluant élevées et une population dense.

L'indice global d'exposition de la population à la pollution (ou IPP cumulé sur l'ensemble de la zone d'étude), représente la somme des expositions individuelles (ou par maille) des personnes soumises à la pollution d'origine routière :

$$IPP = \sum (\text{Population} \times \text{Concentration})$$

Les IPP par maille les plus forts correspondent :

- soit aux zones où la densité de population est la plus élevée,
- soit aux zones où les concentrations calculées sont les plus élevées,
- soit aux deux.

1.3.7.1 Objet de l'IPP

L'indicateur IPP permet la comparaison entre le scénario avec projet et l'état de référence par un critère basé non seulement sur les émissions mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

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

Jusqu'en 2005, les polluants traceurs de la pollution utilisés dans le calcul de l'IPP étaient les oxydes d'azotes (NO_x). Depuis 2005, c'est le benzène qui est désormais retenu pour son caractère prioritaire établi par le Plan National Santé Environnement. Le benzène est classé par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) parmi les « cancérigènes pour l'homme ». Sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est reconnue.

Dans le cadre de la présente étude, l'IPP sera calculé à partir **du benzène** conformément au guide méthodologique de février 2005.

1.3.7.2 Estimation de la population

La commune de Marseille est découpée en plusieurs IRIS selon la base INSEE. L'IRIS est un découpage à l'échelle d'un quartier. Il s'agit d'un maillage plus fin en termes de recensement de population fourni par l'INSEE, de puis la nouvelle méthode de réactualisation annuelle du recensement de la population mis en place en 2006, par l'INSEE.

La densité de population a été calculée pour chaque IRIS touchant la zone d'étude en fonction de la surface de chaque quartier et de la population totale indiquée par l'INSEE.

Chaque zonage est ensuite décomposé en maille de 75m de côté maillage issu de la modélisation de la dispersion) de densité moyenne annuelle issues des modélisations précédentes.

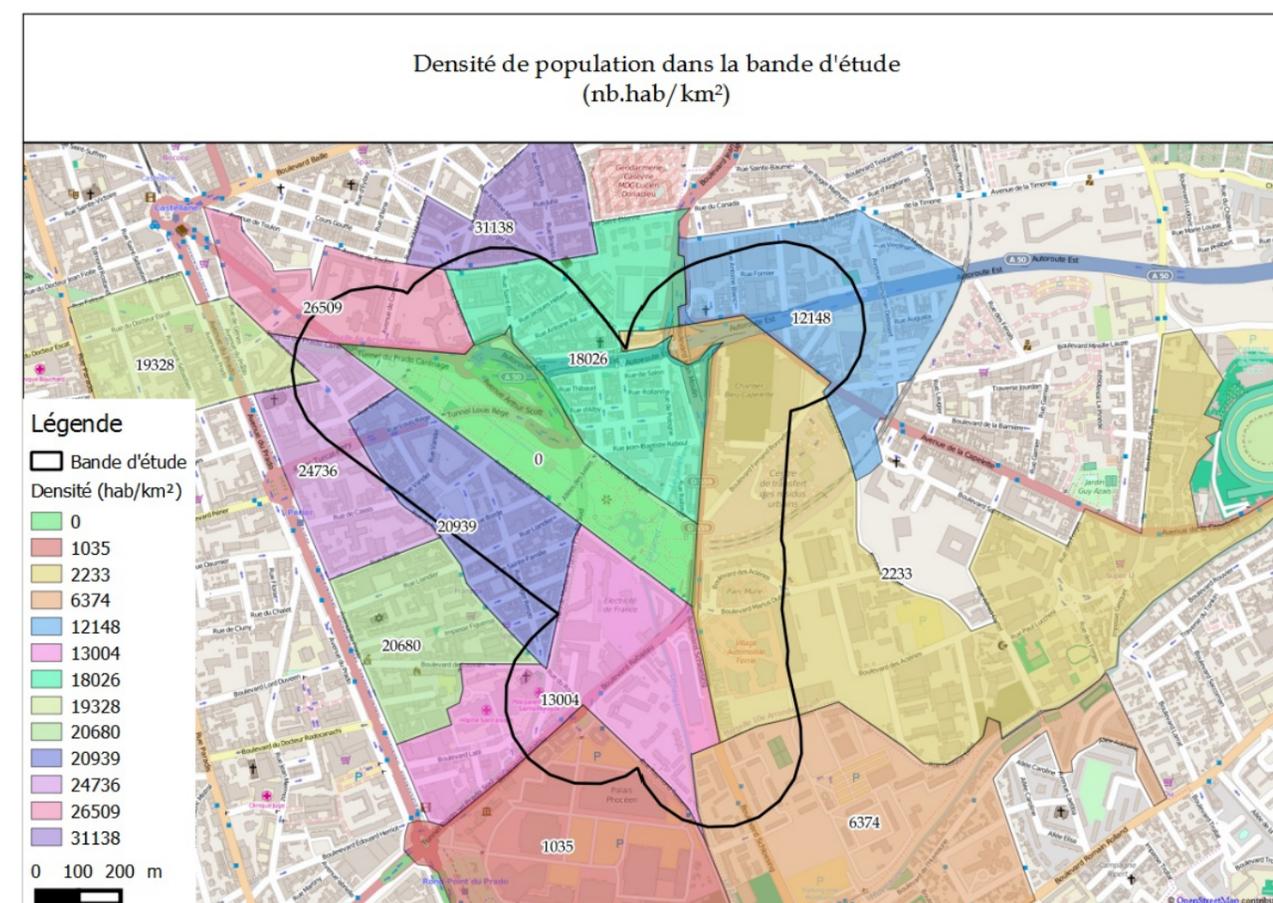


Figure 14 : densité de la population dans la bande d'étude

1.3.8 Evaluation quantitative des risques sanitaires

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

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

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

4. Caractérisation des risques qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées. Par ailleurs, cette étape reprend des incertitudes évaluées à chacune des étapes.

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

Dans le cadre d'une étude de niveau I, l'ensemble de la bande d'étude a fait l'objet d'une évaluation des risques sanitaires. Le schéma global d'exposition permet de mieux appréhender la problématique d'exposition de la population, et notamment d'appréhender les voies d'exposition potentielles de la population à la pollution atmosphérique.

Outre l'exposition directe de la population par l'inhalation, on note que les transferts des polluants dans les autres compartiments environnementaux que sont l'eau, les sols et la végétation constituent autant de voies d'exposition indirectes supplémentaires pour la population, notamment à travers son alimentation. Toutefois, en raison du caractère très urbanisé de la zone d'étude et de l'absence d'agriculture ou tout autre parcelle susceptible de produire des denrées alimentaires, l'exposition des individus aux polluants par la voie ingestion a été jugée non pertinente et n'a pas fait l'objet d'une étude en plus de la voie inhalation.

L'absorption cutanée des polluants rejetés par les véhicules automobiles n'est pas retenue comme voie d'exposition à étudier dans la circulaire du 25 février 2005. En effet le transfert par ce biais est d'une part négligeable compte-tenu de la surface de contact de la peau par rapport à celle des poumons et d'autre part, l'absence de VTR ne permet pas la construction d'un scénario dose/réponse.

1.3.8.2 Identification des dangers par inhalation et choix des valeurs toxicologiques de références (Etape 1 et 2)

1.3.8.2.1 Définition : toxicité, exposition et effet

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

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

L'évaluation des dangers des substances chimiques (ou identification des dangers) consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets peuvent être de différents types : systémiques généraux, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques. Cette évaluation peut mettre en évidence le fait que plusieurs substances considérées ont des effets communs sur le même organe cible, induits par le même mécanisme d'action. Dans ce cas, lors de la quantification du risque, le cumul des effets doit être envisagé. Aussi, dans le cadre des évaluations des risques, on distingue deux classes de substances :

- les substances "**à effets à seuil de dose**" qui provoquent, au-delà d'une certaine dose absorbée, des dommages dont la gravité augmente avec cette dose. Ce sont les substances non

cancérigènes ou cancérigènes non génotoxiques. Ces substances agissent proportionnellement à la dose reçue.

- les substances "**à effets sans seuil de dose**" pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose absorbée avec une probabilité de survenue augmentant avec cette dose. Ce sont les substances cancérigènes génotoxiques.

Ainsi, on traitera :

- l'exposition aiguë,
- l'exposition chronique par inhalation de polluants non cancérigènes,
- l'exposition chronique par inhalation de polluants cancérigènes.

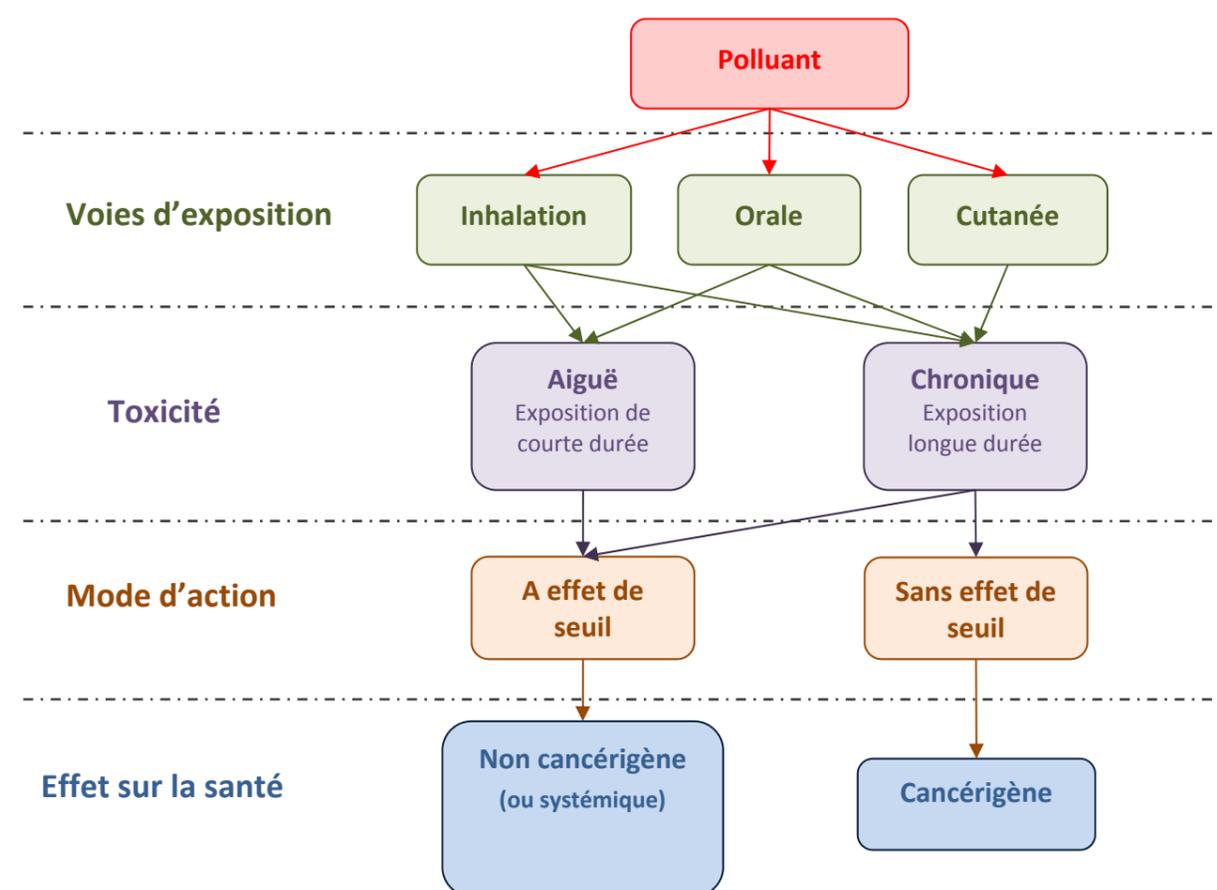


Figure 15 : Évaluation du danger d'un polluant

✓ Substance à risque aigu

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

valeur correspond à la valeur maximale pouvant apparaître sur le site étudié dans des conditions de dispersion défavorable.

✓ Substance à effet non cancérigène

Une substance à effet non cancérigène (ou systémique) agit proportionnellement à la dose reçue. Ses effets sont généralement réversibles et une diminution de sa concentration dans l'organisme entraîne la disparition des symptômes. En-dessous d'une certaine dose limite, appelée seuil de dose, la substance est jugée sans risque notoire pour la santé. Concernant les risques par inhalation, ce seuil de dose est appelé Concentration Admissible dans l'Air et s'exprime en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

✓ Substances à effet cancérigène

A l'inverse, une substance à effet cancérigène est susceptible d'entraîner des tumeurs malignes dégénérant en cancer dès l'absorption par l'organisme d'une molécule de cette substance (effets sans seuil). Les effets cancérigènes ne sont pas réversibles et les risques s'expriment en probabilité de survenue d'un cancer sachant que le risque n'est jamais nul. Toutefois, en dessous d'une probabilité de survenue d'un cancer de 10^{-5} , soit 1 cas sur 100 000, les risques peuvent être considérés comme acceptables. Cette probabilité de 10^{-5} est souvent admise comme seuil d'intervention, notamment dans le cadre de la dépollution des sols, et est également utilisée par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air. Nous utiliserons donc ce seuil d'acceptabilité de 10^{-5} pour caractériser les risques cancérigènes. Concernant les risques par inhalation, l'Excès de Risque Unitaire correspond à la probabilité de survenue de cancer avec une concentration dans l'air pour un $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de l'espèce considérée.

1.3.8.2 Choix des substances

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

Figure 16 : effets des substances étudiées

Catégories de polluants	Substances	Exposition aigue	Exposition chronique par inhalation effets cancérigènes	Exposition chronique par inhalation effets non cancérigènes
Oxydes d'azote	NO ₂	X		X
Oxydes de soufre	SO ₂	X		
Composés Organiques Volatils	Benzène	X	X	X
	Acroléine	X		X
	Formaldéhyde		X	X
	1,3-butadiène		X	X
	Acétaldéhyde		X	X
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Benzo(a)pyrène		X	
Polluants particulaires dont métaux lourds	Particules diesel		X	X
	Nickel		X	X

	Cadmium		X	X
	Arsenic		X	
	Plomb			X
	Chrome		X	
	Mercure*	* la prise en compte du baryum et du mercure n'est recommandée que pour l'analyse des risques par ingestion, dans le cas de présence de zones maraichères, arboricoles et autres potagers privés.		
	Baryum*			

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

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

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

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

1.3.8.2.3 Méthodologie de sélection des VTR (valeur toxicologique de référence)

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

Ainsi, les différentes VTR ont été recherchées parmi les bases de données de l'OMS, l'IPCS, l'US EPA, l'ATSDR, l'OEHHA, Health Canada ou encore de RIVM.

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

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

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

Chaque instance possède sa propre méthode de caractérisation des VTR et sa propre dénomination de ces dernières. Les tableaux suivants fournissent les dénominations des VTR spécifiques à chaque organisme, ainsi que dans le cas des VTR « sans seuil », le calcul à effectuer pour déduire l'ERU (excès de risque de cancer pour une exposition chronique à une concentration de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cependant, les VTR ont également été mises à jour en fonction des recommandations de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Figure 17 : Nature et dénomination des VTR à seuil selon les différentes instances

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR
EPA	RfC ou NAAQS	µg/m ³	Reference Concentration ou National Ambient Air Quality Standard
ATSDR	MRL		Minimal Risk Level
OMS/IPCS	Valeur guide		-
Santé Canada	TC		Tolerable Concentration
RIVM	TCA		Tolerable Concentration Air
OEHHA	REL		Reference Exposure Level

Figure 18 : Nature et dénomination des VTR sans seuil selon les différentes instances

Nom de la base	Abréviation de la VTR	Unité	Signification de la VTR	Déduction de l'ERU en (µg/m ³) ⁻¹
EPA	RSC	µg/m ³	Risk Specific Concentration => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 100 000 (10 ⁻⁵)	ERU = 10 ⁻⁵ / RSC
OMS/IPCS	ERU	(µg/m ³) ⁻¹	Excès de Risque Unitaire	-
RIVM	CR	µg/m ³	Cancer Risk => concentration correspondant à un risque de cancer de 1 sur 10 000 (10 ⁻⁴)	ERU = 10 ⁻⁴ / CR
OEHHA	UR	(µg/m ³) ⁻¹	Unit Risk => Excès de risque de cancer pour une exposition chronique de 1 µg/m ³	ERU = UR

1.3.8.2.4 Synthèse des dangers et des VTR sélectionnées par voie respiratoire

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

- exposition aiguë,
- exposition chronique non cancérigène,
- exposition chronique cancérigène.

Figure 19 : VTR aiguës des substances par inhalation

Substance	Source	Valeur en µg/m ³	Organe cible / Effet critique	Année	Facteur d'incertitude	Type d'étude
Acroléine	ATSDR	0,114	Irritation oculaire	1990	100	-
NO ₂	OMS	200	Poumons	2003	2	hommes
SO ₂	ATSDR	30	Système respiratoire	1998	9	hommes
Benzène	ANSES	30	Système immunologique	2008	300	souris

Figure 20 : VTR chroniques des substances non cancérigènes pour une exposition par inhalation

Substance	Source	Valeur en µg/m ³	Organe cible / Effet critique	Année	Facteur d'incertitude	Type d'étude
Acroléine	EPA	0,02	Lésions nasales	2003	1000	rats
NO ₂ (1)	ANSES	20	Système respiratoire	2013	-	-
Benzène	ANSES	30	Système immunologique	2008	300	Homme
Particules Diesel	EPA	5	Système respiratoire	2003	30	rats
Formaldéhyde	ANSES	123	Nez	2017	30	Homme
1-3Butadiène	EPA	2	Atrophie ovarienne	2002	1000	souris
Acétaldéhyde	EPA	9	Epithélium nasal	1991	1000	rats
Nickel	TCEQ	0,23	Système respiratoire	2011	30	rats
Cadmium	ANSES	0,45	Reins	2017	9	Homme
Plomb	OMS	0,5	Système neurologique et hématologique	1999	10 000	Homme
PM ₁₀ (1)	OMS	20	Système cardiovasculaire	2000		Homme
PM _{2.5} (1)	OMS	10	Système cardiovasculaire	2000		Homme

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

Figure 21 : VTR chroniques des substances cancérigènes pour une exposition par inhalation

Substance	Source	Valeur en (µg/m ³) ⁻¹	Organe cible / Effet critique	Année	Type d'étude
Benzène	ANSES	0,000026	Leucémie	2013	Homme
Particules Diesel	OMS	3,4.10 ⁻⁵	Poumons	1996	rats
Chrome	IPCS	0,006	Poumons	2013	Homme
Formaldéhyde	EPA	1,3.10 ⁻⁵	Epithélium nasal	1989	rats
1,3-Butadiène	EPA	3,3.10 ⁻⁵	Sang	2002	Homme
Acétaldéhyde	EPA	2,7.10 ⁻⁶	Epithélium nasal	1998	rats
Nickel	TCEQ	0,00017	Poumons	2011	Homme
Cadmium	EPA	1,8.10 ⁻³	Poumons	1987	Homme
Benzo(a)pyrène	OEHHA	0,0011	Poumons	2008	Homme
As	TCEQ	0,00015	Poumons	2012	Homme

1.3.8.3 Evaluation de l'exposition de la population (Etape 3)

1.3.8.3.1 Matériel et méthode

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

$$CMI = \left(\sum_i C_i \times T_i \right) \times F \times \left(\frac{DE}{T_m} \right)$$

Avec :

CMI : Concentration moyenne inhalée (µg/m³)

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

T_i : Taux d'exposition à la concentration C_i pendant une journée (-)

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

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

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

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

Le paramètre C_i (concentration en polluant dans l'air) de l'équation ci-avant est issu de la somme des concentrations modélisées et de la concentration de fond de la zone.

1.3.8.3.2 Scénario d'exposition

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

Les valeurs paramétriques choisies pour l'application de l'équation présentée ci-avant sont données ci-dessous :

↪ Taux d'exposition (T_i)

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

↪ Fréquence d'exposition (F)

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

↪ Durée d'exposition (DE)

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

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

Synthèse des scénarios sélectionnés par typologie de risque d'exposition :

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

$$CMI = C_{i_{P100}}$$

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

$$CMI = C_{i_{MA}} \times 0,92$$

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

$$CMI = \frac{C_{i_{MA}} \times 0,92 \times 30}{70} = C_{i_{MA}} \times 0,394$$

1.3.8.3.3 Valeurs de pollution de fond

Conformément à la circulaire du 25 février 2005, la pollution de fond à laquelle est exposée la population doit être estimée à partir des mesures issues des réseaux de surveillance de la qualité de l'air, et plus particulièrement par des stations de fond. Ces concentrations de fond sont ajoutées aux concentrations modélisées afin de caractériser l'exposition réelle des riverains. Les concentrations de fond proviennent des résultats d'une étude d'AirPACA réalisée en 2007 sur Cabriès.

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

Polluants	Concentrations	Polluants	Concentrations
NO ₂	16 µg/m ³	Arsenic	0,4 ng/m ³
PM10	24 µg/m ³	Cadmium	0,05 ng/m ³
PM2.5	20 µg/m ³	Nickel	3,5 ng/m ³
Benzène	1,2 µg/m ³	Chrome	5,2 ng/m ³
Monoxyde de carbone	300 µg/m ³	Plomb	3,1 ng/m ³
Dioxyde de soufre	3 µg/m ³	formaldéhyde	5,3 µg/m ³
acétaldéhyde	3,2 µg/m ³	Acroléine	< 0,5 µg/m ³
1-3 Butadiène	0,7 µg/m ³	Benzo(a)pyrène	0,32 ng/m ³

source Atmo Paca : État initial de la qualité de l'air 2007 commune de Cabriès

1.3.8.4 Caractérisation des risques par inhalation (Etape 4)

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

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

1.3.8.4.1 Effets systémiques

Les polluants non cancérigènes répondent à un seuil de toxicité en dessous duquel on considère qu'il y a absence de risque sanitaire et au-dessus duquel on considère qu'il y a présence d'un risque sanitaire.

Pour évaluer la présence ou non d'un risque sanitaire, on calcule un Ratio de Danger selon la formule suivante :

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

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

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

Pour les polluants ayant un impact sanitaire identique (même organe cible), il est possible de sommer les ratios de danger pour évaluer l'impact sur la santé liée à la co-exposition à plusieurs toxiques. Ainsi, les ratios de danger du nickel, du NO₂ et des PM10 seront somméés pour l'évaluation des risques d'atteinte de la fonction respiratoire, et l'acroléine, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde pour les risques d'atteinte de l'épithélium nasal. Les particules PM10 et PM2.5 ont un impact sur les fonctions cardiovasculaire. Il a été choisi de réaliser un calcul de ratio de danger sur la base des valeurs guides de l'OMS. Le calcul présenté a été réalisé en sélectionnant non pas la somme des deux ratios de danger mais le plus important des deux. En effet, il n'existe pas d'étude montrant une additivité des risques pour ces deux classes de particule touchant les mêmes organes cibles.

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

1.3.8.4.2 Effets sans seuil (ou cancérogènes)

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

$$ERI = CMI \times ERU$$

Pour évaluer le risque de cancer global lié à l'exposition simultanée à plusieurs toxiques, il sera calculé l'Excès de Risque Global dans chaque maille, en sommant les ERI calculés pour chaque polluant :

$$ERG = \sum ERI$$

L'impact du projet pourra alors être évalué en calculant la différence de l'Excès de Risque Global entre le scénario « Référence 2035 » et « Projet 2037 » :

$$ERG_{impactproj} = ERG_{2037\ projet} - ERG_{2037\ référence}$$

1.3.9 Analyses et incertitudes

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

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

1.3.9.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques

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

La présente ERS a porté sur 16 substances recommandées par le groupe d'experts pilotés par l'InVS. D'après le rapport "Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières", réalisé par ce groupe de travail [InVS, 2004], d'autres substances sont émises par les infrastructures routières. La non- prise en compte de ces polluants dans la présente ERS constitue une sous-estimation des risques calculés. Cependant, le groupe d'experts a réalisé sa sélection de polluants en calculant pour chaque substance, un score associant les émissions (facteur d'émission) et la toxicité (VTR) de la substance, et en classant dans un 2^{ème} temps, tous les scores obtenus, de façon à hiérarchiser les polluants par ordre de dangerosité intrinsèque décroissante. Par conséquent, les substances toxiques étudiées dans la présente ERS sont a priori les plus pertinentes pour l'estimation des expositions et/ou des risques potentiels liés au trafic.

Dans la présente étude, une addition des QD des substances pouvant entraîner des effets respiratoires a été réalisée, et ce, de façon à tenir compte de l'additivité potentielle des substances entraînant des effets identiques suivant le même mécanisme d'action. Cependant, les risques sanitaires liés aux mélanges de composés chimiques n'ont pas réellement été pris en compte dans l'ERS ; ceci constitue une sous-estimation des risques déterminés. Comme le rappelle l'INERIS dans le rapport "Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques" [INERIS, 2006], la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France, fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'INERIS, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques actuelles menées dans les études d'impact des installations classées. D'autre part, les outils actuellement disponibles pour permettre de quantifier les risques pour la santé liés aux mélanges sont encore très limités.

La voie d'exposition par contact cutané n'a pas été étudiée dans le cadre de cette ERS : ceci est à l'origine d'une sous-estimation des risques déterminés. Compte tenu du manque actuel de connaissances sur l'estimation des risques liés à cette voie d'exposition (en particulier l'absence de VTR

et les incertitudes associées à la transposition de VTR orales ou respiratoires pour construire des VTR pour la voie cutanée comme le rappelle la Circulaire n°DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006), l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air est difficile à prendre en compte.

1.3.9.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques

Dans notre étude, en l'absence de données de budget espace-(activités)-temps disponibles localement et de données sur les concentrations d'exposition correspondant aux temps passés en dehors du domicile ou du lieu de travail, nous avons ramené par défaut la valeur de la fraction T_i (correspondant au temps passé à la concentration C_i) à 1. Pour déterminer une valeur plus « réaliste » de T_i , il faudrait mener une enquête localement pour déterminer le temps passé en dehors de la zone d'étude. Ce travail a été réalisé dans une étude française et a montré que dans le cas de cette étude en particulier, les résultats de l'ERS pouvaient alors être minorés de 30% par rapport à une hypothèse « 100% du temps passé au domicile » [Boudet, 1999].

Dans le cadre de cette étude, l'exposition aiguë des populations aux polluants rejetés par les axes routiers a été considérée. Elle correspond à une exposition à des pics de concentrations de courte durée (généralement de quelques heures). Nous avons supposé pour ce type d'exposition que la fréquence d'exposition était égale à 1. Or, il est possible que des individus soient absents de la bande d'étude durant ces pics de concentration.

Pour le calcul des QD aigus liés aux émissions des axes routiers, ce sont les percentiles 100 (horaires ou journaliers) qui ont été considérés. Or, comme cela a été indiqué précédemment, il s'agit de la valeur maximale rencontrée pendant une heure (ou une journée) : la probabilité d'apparition de ces valeurs est donc faible.

Pour les situations SANS projet 2042 et AVEC projet 2042, les niveaux de pollution de fond pris en compte dans la modélisation de la dispersion pour estimer les risques cumulés sont les mêmes niveaux que ceux pris pour l'état actuel 2017. Or, il est probable que dans une dizaine d'années, les concentrations en polluants dans l'air soient inférieures à celles observées aujourd'hui. En effet, d'après l'instruction-cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport, les émissions polluantes devraient globalement diminuer de 5,5% par an sur la période 2000 - 2020 pour les véhicules légers, et de 6,5% pour les poids lourds, les bus et les cars.

1.3.9.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu

L'établissement de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), pour la population entière et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit un grand nombre d'incertitudes qu'il est difficile de quantifier. Dans cette évaluation des risques, nous avons appliqué les recommandations du groupe d'experts piloté par l'InVS pour le choix des VTR à retenir pour la quantification des risques (sauf pour le choix de la VTR associée à des expositions respiratoires chroniques à l'acroléine). Cependant, il faut noter que pour certains polluants, le groupe d'experts recommande de prendre en compte une valeur guide. Or, aucune quantification des risques sanitaires n'est possible avec une telle valeur (qui est construite à partir de

différents critères : toxicité, faisabilité du respect de la valeur, etc.), seule une comparaison avec le niveau d'exposition peut être réalisée (cas de l'exposition chronique pour les effets à seuil de dose au NO₂, au cadmium et au plomb).

Concernant les données humaines d'exposition, nous avons privilégié, quand cela était possible, les données les plus adaptées au contexte d'étude (données en population française, récentes, etc.). Cependant, l'utilisation de données d'exposition mesurées sur un échantillon (par définition, limité) d'individus, ou estimées, induisent nécessairement des incertitudes par rapport aux données d'exposition réelles. Ces incertitudes portent notamment sur la fréquence d'exposition F , le taux d'exposition T_i , la durée d'exposition DE , les rations alimentaires et les taux d'autoconsommation.

Dans la présente ERS, il a été considéré que les concentrations atmosphériques en polluants à l'intérieur des bâtiments étaient identiques aux concentrations à l'extérieur des locaux et issues soit de la modélisation de la dispersion, soit des campagnes de mesures. Ceci constitue également une incertitude sur les risques déterminés.

Pour estimer l'impact du projet, une étude de dispersion, basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants, a été réalisée. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, pollution de fond, etc.).

Les risques cumulés qui ont été calculés correspondent à des valeurs indicatrices, car ils ont été déterminés à partir de résultats de modélisation de la dispersion disponibles auxquels a été ajouté un niveau de fond « global »

1.3.10 Analyse des coûts collectifs

Les émissions de polluants atmosphériques issus du trafic routier sont à l'origine d'effets variés : effets sanitaires, impact sur les bâtiments, atteintes à la végétation et réchauffement climatique.

L'instruction du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boîteux II ». Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes mais elles concernent notamment 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, rural), une valeur de l'impact, principalement sanitaire, de la pollution atmosphérique.

Cette instruction est annulée et remplacée par celle du 16 juin 2014 qui présente le cadre général de l'évaluation des projets de transports, en application des dispositions des articles L.1511-1 à L.1511-6 du code des transports et du décret n°84-617 du 17 juillet 1984. La note technique du 27 juin 2014 présente entre autre, la méthodologie à appliquer pour la monétarisation des émissions liées directement ou indirectement au trafic routier en s'appuyant sur :

- l'«évaluation socioéconomique des investissements publics» de septembre 2013 du commissariat à la stratégie et à la prospective (mission présidée par Emile Quinet) ;
- « la valeur tutélaire du carbone » de septembre 2009 du centre d'analyse stratégique (mission présidée par Alain Quinet).

Deux externalités sont étudiées :

- la pollution atmosphérique afin d'intégrer les effets sur la santé, le bâti et la végétation ;
- les émissions de gaz à effet de serre pour évaluer le coût du réchauffement climatique.

1.3.10.1 La pollution atmosphérique

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'analyse de quatre polluants ou famille de polluants : le SO₂, les NO_x, les PM_{2.5} et les COVNM. Les impacts suivants sont considérés dans la monétarisation :

- Particules (PM_{2.5}) : effets sanitaires (mortalité et morbidité) ;
- NO_x : effets sur la santé (via nitrates et O₃), eutrophisation des milieux et effet fertilisation des sols agricoles (via nitrates), pertes de cultures (via O₃) ;
- SO₂ : santé (via sulfates), acidification des milieux, pertes de cultures ;
- COVNM : effets sanitaires (via O₃), pertes de cultures (via O₃).

Les valeurs tutélaire par type de véhicules sont calculées à partir de la somme des coûts en €/véh.km de chaque polluant. Chaque coût (défini par polluant) correspond au produit du facteur d'émission (en g/km) par le coût marginal (en €/g) des impacts sanitaires et environnementaux des émissions du polluant considéré (équation suivante **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

$$\text{Valeur Tutélaire}_v = \sum_p^n (F_{vp} * C_p)$$

Avec :

v : type de véhicule

p : polluant considéré

F_{vp} : facteur d'émission d'un type de véhicule v pour le polluant p (en g/km)

C_p : coût marginal du polluant p (en €/g)

Valeur tutélaire _{v} : valeur tutélaire du type de véhicule p (en €/km)

Les effets sanitaires étant intrinsèquement liés à la présence ou non de population, les valeurs tutélaire sont ensuite modulées en fonction de la densité. Le tableau ci-dessous reprend les facteurs associés et les densités de population considérées.

Figure 22 : facteurs multiplicatifs de densité de population pour le calcul des coûts sanitaire lorsque l'infrastructure passe d'une zone à l'autre

Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
*10	*3	*3	*3

Figure 23 : densité de population des zones traversées par l'infrastructure

hab/km ²	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette	< 37	37-450	450-1 500	1500 -4 500	> 4500

Afin d'intégrer la variabilité des émissions en fonction de la vitesse de circulation, les facteurs d'émission de chaque polluant sont pondérés par un coefficient dépendant des classes de densité précédemment décrites. Il est en effet considéré que la vitesse décroît en fonction de l'augmentation de l'urbanisation (et donc de la densité de population). Le tableau suivant reprend les différents coefficients. Ces ajustements sont basés sur les facteurs d'émission COPERT IV.

Figure 24 : coefficients de vitesse pour le calcul des facteurs d'émissions lorsque l'infrastructure passe d'une zone à une autre

	Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
VL NO _x	/1,5	/1,3	*1	*1,5
VL PM _{2.5}	/1,5	/1,7	*1	*1,3
PL NO _x	*1,1	*1,2	*1	*1,6
PL PM _{2.5}	*1	*1,2	*1	*2

NB : les facteurs des VP sont également appliqués aux deux roues et VUL ; de même, les facteurs PL sont appliqués aux bus également.

Les valeurs tutélaire sont estimées en euro 2010 sur la base d'un parc roulant de 2010. La variation annuelle des valeurs tutélaire au-delà de 2010 correspond la somme des pourcentages de variation des émissions routières et du PIB par habitant.

La note méthodologique conseille d'utiliser comme taux d'évolution pour les émissions routière :

- -6% par an de 2010 à 2020 estimé sur la base des facteurs d'émission COPERT IV ;
- à partir de 2020 et sur la période de référence de la future directive sur les plafonds nationaux, la variation est calculée sur la base des nouveaux plafonds d'émissions réglementaires pour la France ;
- au-delà de la période de la future directive, les émissions sont considérées comme constantes.

En l'absence de la directive sur les plafonds d'émission et afin d'être cohérent avec la réalité des émissions automobiles, la baisse des émissions est estimée pour la période de 2020 à 2030 selon le même procédé que de 2010 à 2020, soit sur la base des facteurs d'émissions (COPERT IV) et du parc automobile français disponibles jusqu'en 2030 (parc IFFSTAR). Cette méthodologie aboutie à une baisse annuelle similaire, soit 6 %. A partir de 2030, les émissions sont considérées comme constantes ce qui constitue une hypothèse majorante mais conforme à la note méthodologique.

Concernant la variation du PIB par habitant, il est estimé sur la base :

- des projections INSEE de la population française jusqu'en 2060 ;
- d'un PIB variant jusqu'en 2030 selon l'évolution du PIB de ces 15 dernières années ;
- d'un PIB croissant au-delà de 2030 au taux de 1,5% (hypothèse courante en socio-économie).

1.3.10.2 Les émissions de gaz à effet de serre

Le coût des émissions de gaz à effet de serre (exprimé en équivalent CO₂) est issu d'un arbitrage cherchant à concilier des enjeux environnementaux, énergétiques et économiques. Divers modèles macroéconomiques ont été utilisés et ont abouti à une forte volatilité du coût de la tonne de CO₂. Le choix s'est donc orienté vers un prix à l'horizon 2030 de 100 € la tonne de CO₂, correspondant à la moyenne des valeurs obtenues par les modèles et jugé raisonnable dans une perspective volontariste par les experts de la mission (« la valeur tutélaire du carbone », mission présidée par Alain Quinet). Les évolutions sont ensuite basées sur une approche plus théorique que les modèles précédemment utilisés. Pour les évolutions post-2030, la règle de Hotling ajustée est utilisée. Cette règle issue de l'économie de l'environnement considère que le changement climatique peut être ramené aux règles de gestion dans le temps d'une ressource rare. Les engagements français en termes de plafond d'émission constituent la réserve de CO₂ et un taux de 4,5 % par an est retenu. Concernant les évolutions avant 2030, il a été choisi d'utiliser le coût de la tonne CO₂ déjà estimée lors du rapport Boiteux II pour l'année 2010 soit 32€ et de la faire varier jusqu'à 2030 pour atteindre la valeur pivot des 100 € (soit environ 5,8 %).

1.3.10.3 Valeurs tutélares

1.3.10.3.1 Coûts liés à la qualité de l'air

Le tableau suivant présente les valeurs tutélares liées aux émissions polluantes du transport routier.

Figure 25 : valeurs tutélares (€/100 véh.km) déclinées par type de véhicule

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

Les valeurs tutélares, faisant une distinction entre la motorisation des VP et VUL (essence, diesel ou GPL), ont été pondérées en fonction de la répartition du parc roulant des années étudiées et de la typologie du parc (urbain, rural ou autoroutier).

Les données sont regroupées dans le tableau suivant :

Figure 26 : répartition du type de motorisation en fonction de l'année et de la typologie de l'axe routier

Parc	Urbain		Rural		Autoroutier	
	2017	2042	2017	2042	2017	2042
VP essence	22,7%	15,7%	19,0%	14,7%	17,6%	11,8%
VP diesel	77,1%	83,9%	80,8%	84,9%	82,2%	87,8%
VP GPL	0,2%	0,4%	0,2%	0,4%	0,2%	0,3%
VUL essence	0,4%	0,1%	0,4%	0,1%	0,6%	0,1%
VUL diesel	99,5%	99,8%	99,5%	99,7%	99,3%	99,7%

Les valeurs sont recalculées et présentées dans le tableau suivant pour les VP et VUL.

Figure 27 : valeurs tutélaires (en €₂₀₁₀/100 véh.km) déclinées par type de véhicule par année et par typologie de voie

Catégorie	Année	Typologie	Urbain Très dense (€/100 véh.km)	Urbain dense (€/100 véh.km)	Urbain (€/100 véh.km)	Urbain diffus (€/100 véh.km)	Interurbain (€/100 véh.km)
VP	2017	Urbain	16,8	4,5	1,8	1,3	1,0
		Rural	17,3	4,7	1,9	1,4	1,0
		Autoroutier	17,6	4,8	1,9	1,4	1,0
	2042	Urbain	17,8	4,8	1,9	1,4	1,0
		Rural	18,0	4,9	2,0	1,4	1,0
		Autoroutier	17,6	4,8	1,9	1,4	1,0
VUL	2017	Urbain	33,6	9,1	3,5	2,5	1,6
		Rural	33,6	9,1	3,5	2,5	1,6
		Autoroutier	33,5	9,1	3,5	2,5	1,6
	2042	Urbain	33,6	9,1	3,5	2,5	1,6
		Rural	33,6	9,1	3,5	2,5	1,6
		Autoroutier	33,6	9,1	3,5	2,5	1,6

Les valeurs tutélaires pour les horizons 2017 et 2042 sont modulées en fonction des variations annuelles du PIB par habitant et des émissions récapitulées dans le tableau suivant :

Figure 28 : variation annuelle du PIB par tête et des émissions pour chaque horizon d'étude

	2017	2042
Pourcentage annuel d'évolution des émissions depuis 2010	-6,00%	-3,79%
Pourcentage annuel d'évolution du PIB par tête depuis 2010	0,72%	1,03%
Pourcentage annuel d'évolution total	-5,28%	-2,77%

1.3.10.3.2 Coût unitaire lié à l'effet de serre additionnel

Les valeurs tutélaires de la note méthodologique de 2010 sont récapitulées ci-dessous :

Figure 29 : valeur tutélaires de la tonne de CO₂

	T CO2 en euro 2010
2010	32,0
2017	47,7
2042	169,6

Les émissions de CO₂ du projet sont estimées à partir des facteurs d'émissions de COPERT IV.

2 Analyse de la situation initiale

Ce chapitre a pour objectif de décrire la qualité de l'air de la zone d'étude à partir de données bibliographiques. Cette analyse s'appuiera sur les éléments suivants :

- la nature des principaux polluants atmosphériques réglementés et surveillés en France et en Europe,
- les valeurs seuils françaises réglementaires pour la prévention de la qualité,
- le dispositif de surveillance de la qualité de l'air dans la zone d'étude,
- les sources d'émissions principales, en PACA et dans la zone d'étude en particulier,
- les données du contexte régional basées sur le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) d'avril 2012.

Elle est complétée par les résultats des mesures *in situ* réalisées dans le cadre du projet.

2.1 Principaux polluants indicateurs de la pollution automobile

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

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

1. Les oxydes d'azote (NOx)

Les émissions d'oxydes d'azote apparaissent dans toutes les combustions utilisant des combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...), à hautes températures.

Les oxydes d'azote sont des polluants caractéristiques de la circulation routière. Le secteur des transports est en effet responsable de 53 % des émissions totales de NOx (les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence à pots catalytiques). Les transports fluviaux et maritimes français représentent quant à eux 4,2 % des émissions (CITEPA, 2008a).

Le bilan des mesures de surveillance de la qualité de l'air au niveau national montre qu'entre 2000 et 2007, dans la plupart des agglomérations, les concentrations de dioxyde d'azote mesurées par les stations urbaines ont baissé d'environ 40 %. Ces évolutions sont essentiellement à mettre en relation avec les modifications des véhicules (pots catalytiques).

Le dioxyde d'azote, selon la concentration et la durée d'exposition, peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez les personnes asthmatiques, augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants. Les oxydes d'azote sont aussi à l'origine de la formation de l'ozone, un gaz qui a des effets directs sur la santé.

2. Le monoxyde de carbone (CO)

Tous les secteurs d'activité anthropique contribuent aux émissions de CO, gaz inodore et incolore. Leur répartition est variable en fonction de l'année considérée. En 2006, les trois secteurs contribuant le plus aux émissions de la France métropolitaine sont (CITEPA, 2008a):

- le résidentiel/tertiaire (33 %),
- l'industrie manufacturière (32 %),
- le transport routier (24 %).

La diésélisation du parc automobile (un véhicule diesel émet 25 fois moins de CO qu'un véhicule à essence) et l'introduction de pots catalytiques ont contribué à une baisse des émissions de CO dans le secteur automobile (56 % des émissions totales en France en 1990 contre 24 % en 2006). Il convient toutefois de nuancer ces données du fait de l'augmentation du parc automobile et du nombre de voitures particulières non dépolluées en circulation.

Du point de vue de son action sur l'organisme, après avoir traversé la paroi alvéolaire des poumons, le monoxyde de carbone se dissout dans le sang puis se fixe sur l'hémoglobine en bloquant l'apport d'oxygène à l'organisme. Aux concentrations rencontrées dans les villes, il peut être responsable d'angines de poitrine, d'épisodes d'insuffisance cardiaque ou d'infarctus chez les personnes sensibles.

Le système nerveux central et les organes sensoriels sont souvent les premiers affectés (céphalées, asthénies, vertiges, troubles sensoriels) et ceci dans le cas d'une exposition périodique et quotidienne au CO (émis par exemple par les pots d'échappement).

3. Le benzène (C6H6)

Le benzène est un hydrocarbure faisant partie de la famille des composés organique volatils. Il fait l'objet d'une surveillance particulière car sa toxicité reconnue l'a fait classer par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) parmi les « cancérogènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë).

Les émissions totales de benzène en 2006 sont de 54 933 tonnes, soit 4,2 % des émissions totales de COVNM. Le principal émetteur de benzène est le résidentiel-tertiaire (76 %) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport routier avec 15 % (CITEPA, 2008d).

Les émissions de benzène ont baissé de près de 37 % entre 2000 et 2006, essentiellement dans le transport routier (- 54 %), le résidentiel-tertiaire (- 35 %) et dans le secteur de la transformation d'énergie (- 26 %).

Le benzène est un polluant dont la surveillance est relativement récente mais qui tend à se densifier (le réseau de mesure français est passé de 10 stations en 2000 à 42 en 2006).

Le recul est encore insuffisant pour déterminer une tendance d'évolution des niveaux de pollution. Néanmoins, on constate entre 2000 et 2006 que, globalement, les concentrations annuelles en site urbain sont restées relativement stables et qu'elles ont diminué à proximité de zones industrielles et pour les sites de mesures de type « trafic » (MEDD, 2006).

4. Les particules en suspension (PM) ou poussières

En ce qui concerne les émissions de particules en suspension de diamètre inférieur à 10 microns (poussières dites PM10), de nombreux secteurs sont émetteurs (CITEPA, 2008b), en particulier :

- l'agriculture/sylviculture (30 %), en particulier les labours,

- l'industrie manufacturière (28 %), en particulier les chantiers et le BTP ainsi que l'exploitation de carrières,
- le résidentiel/tertiaire (27 %), en particulier la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul,
- le transport routier (11 %).

Les émissions en France métropolitaine sont en baisse de 29 % entre 1990 et 2006. Cette baisse est engendrée en partie par les progrès technologiques tels que l'amélioration des techniques de dépoussiérage (CITEPA, 2008b).

Depuis 2000, et mise à part l'année 2003 aux conditions climatiques exceptionnelles, les concentrations ambiantes en PM10 sont à peu près constantes (MEDD, 2006).

En termes de risques sanitaires, la capacité de pénétration et de rétention des particules dans l'arbre respiratoire des personnes exposées dépend du diamètre aérodynamique moyen des particules. En raison de leur inertie, les particules de diamètre supérieur à 10 µm sont précipitées dans l'oropharynx et dégluties, celles de diamètre inférieur se déposent dans l'arbre respiratoire, les plus fines (<2-3 µm) atteignant les bronches secondaires, bronchioles et alvéoles.

A court terme, les particules fines provoquent des affections respiratoires et asthmatiques et sont tenues responsables des variations de l'activité sanitaire (consultations, hospitalisations) et d'une mortalité cardio-vasculaire ou respiratoire. A long terme, on s'interroge sur le développement des maladies respiratoires chroniques et de cancers.

5. Le dioxyde de soufre (SO₂)

C'est le polluant caractéristique des grandes agglomérations industrialisées. Il provient principalement du secteur de la transformation d'énergie (48 % des émissions en 2006) en particulier du fait des activités de raffinage du pétrole et de la production d'électricité (CITEPA, 2008a). Une faible partie (1% du total des émissions en 2006) provient des moteurs diesels en raison du soufre contenu dans le gazole. Le transport maritime français représente quant à lui 1,6 % du total des émissions (CITEPA, 2008a)

La tendance générale observée par les réseaux de mesure de la qualité de l'air est une baisse des teneurs en dioxyde de soufre. Cette baisse a été amorcée depuis le début des années 1980 (du fait de la diminution des émissions globales de 86 % en France entre les inventaires CITEPA de 1980.

2.2 Les valeurs et seuils réglementaires

Source : décret n°2010-1250 du 12 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air

Les niveaux de concentration de chacune des substances polluantes sont évalués par référence à des seuils réglementaires définis comme suit :

Figure 30 : définition des seuils réglementaires de référence

NORMES DE QUALITE	DEFINITION
« Objectif de qualité »	un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble
« Valeur cible »	un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble
« Valeur limite »	un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble
« Seuil d'information et de recommandation »	un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions
« Seuil d'alerte »	un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence

Figure 31 : normes de qualité de l'air par polluant

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Niveau critique
Dioxyde d'azote (NO2)	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 200 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 400 µg/m ³ dépassé sur 3 heures consécutives. 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.	
	En moyenne horaire : 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.				
Oxydes d'azote (NOx)					En moyenne annuelle (équivalent NO2) : 30 µg/m ³ (protection de la végétation).
Dioxyde de soufre (SO2)	En moyenne journalière : 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. En moyenne horaire : depuis le 01/01/05 : 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	En moyenne annuelle : 50 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 300 µg/m ³ .	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m ³ .	En moyenne annuelle et hivernale (pour la protection de la végétation) : 20 µg/m ³ .
Plomb (Pb)	En moyenne annuelle : 0,5 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³ .			
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ . En moyenne journalière : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 50 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 80 µg/m ³ .	
Monoxyde de carbone (CO)	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m ³ .				
Benzène (C6H6)	En moyenne annuelle : 5 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 2 µg/m ³ .			

Polluant	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeurs cibles
Ozone (O3)	Seuil de protection de la santé , pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m ³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation , AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m ³ .h	En moyenne horaire : 180 µg/m ³ .	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population , en moyenne horaire : 240 µg/m ³ sur 1 heure Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence , en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m ³ moyenne horaire dépassée pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m ³ moyenne horaire dépassée pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m ³ en moyenne horaire	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m ³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m ³ .h en moyenne calculée sur 5 ans.

* AOT 40 (exprimé en µg/m³.heure) signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et le seuil de 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs sur 1 heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures. (40 ppb ou partie par milliard=80 µg/m³)

Polluants	Valeurs cibles*
Arsenic	6 ng/m ³
Cadmium	5 ng/m ³
Nickel	20 ng/m ³
Benzo(a)pyrène	1 ng/m ³
(utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux Hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP)	

* Moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10.

2.3 Bilan des émissions en région PACA

Le SRCAE présente un inventaire des émissions en région PACA. Cet inventaire, vise à identifier les principales sources d'émissions de chaque polluant et à estimer leur évolution.

Figure 32 : émissions des principaux polluants atmosphériques en région PACA (2007)

Polluant	Oxydes d'azote (NOx)	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Composés Organiques Volatils	Particules fines PM ₁₀	Particules fines PM _{2,5}
Émissions (en kt)	123	396	89	189	21	15

Le tableau suivant présente pour le SO₂, les COVNM, le CO, les NOx, les PM₁₀, les PM_{2,5} par secteur d'activité de la région PACA :

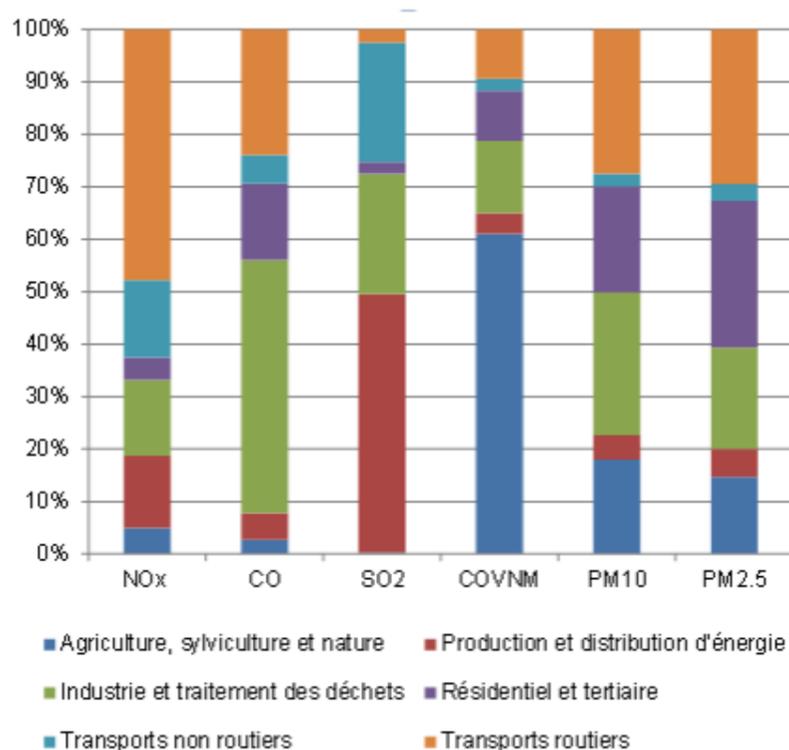


Figure 33 : répartition sectorielle des émissions des principaux polluants en région PACA

Il ressort de ces tableaux et graphiques que les transports routiers représentent près de la moitié des émissions totales d'oxydes d'azote (NOx) et près du tiers des émissions de PM₁₀ et PM_{2,5}.

La production d'énergie est le principal secteur émetteur de dioxyde de soufre (SO₂), en représentant près de 50% des émissions régionales.

✓ Emissions de gaz à effet de serre

Le CO₂ est le gaz à effet de serre le plus largement émis en région PACA.

Les émissions de gaz à effet de serre sont, comme pour les consommations énergétiques, issues des communes où se concentrent les activités anthropiques : grandes agglomérations, présence de sites industriels, présence d'axes routiers fortement fréquentés.

En PACA, les Bouches-du-Rhône sont, de loin, le département concentrant la majorité des sources de GES énergétiques, avec une contribution de 68% au pouvoir de réchauffement global de la région.

Il faut noter également que l'ozone (O₃) est un gaz à effet de serre qui ne rentre pas dans ce bilan, dans la mesure où ce polluant n'est pas émis directement par les sources (il est formé par réaction chimique à partir d'autres polluants, NOx et COVNM) et a une durée de vie limitée dans l'atmosphère. Or, la région est particulièrement touchée par la pollution à l'ozone.

Près de la moitié des émissions polluantes de la région PACA est émise dans les Bouches-du-Rhône : 48% des oxydes d'azote et 43 % des particules aussi bien les PM₁₀ que les PM_{2,5}.

Dans l'Est des Bouches-du-Rhône, le transport routier est le principal émetteur de NOx (55 %), benzène (49 %), cadmium (45 %) et monoxyde de carbone (42 %).

2.4 La qualité de l'air à Marseille

2.4.1 Le réseau de surveillance de la qualité de l'air Air PACA

Air PACA est une association agréée par le Ministère chargé de l'Environnement pour la mise en œuvre de la surveillance de la qualité de l'air et la diffusion de l'information sur les six départements de la région PACA. Les missions d'Air PACA sont de surveiller et de prévoir la qualité de l'air sur la région, ainsi que de diffuser ces informations.

Air PACA a mis en place un réseau de surveillance de la qualité de l'air en continu. Chaque station mesure heure par heure la concentration d'un certain nombre de polluants. On distingue différentes typologies de stations qui caractérisent l'environnement dans lequel elles sont implantées :

- ✓ **les stations de fond** : elles mesurent la qualité de l'air ambiant, loin de toute source de pollution. Elles sont éloignées du trafic routier et des sources ponctuelles, et sont ainsi représentatives d'un large secteur géographique autour d'elles. Elles permettent ainsi de connaître les taux d'exposition chronique auxquels est soumise la population.
- ✓ **les stations trafic** : elles sont situées au plus près des voies de circulation, sur le trottoir, à deux ou trois mètres des pots d'échappement. Elles permettent d'évaluer le niveau maximal d'exposition du public à proximité d'une infrastructure routière. Les polluants surveillés sont ceux d'origine automobile (oxydes d'azote, monoxyde de carbone, poussières en suspension, hydrocarbures...).
- ✓ **les stations industrielles** : elles sont représentatives du niveau d'exposition maximum de pollution induit par des phénomènes de panache ou d'accumulation à proximité d'une source industrielle.

Dans le fuseau d'étude, se trouve la station « trafic » de Rabatau.

2.4.2 L'indice ATMO à Marseille

L'indice ATMO, quotidiennement diffusé au grand public, est un indicateur qui permet de caractériser chaque jour la qualité de l'air de par un chiffre compris entre 1 (très bonne) et 10 (très mauvaise).



Figure 34 : échelle de l'indice ATMO

En 2016, à Marseille, la qualité de l'air a été moyenne à médiocre la moitié de l'année (52 % du temps). Il y a eu quatre journées de mauvaise qualité de l'air (indice 10). Ces journées correspondent à des situations de pollution hivernale par les particules ou de pollution estivale par l'ozone.

A Marseille, l'ozone et les particules en suspension (PM 10) sont les principales responsables de la dégradation de l'indice ATMO. Ces polluants sont des marqueurs de la pollution d'origine routière.

2.4.3 Les résultats de la station Rabatau

Trois polluants mesurés par la station « trafic » Rabatau sur une année (2017) sont présentés :

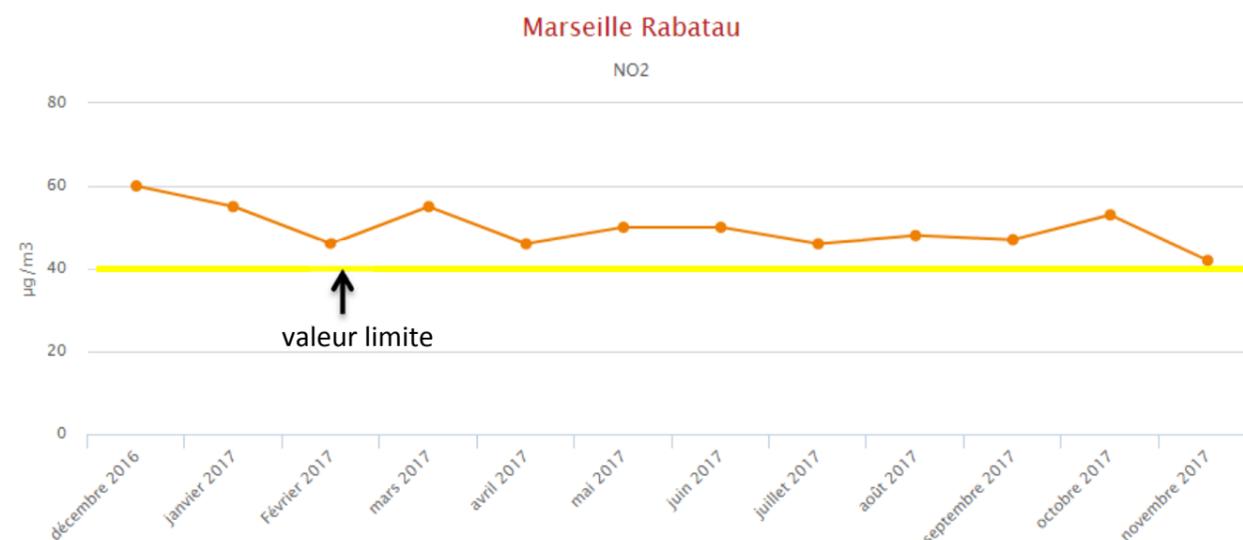


Figure 35 : concentration en NO2 station Rabatau (année 2017)

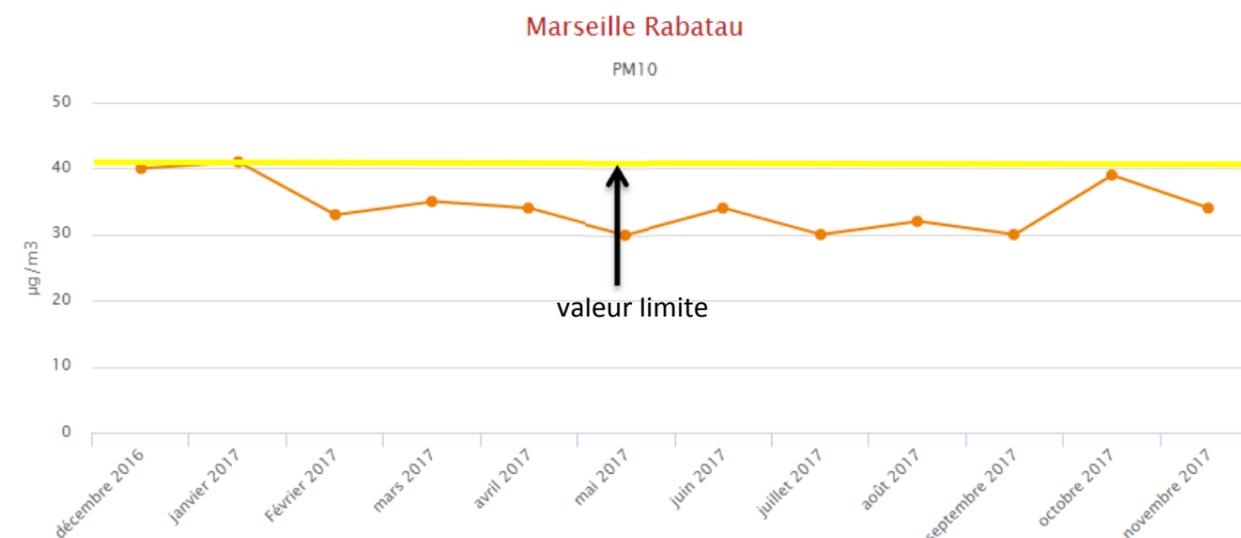


Figure 36 : concentration en PM10 station Rabatau (année 2017)

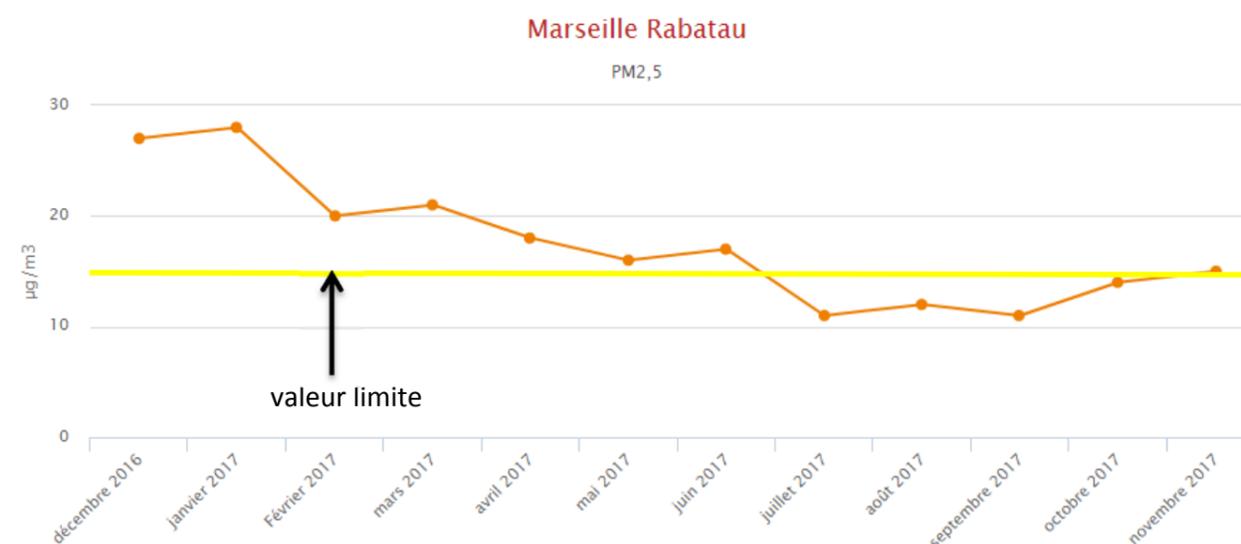


Figure 37 : concentration en PM2,5 station Rabatau (année 2017)

On constate que les valeurs limites, c'est-à-dire le « niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble », sont largement dépassées pour le dioxyde d'azote. Pour les particules, on s'aperçoit que les seuils réglementaires sont dépassés durant les mois d'hiver (décembre et janvier) et sont respectés pour le reste de l'année 2017.

La station Rabatau est située en bordure du boulevard, en sortie de la passerelle, dans une section du boulevard encadrée de murs, où la dispersion des polluants est limitée. Il en résulte un niveau de pollution important en bordure de voirie routière.

2.5 Mesures *in situ*

Trois campagnes de mesures de la qualité de l'air au droit de la zone de projet ont été réalisées :

- du 10 au 24 février 2015 pour l'hiver,
- du 9 au 23 avril 2015 pour le printemps,
- du 7 au 22 novembre 2017 pour l'automne.

Les NO₂ et BTEX ont été mesurés à l'aide d'échantillonneurs passifs (Passam Ag) :

- 12 tubes de NO₂ ont été positionnés aux abords du projet ;
- 6 tubes de BTEX ont été positionnés sur les mêmes emplacements que 6 tubes de NO₂.

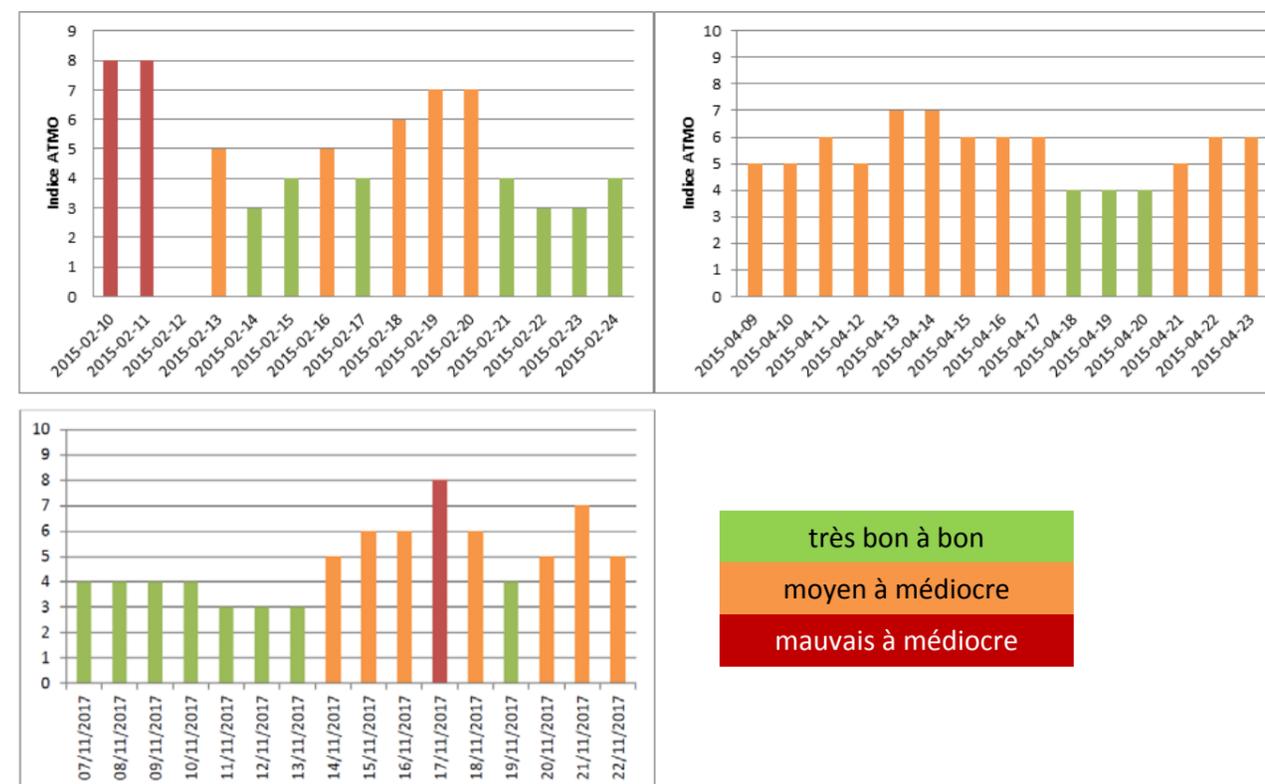
Les points de mesures sont caractéristiques d'un type de pollution selon leur emplacement. Ainsi, on distingue les points de proximité trafic (T), situés à proximité d'un axe de circulation important (points 1, 3, 7, 8, 9 et 10) des points de fond urbain (U), situés à proximité d'habitations et de la zone du projet (points 2, 4, 5, 6, 11 et 12).



Figure 38 : localisation des points de mesures des campagnes sur la qualité de l'air

2.5.1 Indice ATMO durant les campagnes

L'indice ATMO donne une idée globale du niveau de qualité de l'air pendant la période d'analyse sur le site d'étude. On retrouve l'influence de la météorologie sur la qualité de l'air dans l'indice journalier observé à Marseille.



En période hivernale, les indices ATMO sont bons 7 jours sur 15, médiocre, 5 jours sur 15 et mauvais 2 jours sur 15. Les 2 jours correspondant à un indice ATMO mauvais sont dus à un excès de PM₁₀. Les jours d'indice médiocre sont dus aux PM₁₀ également et au cumul du NO₂ et PM₁₀ la journée du 16 février 2015.

En période printanière, les indices ATMO sont bons 3 jours sur 15 et médiocre, 12 jours sur 15. On ne note pas de jours correspondant à un indice mauvais durant cette période de mesure.

En période automnale, les indices ATMO sont bons au début de la campagne de mesures durant 7 jours, puis moyens durant 7 jours et médiocres une journée.

2.5.2 Résultats des campagnes de mesures

Les tableaux suivants présentent les résultats des campagnes de mesures relatives au NO₂ puis au BTEX.

- **Résultats des tubes NO₂**

Lieu Code: FCH		début		fin		durée heures	absorption brute		concentration ug/m ³			moyen ug/m ³	écart stand. %			
		date	heure	date	heure		code	valeur 1	code	valeur 2	code			valeur 3	valeur 1	valeur 2
Etude: TUNNEL SCHLOESING Date d'analyse: 01.12.2014 blanc 0.009 réactif couleur: 18.11.2014 taux 9°C 0.8536 ml/min																
Campagne hivernale	1	10/02/2015	15:45	24/02/2015	15:20	335.58	20	0.537					68.0		68.0	
	2	10/02/2015	15:50	24/02/2015	15:25	335.58	24	0.413					52.0		52.0	
	3	10/02/2015	15:55	24/02/2015	15:30	335.58	19	0.469					59.3		59.3	
	4	10/02/2015	16:05	24/02/2015	15:35	335.50	21	0.421					53.1		53.1	
	5	10/02/2015	16:10	24/02/2015	15:40	335.50	23	0.406					51.1		51.1	
	6	10/02/2015	16:15	24/02/2015	15:45	335.50	18	0.482					61.0		61.0	
	7	10/02/2015	16:30	24/02/2015	15:55	335.42	13	0.247			2 x réactif couleur		61.1		61.1	
	8	10/02/2015	16:35	24/02/2015	16:00	335.42	14	0.330			2 x réactif couleur		82.6		82.6	
	9	10/02/2015	16:40	24/02/2015	16:05	335.42	22	0.360			2 x réactif couleur		90.4		90.4	
	10	10/02/2015	16:45	24/02/2015	16:10	335.42	17	0.305			2 x réactif couleur		76.1		76.1	
	11	10/02/2015	16:55	24/02/2015	16:15	335.33	16	0.388					48.8		48.8	
	12	10/02/2015	17:15	24/02/2015	16:30	335.25	15	0.371					46.6		46.6	
Date d'arrivée: 25.11.2014												Limite de détection		0.4 ug/m ³	14 jours	
Etude: TUNNEL SCHLOESING Date d'analyse: 04.05.2014 blanc 0.009 réactif couleur: 08.04.2015 taux 9°C 0.8536 ml/min																
Campagne printanière	2	09/04/2015	15:40	23/04/2015	15:15	335.58	2	0.320					40.0		40.0	
	1	09/04/2015	15:45	23/04/2015	15:10	335.42	1	0.286			2 x réactif couleur		71.2		71.2	
	4	09/04/2015	15:50	23/04/2015	15:20	335.50	10	0.355					44.5		44.5	
	5	09/04/2015	15:55	23/04/2015	15:25	335.50	3	0.361					45.3		45.3	
	6	09/04/2015	16:00	23/04/2015	15:30	335.50	7	0.444					56.0		56.0	
	3	09/04/2015	16:05	23/04/2015	15:35	335.50	9	0.434					54.7		54.7	
	7	09/04/2015	16:10	23/04/2015	15:40	335.50	12	0.390					49.1		49.1	
	8	09/04/2015	16:15	23/04/2015	15:45	335.50	8	0.376			2 x réactif couleur		94.5		94.5	
	9	09/04/2015	16:20	23/04/2015	15:50	335.50	5	0.374			2 x réactif couleur		94.0		94.0	
	10	09/04/2015	16:25	23/04/2015	15:55	335.50	6	0.289			2 x réactif couleur		72.0		72.0	
	11	09/04/2015	16:30	23/04/2015	16:00	335.50	4	0.347					43.5		43.5	
	12	09/04/2015	16:40	23/04/2015	16:10	335.50	11	0.311					38.8		38.8	
Date d'arrivée: 29.04.2015												Limite de détection		0.4 ug/m ³	14 jours	

Campagne automnale

CIA, Marseille		Période de mesure		07/11/2017 jusqu'au 22/11/2017		Date d'analyse: 01.12.2017		Analyste: IA		blanc		0,008		réactif couleur: 27.11.2017		taux 9°C		0,8536 ml/min	
Lieu	début date	heure	fin date	heure	durée heures	FCH code	valeur 1	absorption brute code	valeur 2	code	valeur 3	concentration ug/m ³			moyen ug/m ³	écart stand. %			
1	07/11/2017	09:55	22/11/2017	10:00	360,08	58	0,275			2 x réactif couleur		63,9			63,9				
2	07/11/2017	10:00	22/11/2017	10:05	360,08	57	0,239			2 x réactif couleur		55,3			55,3				
3	07/11/2017	10:30	22/11/2017	10:30	360,00	84	0,248			2 x réactif couleur		57,4			57,4				
4	07/11/2017	10:35	22/11/2017	11:20	360,75	100	0,426					50,1			50,1				
5	07/11/2017	10:40	22/11/2017	11:25	360,75	83	0,408					47,9			47,9				
6	07/11/2017	10:45	22/11/2017	11:30	360,75	99	0,431					50,7			50,7				
8	07/11/2017	10:55	22/11/2017	11:10	360,25	94	0,303			2 x réactif couleur		70,7			70,7				
9	07/11/2017	11:10	22/11/2017	11:05	359,92	75	0,352			2 x réactif couleur		82,5			82,5				
7	07/11/2017	11:20	22/11/2017	10:25	359,08	76	0,234			2 x réactif couleur		54,2			54,2				
10	07/11/2017	11:30	22/11/2017	10:55	359,42	92	0,283			2 x réactif couleur		66,0			66,0				
11	07/11/2017	11:45	22/11/2017	10:45	359,00	78	0,414					48,9			48,9				
12	07/11/2017	12:50	22/11/2017	10:37	357,78	91	0,388					45,9			45,9				

Date d'arrivée: 01.12.2017 Limite de détection 0.4 ug/m³ 14 jours

Au niveau de l'aire d'étude, la concentration moyenne en dioxyde d'azote est :

- en hiver, supérieure à 59,3 µg/m³ au niveau des sites de proximité automobile et de 46,6 µg/m³ au niveau des sites de fond urbain,
- au printemps, supérieure à 54,7 µg/m³ au niveau des sites de proximité automobile et de 38,8 µg/m³ au niveau des sites de fond urbain,
- en automne, supérieure à 65,8 µg/m³ au niveau des sites de proximité automobile et de 49,8 µg/m³ au niveau des sites de fond urbain.

Globalement on retrouve des niveaux de concentrations proches de celles mesurées quotidiennement à l'échelle de la ville.

Ces mesures montrent que la zone du projet se situe dans une zone de pollution importante. On mesure majoritairement des concentrations élevées dépassant la valeur limite pour la protection de la santé (> 40 µg/m³).

Entre 2015 et 2017, les concentrations sont du même ordre de grandeur et on n'observe ni amélioration, ni dégradation des résultats.

Durant ces campagnes de mesure, tous les points de mesures sont supérieurs au seuil réglementaire de 40 µg/m³, témoignant d'une qualité de l'air très dégradée.

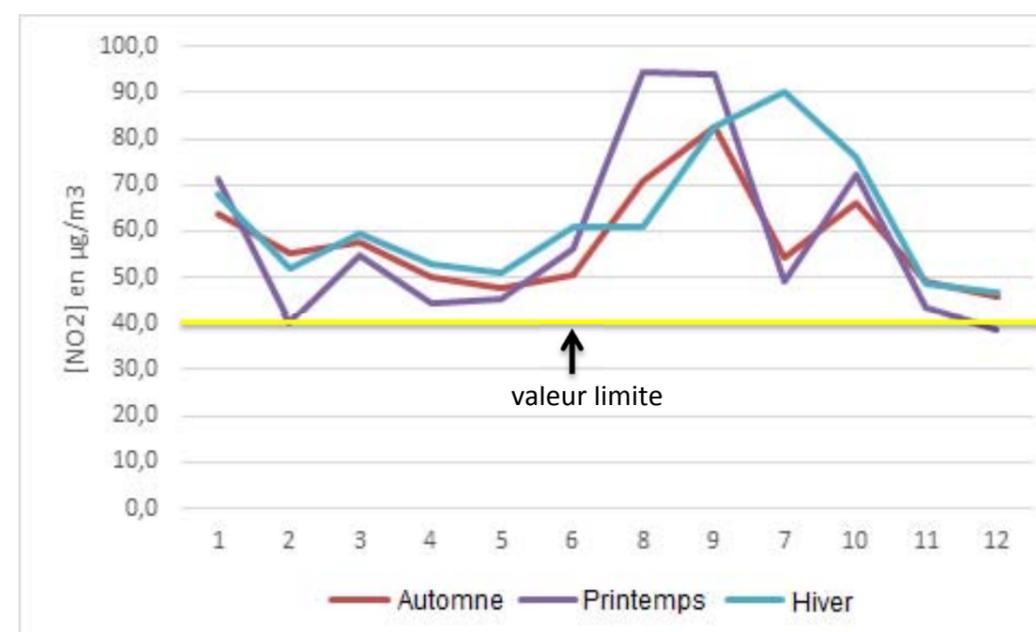


Figure 39 : résultats des mesures *in situ* du NO₂

- **Résultats des tubes BTex**

Campagne hivernale	Mesure de 10.02.15 à 24.02.15										
	Date d'arrivé: 3.3.15				Date d'analyse: 6.03.15						
	Code	Lieu	Début	Fin	Durée	Benzène	Toluène	Ethylbenzol	p-Xylène	m-Xylène	o-Xylène
FCH		Date/heure	Date/heure	heures	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	
7	2	10/02/2015 15:50	24/02/2015 15:25	335.6	2.1	3.7	0.5	1.0	1.6	0.9	
11	6	10/02/2015 16:10	24/02/2015 15:45	335.6	2.5	6.3	1.0	0.9	2.5	1.3	
8	7	10/02/2015 16:30	24/02/2015 15:55	335.4	2.9	7.1	1.1	1.4	2.7	1.0	
12	8	10/02/2015 16:35	24/02/2015 16:00	335.4	3.4	10.0	1.7	1.5	4.2	2.0	
10	10	10/02/2015 16:45	24/02/2015 16:10	335.4	3.4	9.9	1.4	2.0	3.9	2.1	
9	11	10/02/2015 16:55	24/02/2015 16:15	335.3	2.5	5.7	0.8	0.9	1.7	1.0	
limite de detection				14 jours	0.4ug/m ³	Incertitude de mesure w w w .passam.ch/products.htm					

Campagne printanière	Mesure de 9.4.15 à 23.4.15										
	Date d'arrivé: 29.4.15				Date d'analyse: 1.5.15						
	Code	Lieu	Début	Fin	Durée	Benzène	Toluène	Ethylbenzol	p-Xylène	m-Xylène	o-Xylène
FCH		Date/heure	Date/heure	heures	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	
3	2	09/04/2015 15:40	23/04/2015 15:15	335.6	1.4	22.3	1.5	1.4	2.5	1.0	
2	6	09/04/2015 16:00	23/04/2015 15:30	335.5	1.7	13.2	1.2	1.4	3.2	1.2	
1	7	09/04/2015 16:10	23/04/2015 15:40	335.5	2.1	13.7	1.7	1.7	3.6	1.5	
5	8	09/04/2015 16:15	23/04/2015 15:45	335.5	3.0	35.8	2.6	2.5	6.2	2.6	
6	10	09/04/2015 16:25	23/04/2015 15:55	335.5	2.2	28.8	2.0	2.2	4.6	1.8	
4	11	09/04/2015 16:30	23/04/2015 16:00	335.5	1.5	26.5	1.3	1.5	3.5	1.1	
limite de detection				14 jours	0.4ug/m ³	Incertitude de mesure w w w .passam.ch/products.htm					

Campagne automnale	Mesure de 7.11.17 à 22.11.17										
	Date d'arrivé: 1.12.17				Date d'analyse: 8.12.17						
	Code	Lieu	Début	Fin	Durée	Benzène	Toluène	Ethylbenzol	p-Xylène	m-Xylène	o-Xylène
FCH		Date/heure	Date/heure	heures	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	[ug/m ³]	
85	2	07/11/2017 10:00	22/11/2017 10:05	360,1	2,7	5,0	2,1	1,6	3,6	1,6	
100	6	07/11/2017 10:45	22/11/2017 11:30	360,8	3,1	5,9	2,6	2,5	4,5	2,3	
88	8	07/11/2017 10:55	22/11/2017 11:10	360,3	3,4	8,9	2,8	2,5	5,8	2,3	
89	7	07/11/2017 11:20	22/11/2017 10:25	359,1	3,3	7,9	2,6	2,6	5,5	2,3	
81	10	07/11/2017 11:30	22/11/2017 10:55	359,4	*	*	*	*	*	*	
82	11	07/11/2017 11:45	22/11/2017 10:45	359,0	2,7	5,3	1,9	1,9	3,9	1,8	
limite de detection				14 jours	0.4ug/m ³	Incertitude de mesure w w w .passam.ch/products.htm					

Au niveau de l'aire d'étude, la concentration moyenne en benzène est :

- en hiver, supérieure à $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de proximité automobile et de $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de fond urbain,
- au printemps, supérieure à $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de proximité automobile et de $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de fond urbain.
- en automne, supérieure à $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de proximité automobile et de $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau des sites de fond urbain.

On note ici des valeurs proches qui témoignent de l'homogénéité du site d'étude pour ce polluant. Les mesures plus estivales sont inférieures aux valeurs mesurées l'hiver.

Les mesures réalisées sont supérieures à l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les points trafics et très légèrement inférieures pour les points de fond urbain.

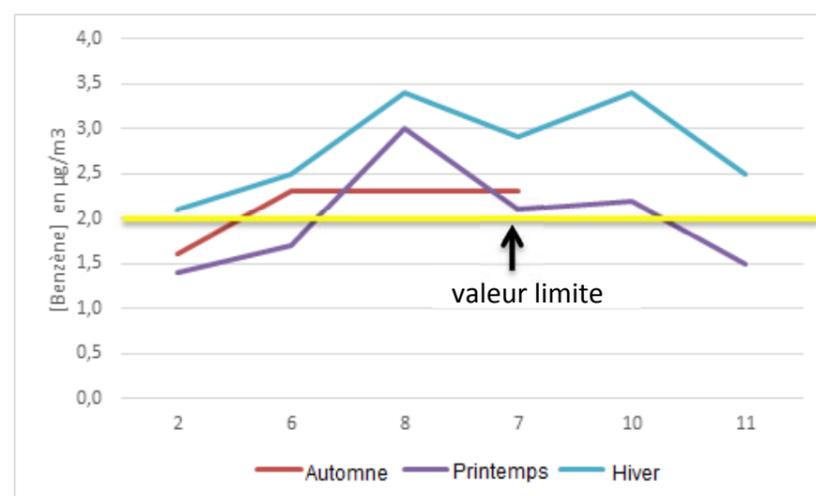


Figure 40 : résultats des mesures *in situ* du benzène

En conclusion, les mesures de la qualité de l'air réalisées sur la zone d'étude témoignent de concentrations actuelles de pollution assez élevées et supérieures aux seuils de qualité recommandés par la réglementation pour les deux polluants tracés : le Dioxyde d'Azote et le benzène.

On note que les niveaux mesurés sont légèrement inférieurs au printemps qu'en période hivernale.

3 Effets du projet sur la qualité de l'air

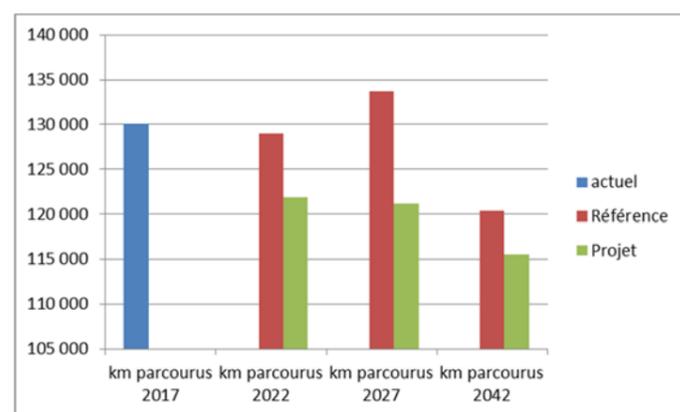
La modélisation de la qualité de l'air se fait à l'intérieur d'une bande d'étude de 300m de large autour du réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 %. L'analyse se fait donc sur un périmètre réduit par rapport à la modélisation du trafic routier qui portait sur l'ensemble de la ville avec un zoom sur la zone d'étude.

3.1 Nombre de kilomètres parcourus

Le nombre de kilomètres parcourus, tous véhicules confondus, dans la bande d'étude, diminue au fil de l'eau (entre 2017 et 2042). On observe une diminution du trafic sur l'ensemble de la zone d'étude. Un facteur explicatif vient de l'évolution du réseau routier marseillais à l'horizon 2042 : en 2042, le réseau viarie structurant de Marseille sera achevé avec la L2 et le Boulevard Urbain Sud en service, engendrant un report du trafic « nord-sud » de la ville vers ce nouvel itinéraire.

Figure 41 : évolution du trafic dans la bande d'étude

	Km parcourus	Impact
Actuel 2017	130 097	-
Référence 2022	128 968	-0,9 / Actuel
Projet 2022	121 841	-5,5 % / Référence
Référence 2027	133 653	2,7% / Actuel
Projet 2027	121 203	-9,3% / Référence
Référence 2042	120 372	-7,5 % / Actuel
Projet 2042	115 536	-4,0 % / Référence



A l'horizon 2027, en situation de référence, on constate une augmentation du trafic. Les hypothèses retenues pour modéliser les trafics à l'horizon 2027 sont notamment une baisse du prix du tunnel Prado Carénage entraînant une fréquentation accrue de celui-ci et donc un trafic plus élevé dans la zone d'étude dans la situation de référence (équivalente à la situation actuelle). En situation de projet (avec la bretelle souterraine), le tarif du tunnel Prado Carénage reste stable : il n'y a donc pas cette augmentation locale de trafic.

Concernant l'impact du projet relatif aux trafics sur le domaine d'étude retenu, on constate une diminution constante du trafic au fil des années :

- La mise en service du tunnel de Schloësing entraîne une diminution de 5,5 % par rapport aux véhicules.kilomètres estimés au même horizon sans projet.
- A la mise en service + 5 ans (2027), le nombre de véhicules-kilomètres parcourus baisse également par rapport à la situation « projet 2022 » mais de façon très légère (-0,5%). On rappelle qu'en situation de référence, le trafic augmente du fait de la diminution du prix du tunnel TPC.

- A la mise en service + 20 ans (2042), l'implantation du projet entraîne une diminution des kilomètres parcourus, tous véhicules parcourus, de 4% par rapport à l'état de référence 2042 (situation actuelle maintenue). Certains axes voient leur fréquentation baisser de moitié, comme le chemin de l'Argile, et d'autres voient leur fréquentation augmenter du fait de l'attractivité de la liaison souterraine (augmentation du trafic sur le boulevard Schloësing en situation de projet 2042 comparée à la situation de référence 2042).

3.2 Bilan des émissions en polluants

Le bilan des émissions en polluants (et leurs variations), pour l'ensemble de la zone d'étude aux horizons étudiés est présenté dans le tableau suivant.

Figure 42 : émissions moyennes journalières sur le domaine d'étude

Sur l'ensemble du projet	CO kg/j	NOX kg/j	NM VOC kg/j	CO ₂ T/j	SO ₂ kg/j	PM10 kg/j	PM2.5 kg/j	Benzène kg/j	Cadmium g/j	Nickel g/j
Actuel 2017	31,876	79,588	2,996	27,066	0,683	7,768	3,436	0,085	0,161	3,518
Référence 2022	24,869	78,458	2,429	26,701	0,674	7,468	3,188	0,065	0,160	3,503
Référence 2027	23,558	81,214	2,405	27,515	0,695	7,709	3,286	0,062	0,163	3,548
Référence 2042	21,287	73,544	2,171	24,837	0,627	6,954	2,965	0,056	0,151	3,411
Variation au « Fil de l'eau » 2022	-22,0%	-1,4%	-18,9%	-1,3%	-1,3%	-3,9%	-7,2%	-23,5%	-0,6%	-0,4%
Variation au « Fil de l'eau » 2027	-26,1%	2,0%	-19,7%	1,7%	1,8%	-0,8%	-4,4%	-27,1%	1,2%	0,9%
Variation au « Fil de l'eau » 2042	-33,2%	-7,6%	-27,5%	-8,2%	-8,2%	-10,5%	-13,7%	-33,8%	-6,0%	-3,0%
Projet 2022	22,750	72,102	2,212	24,462	0,618	6,952	2,935	0,059	0,152	3,504
Projet 2027	20,670	71,863	2,103	24,210	0,611	6,892	2,904	0,054	0,151	3,495
Projet 2042	19,599	67,868	1,998	22,722	0,581	6,553	2,759	0,052	0,146	3,435
Impact projet 2022	-8,5%	-8,1%	-8,9%	-8,4%	-8,4%	-6,9%	-7,9%	-8,9%	-4,6%	0,0%
Impact projet 2027	-12,3%	-11,5%	-12,6%	-12,0%	-12,0%	-10,6%	-11,6%	-12,8%	-7,4%	-1,5%
Impact projet 2042	-9,0%	-8,6%	-9,1%	-8,5%	-8,5%	-6,9%	-8,0%	-8,8%	-4,7%	-0,3%

La situation de référence 2022¹ montre une diminution générale des émissions de polluants : -24% des émissions de benzène, -22% des émissions de CO, -19% des émissions de COV, -7% des émissions de PM2,5, -4% des émissions de PM10, -1% des émissions de NOx, -1% des émissions de CO₂ et -0.6% des émissions du Cadmium et -0.4% des émissions de Nickel.

À l'horizon 2027, en situation de référence, malgré l'augmentation des véhicules.kilomètres parcourus (+3500 veh.km par rapport à la situation 2017), on observe une diminution des émissions de CO, COV, PM10, PM2.5 et benzène : cela est dû à l'amélioration du parc automobile. En revanche, pour les NOx, CO₂, SO₂, cadmium et nickel, les concentrations augmentent légèrement par rapport à la situation actuelle.

En situation de référence 2042, on constate une diminution générale des émissions de polluants : -34% des émissions de benzène, -33% des émissions de CO, -28% des émissions de COV, -14% des émissions de PM2,5, -11% des émissions de PM10, -8% des émissions de NOx, -8% des émissions de CO₂ et -6% des émissions du Cadmium et -3% des émissions de Nickel.

Cette baisse des émissions est due :

- à l'amélioration technique des équipements automobiles ;
- à la baisse de fréquentation de la zone d'étude induite par les projets comme la mise en service de la L2 et du Boulevard Urbain Sud (-10 000 km parcourus à l'échelle de la bande d'étude entre la situation 2017 et la situation de référence 2042).

En 2042, la mise en service du projet induit une baisse des émissions de polluants de l'ordre de -8 à -9% pour l'ensemble des polluants par rapport à la situation de référence, sauf pour le Cadmium et le Nickel pour lesquels la baisse est moins importante (diminution de 4,7 et 0,3%). Cette baisse est principalement due à la diminution du trafic dans la bande d'étude (-5000 km parcourus environ) entre les situations 2042 avec ou sans projet.

3.2.1 Concentrations calculées sur le domaine d'étude

Le tableau suivant présente les résultats modélisés des principaux polluants sur l'ensemble de l'aire d'étude en concentrations maximales et moyennes. **Les résultats n'intègrent pas les concentrations de fond sur la zone d'étude afin d'évaluer l'impact du projet seul.**

¹ la situation de référence 2042 (aussi appelée « scénario au fil de l'eau ») est la situation à l'horizon 2042, sans la liaison souterraine Schlœsing, mais qui intègre les évolutions des infrastructures routières prévues entre 2017 et 2042 : L2, BUS, Fifi Turin ; l'absence de réalisation de la liaison souterraine rendant impossible la suppression des passerelles et par voie de conséquence la construction du tramway, ces projets ne sont pas pris en compte dans la situation dite de référence.

Figure 43 : concentrations moyennes et maximales modélisées sur l'aire d'étude sans pollution de fond

	Type de valeur	Actuel 2017	Sans projet 2022	Avec projet 2022	Pourcentage de variation entre avec et sans projet	Sans projet 2027	Avec projet 2027	Pourcentage de variation entre avec et sans projet	Sans projet 2042	Avec projet 2042	Pourcentage de variation entre avec et sans projet
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	0,024	0,018	0,016	-11%	0,017	0,014	-18%	0,016	0,015	-6.3%
	Moyenne	0,0070	0,0053	0,0049	-8%	0,0051	0,0044	-14%	0,0046	0,0042	-8.7%
Cd (ng/m^3)	Maximale	0,042	0,042	0,038	-10%	0,043	0,039	-9%	0,041	0,040	-2.4%
	Moyenne	0,0124	0,0123	0,0118	-4%	0,0126	0,0117	-7%	0,0118	0,0113	-4.2%
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	8,76	6,78	5,98	-12%	6,48	5,52	-15%	6,17	5,77	-6.5%
	Moyenne	2,60	2,03	1,86	-8%	1,93	1,69	-12%	1,75	1,61	-8.0%
Nickel (ng/m^3)	Maximale	0,91	0,90	0,87	-3%	0,91	0,87	-4%	0,90	0,89	-1.1%
	Moyenne	0,27	0,27	0,27	0%	0,28	0,27	-4%	0,27	0,27	0.0%
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	12,77	12,47	11,54	-7%	12,88	11,57	-10%	12,33	11,92	-3.3%
	Moyenne	4,36	4,31	4,00	-7%	4,45	3,99	-10%	4,08	3,79	-7.1%
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	1,93	1,83	1,68	-8%	1,89	1,69	-11%	1,79	1,78	-0.6%
	Moyenne	0,54	0,52	0,48	-8%	0,54	0,48	-11%	0,49	0,46	-6.1%
PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	0,90	0,82	0,74	-10%	0,85	0,74	-13%	0,81	0,78	-3.7%
	Moyenne	0,26	0,24	0,22	-8%	0,25	0,22	-12%	0,23	0,21	-8.7%
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	0,181	0,176	0,155	-12%	0,182	0,156	-14%	0,173	0,163	-5.8%
	Moyenne	0,052	0,051	0,047	-8%	0,053	0,046	-13%	0,048	0,044	-8.3%

Quels que soient les horizons étudiés, la situation « avec projet » est plus favorable que la situation de référence.

Ainsi, à la mise en service du projet (2022), les concentrations maximales observées diminuent de 3 à 12% pour l'ensemble des polluants entre les situations avec ou sans projet.

5 ans après la mise en service du projet (2027), les concentrations maximales diminuent de 4 à 18% pour l'ensemble des polluants.

20 ans après la mise en service de la liaison souterraine Schlœsing, les concentrations maximales observées sur la zone d'étude diminuent de 1 à 7% pour l'ensemble des polluants.

Ces variations ne sont représentatives que vis-à-vis de la concentration maximale calculée. Ainsi, une analyse plus fine de l'ensemble du domaine d'étude est réalisée ci-après, via les cartes de dispersion qui suivent.

On remarque également que les concentrations maximales observées dans la bande d'étude restent largement inférieures aux objectifs de qualité de l'air. *On rappelle cependant que les résultats présentés ci-avant n'intègrent pas la pollution de fond ; les résultats modélisés correspondent aux émissions issues du trafic automobile sur les axes routiers de la bande d'étude.*

Le tableau ci-après présente les résultats de la modélisation lorsque l'on intègre la pollution de fond, dans les cas du benzène, du dioxyde d'azote et des particules (PM10). La pollution de fond résulte de l'ensemble des émissions polluantes de la ville et de ses alentours : transport, chauffage urbain, activités industrielles...

Les concentrations de fond sont de $1,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène, $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le NO_2 et $24\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10.

En incluant la pollution de fond, on remarque que les variations en 2042, entre la situation de référence et la situation future avec projet ne sont pas significatives car égales à 0 ou négligeables dans le cas du dioxyde d'azote car égales à -1,4%. **La faible part que représente la pollution induite par le projet (issue uniquement du trafic des voies de la bande d'étude) est « diluée » dans la pollution de fond et n'y contribue donc que faiblement.**

Sur un temps long (2017-2042), on constate malheureusement que **la pollution de fond ne varie presque pas.**

Figure 44 : concentrations moyennes et maximales modélisées sur l'aire d'étude avec pollution de fond

	Type de valeur	Actuel 2017	Sans projet 2022	Avec projet 2022	Pourcentage de variation entre avec et sans projet	Sans projet 2027	Avec projet 2027	Pourcentage de variation entre avec et sans projet	Sans projet 2042	Avec projet 2042	Pourcentage de variation entre avec et sans projet
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	1,22	1,22	1,21	-0,2 %	1,21	1,21	-0,2%	1,21	1,21	-0,1%
	Moyenne	1,20	1,20	1,20	0 %	1,20	1,20	-0,1%	1,20	1,20	0%
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	28,7	28,4	27,5	-3,3%	28,9	27,5	-4,6%	28,3	27,9	-1,4%
	Moyenne	20,3	20,3	20,0	-1,5%	20,4	20,0	-2,3%	20,05	19,8	-1,4%
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale	25,9	25,8	25,6	-0,6%	25,8	25,6	-0,8%	25,8	25,7	-0,1%
	Moyenne	24,5	24,5	24,4	-0,1%	24,5	24,4	-0,2%	24,4	24,4	-0,1%

3.2.2 Cartographie des concentrations

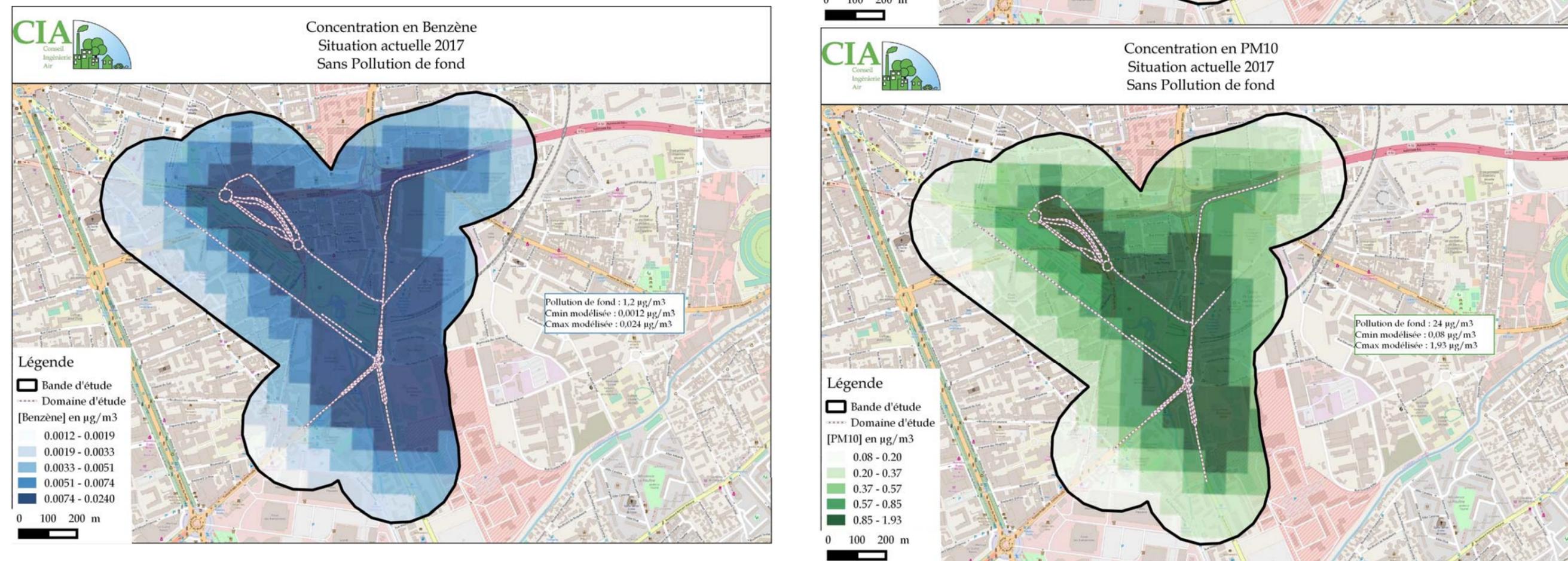
Pour les polluants les plus caractéristiques de la pollution automobile, les résultats de la modélisation de la dispersion, en moyenne annuelle, sont illustrés par les cartes présentées ci-après, et ce pour les scénarios suivants :

- Scénario actuel 2017,
- Scénario futur de référence (c'est-à-dire sans projet) à trois horizons : en 2022, en 2027, en 2042,
- Scénario futur de projet aux trois mêmes horizons : en 2022, à la mise en service, en 2027, 5 ans après la mise en service, en 2042, 20 ans après la mise en service.

Le dioxyde d'azote et le benzène sont deux polluants caractéristiques de la pollution automobile dont les concentrations en moyenne annuelle peuvent être comparées à la réglementation en vigueur. Les cartographies ont également été réalisées pour le polluant particulaire PM10.

La modélisation a été réalisée sans et avec intégration de la pollution de fond (l'encart sur chaque carte rappelle les valeurs principales de la pollution de fond). La modélisation sans pollution de fond permet de mettre en évidence l'impact directement lié au projet. Intégrer la pollution de fond permet de relativiser l'impact de la voie nouvelle car **la pollution de fond est suffisamment importante pour masquer l'influence du projet routier « liaison Schløesing »**.

Figure 45 : modélisation de la pollution (benzène, dioxyde d'azote, PM10) à l'état initial (2017)



- **Etats futurs (2022, 2027, 2042)**

DISPERSION DU BENZENE

Cartographies sans la pollution de fond

Pour les cartes de dispersion du benzène, il est important de noter que les concentrations modélisées sont très faibles pour l'ensemble des scénarios.

A l'état actuel, la concentration en benzène est diffuse sur l'ensemble de la zone d'étude et les teneurs sont beaucoup plus élevées qu'à l'état futur de référence.

Lorsque l'on compare l'état de référence (2022, 2027 et 2042) avec l'état actuel, on note une nette amélioration de la qualité de l'air en général, et ceci est d'autant plus vrai que l'horizon d'étude futur est lointain. Ceci est dû à l'amélioration technique des véhicules mais également à une baisse de la fréquentation de la zone d'étude de par la mise en service de la L2 et du BUS.

Les scénarios futurs de référence mettent en évidence une concentration du benzène au droit du giratoire mis en place sur la place Ferrié et le long de Rabatau Nord et du boulevard Schlœsing ainsi que le chemin de l'Argile. Cela est lié à l'importance du trafic au niveau de ces axes.

Les scénarios futurs avec projet montrent, comme en référence, une concentration plus importante du benzène au niveau du giratoire de la place Ferrié. On observe également que l'ouverture du tunnel au droit du parc du 26^{ème} centenaire, entraîne une concentration plus importante dans le parc qu'à l'état de référence.

Les cartes de variation de la concentration du benzène entre le scénario futur sans projet et avec projet, montrent les impacts du projet de bretelle :

- en 2022, diminution de la pollution au benzène sur toute la zone d'étude (jusqu'à -18% entre les deux scénarii) mais légère augmentation au droit de l'échangeur Scott et de l'ouverture du tunnel au niveau du parc du 26^{ème}centenaire (augmentation 4%) ;
- en 2027, amélioration sur toute la zone d'étude
- en 2042, diminution de la pollution au benzène sur toute la zone d'étude (jusqu'à -18% entre les deux scénarii) mais augmentation au droit de l'ouverture du tunnel au niveau du parc du 26^{ème}centenaire (jusqu'à +13%)

A l'horizon 2027, la situation projet est nettement plus favorable que la situation de référence : en 2027 en situation de référence, le trafic augmente dans la bande d'étude (+12000veh.km en situation de référence 2027 par rapport à la situation projet 2027), ce qui induit une augmentation de la pollution au benzène.

Cartographies avec la pollution de fond

La concentration de fond du benzène est de 1,2µg/m³.

L'intégration de la pollution de fond permet de relativiser l'impact du projet. En intégrant la pollution de fond, les concentrations modélisées sont intrinsèquement plus élevées mais on note cependant qu'elles sont très proches de la pollution de fond initiale. La gamme de dispersion est donc peu étendue dans le cas du benzène.

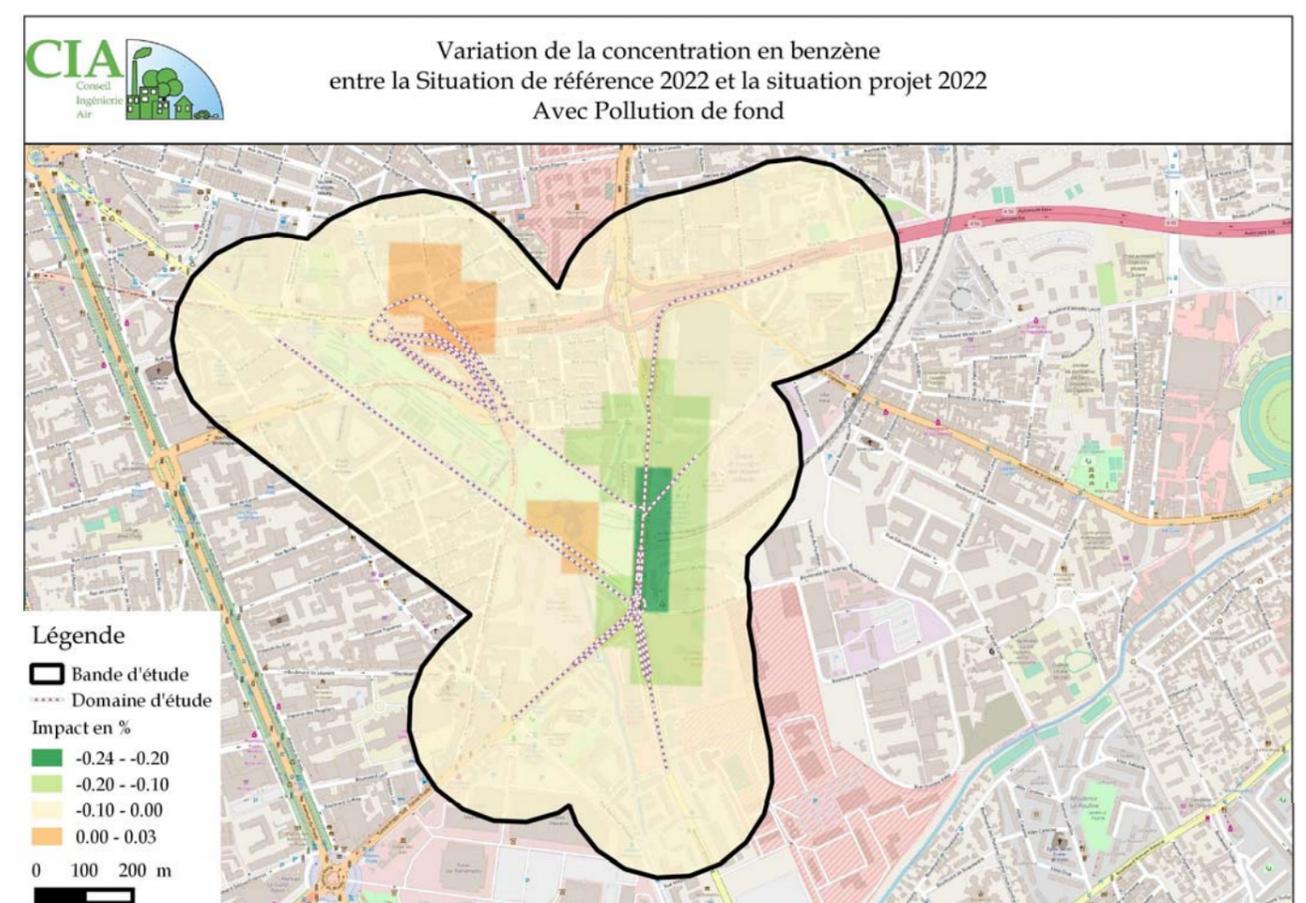
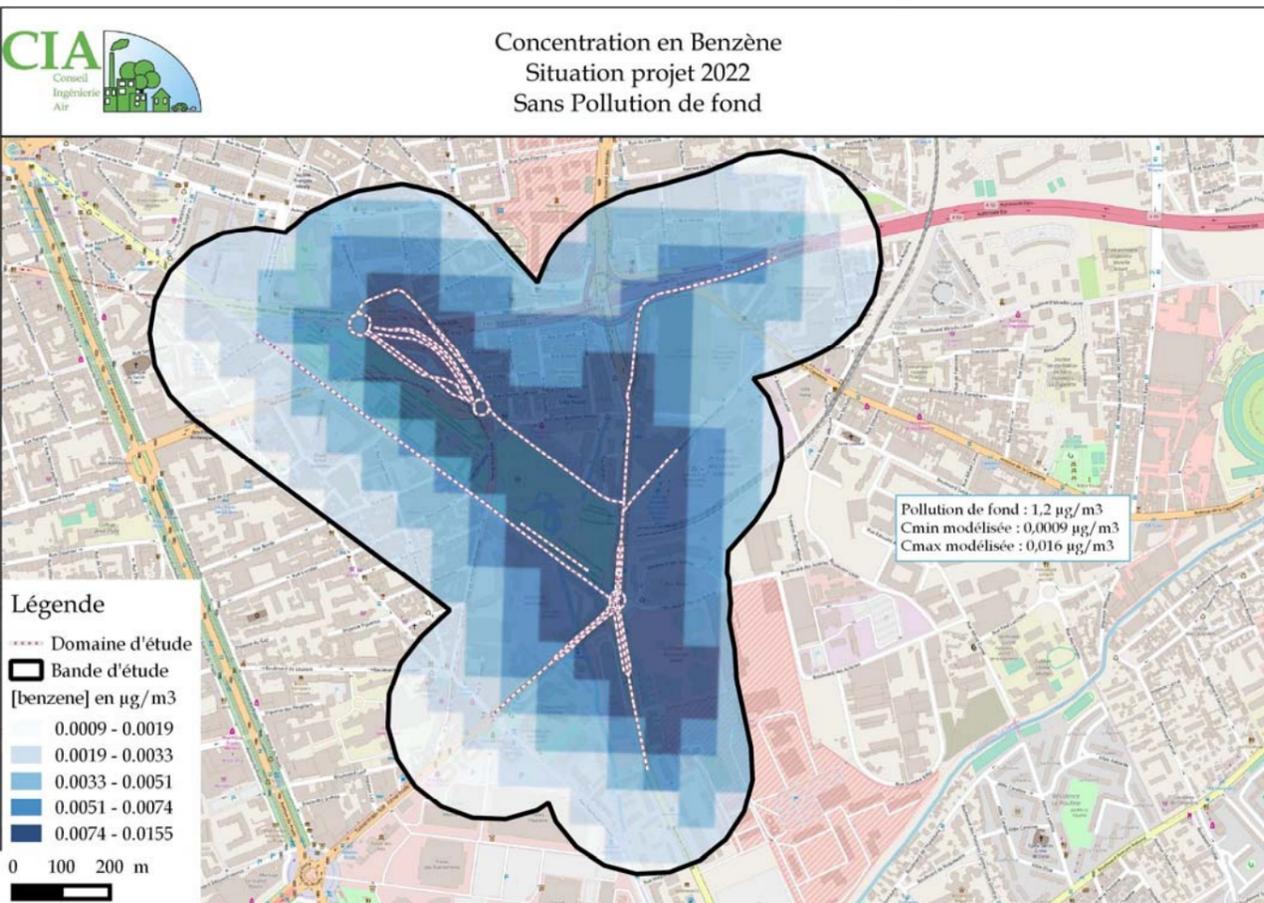
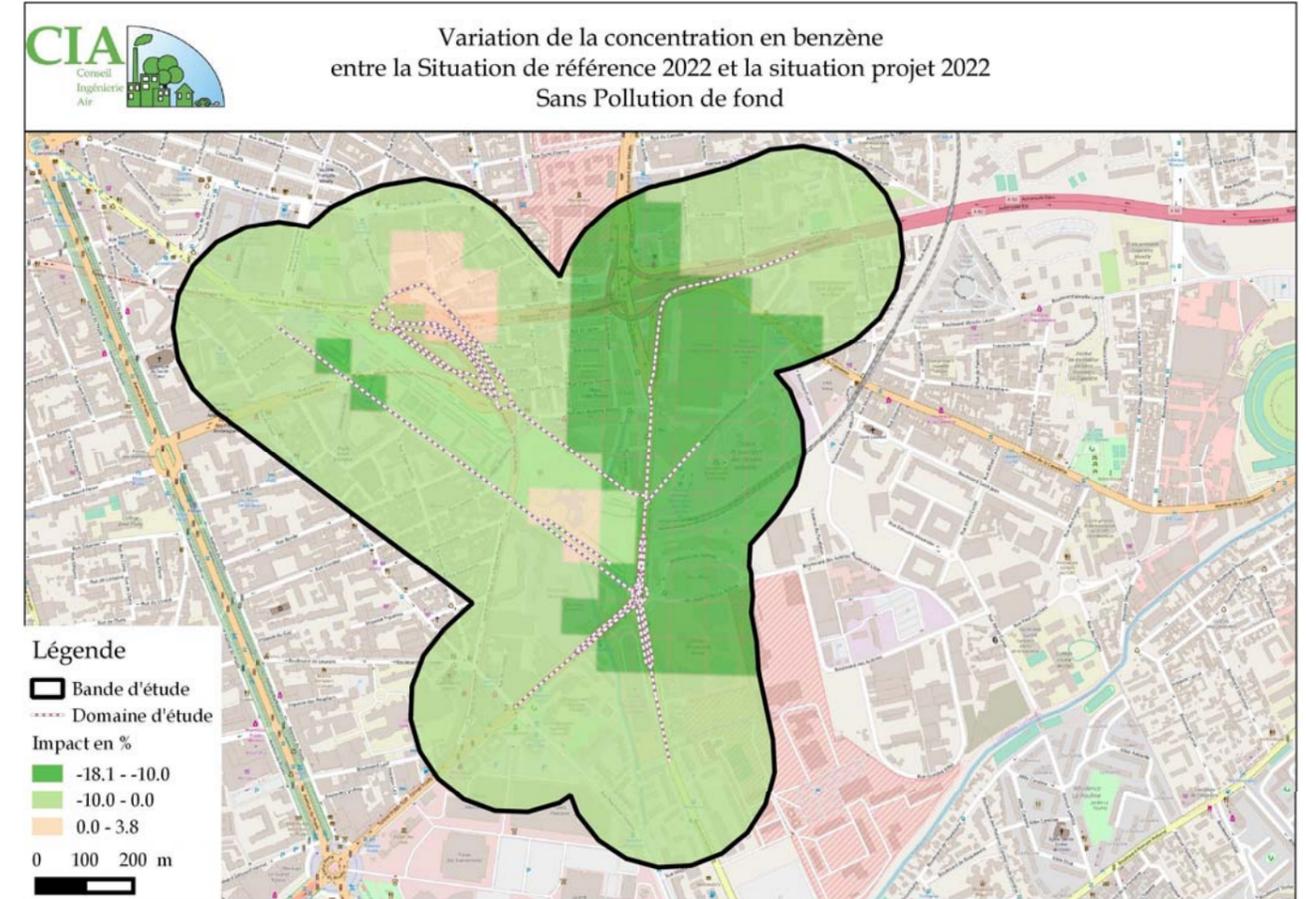
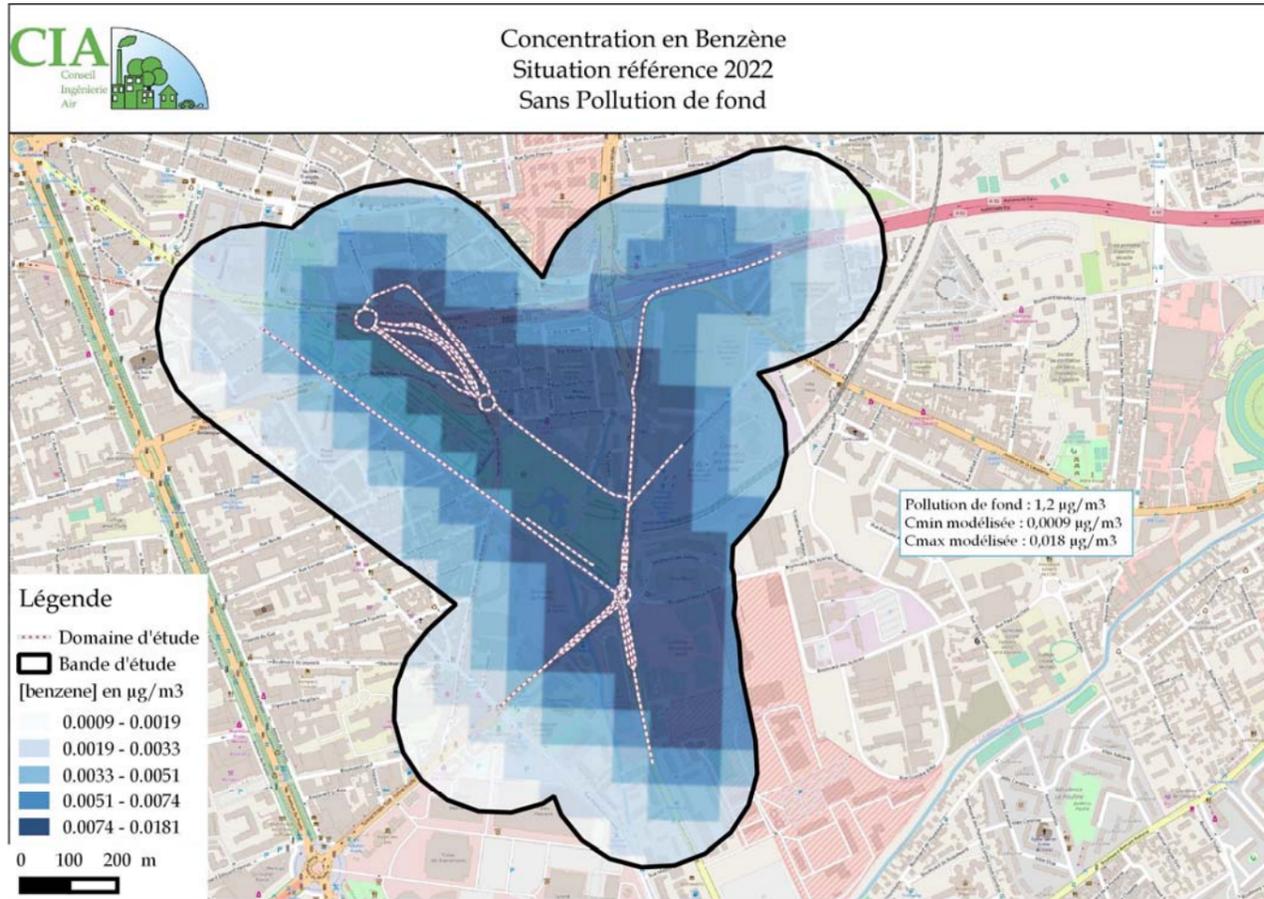
Lorsque l'on observe la carte de variation de la concentration entre les situations avec et sans projet, on notera dans un premier temps que les variations sont extrêmement faibles (+- 0,1%max). On notera ensuite que l'impact du projet est englobé dans la pollution de fond et que les variations ne sont pas significatives à l'échelle de la qualité de l'air ambiante.

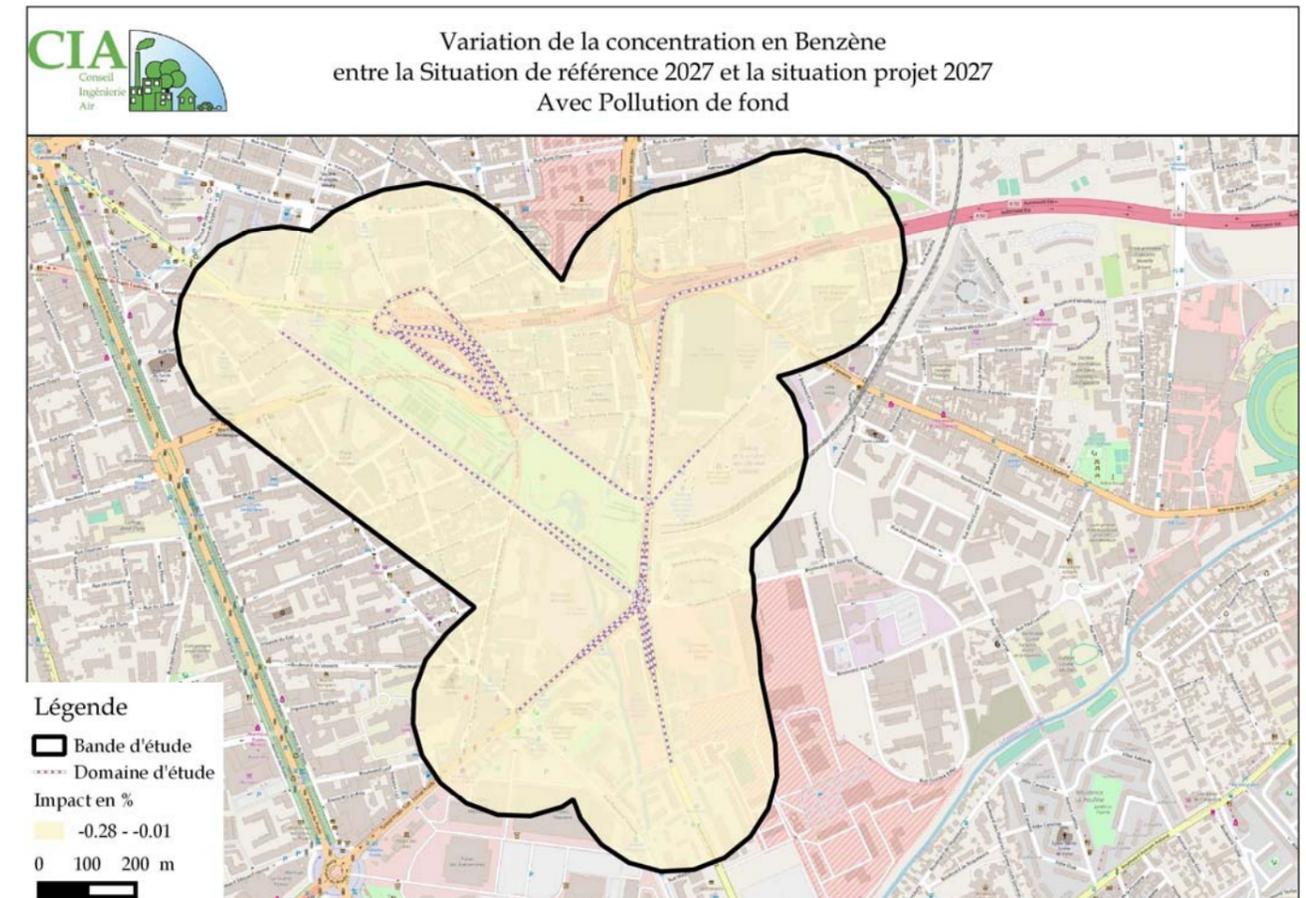
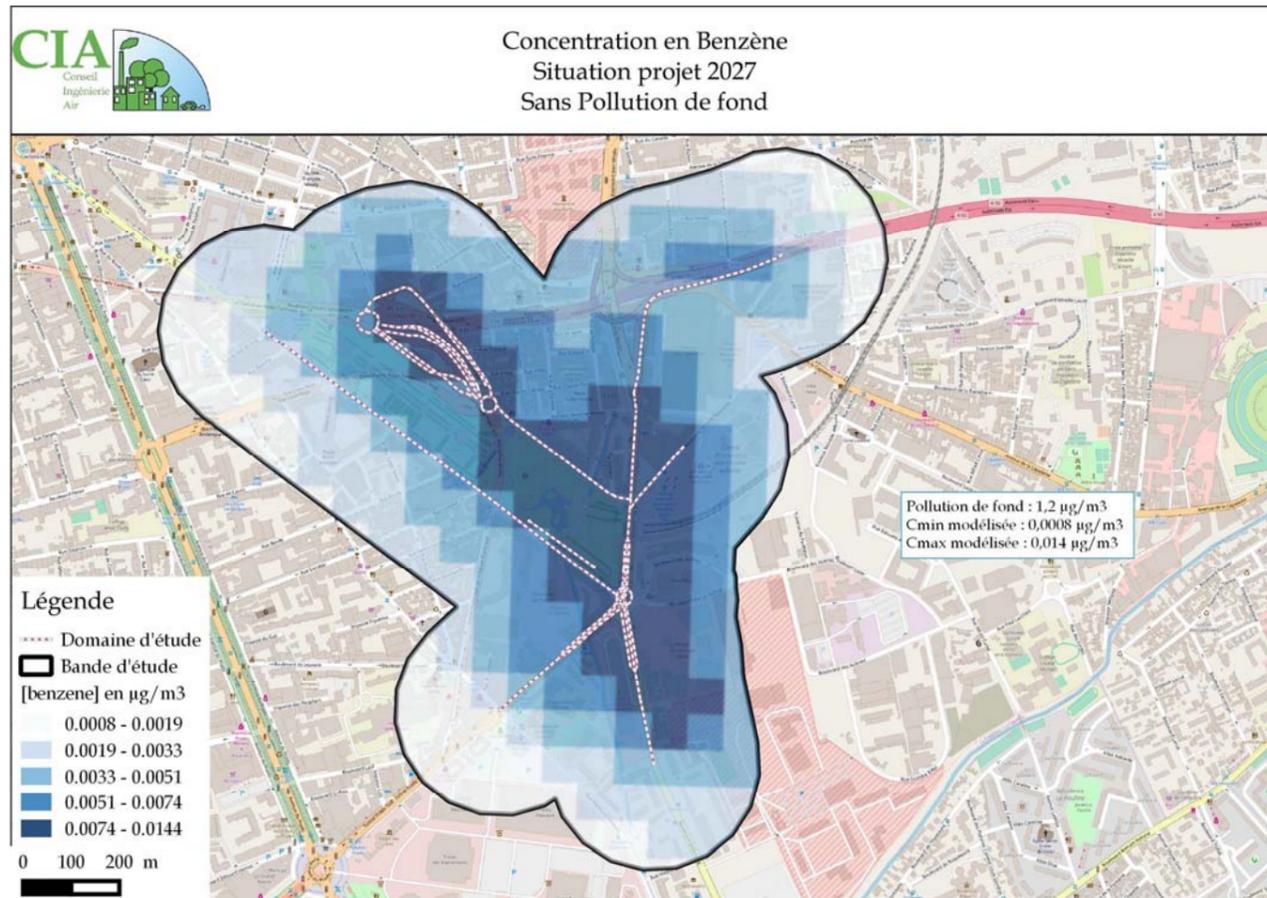
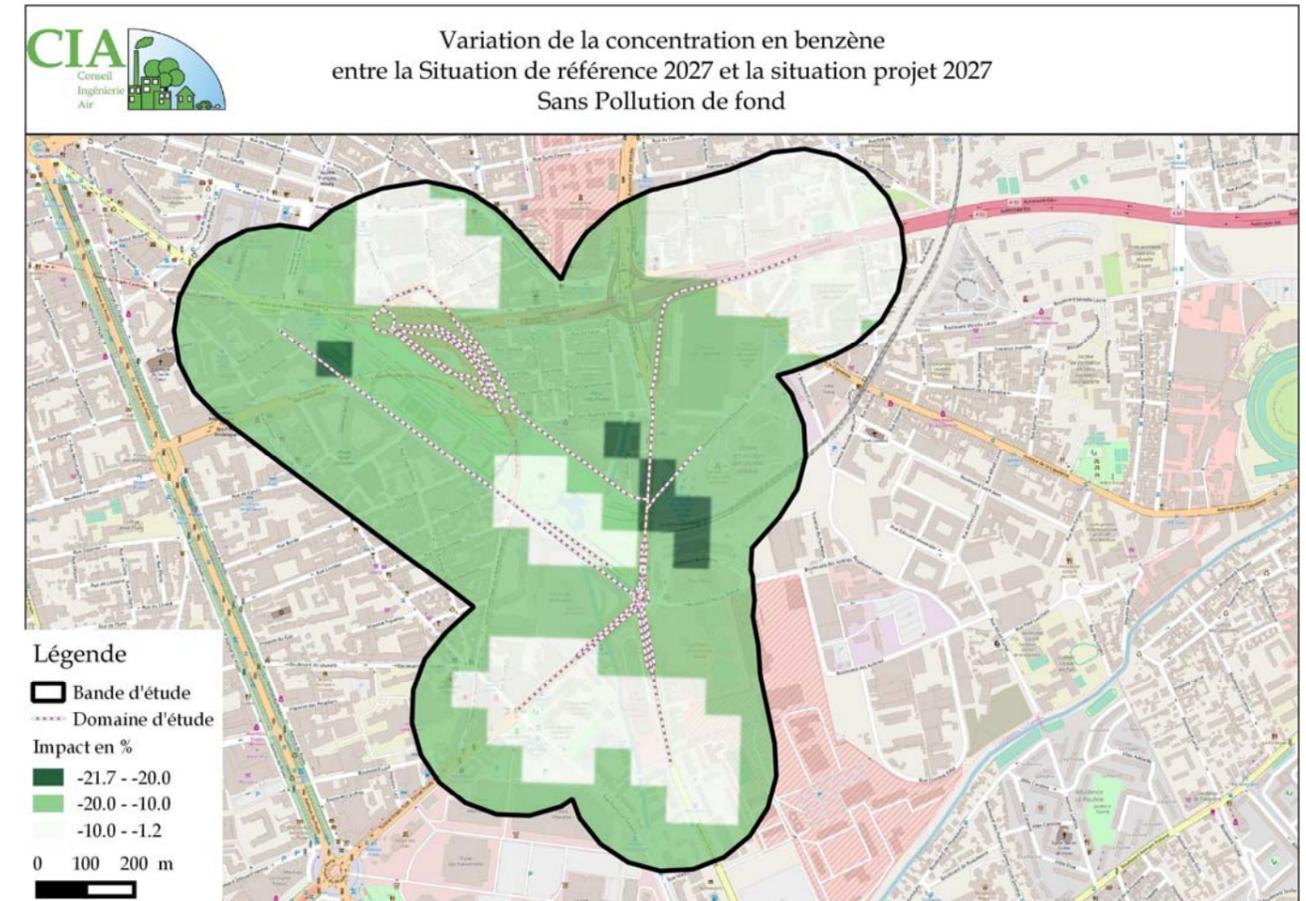
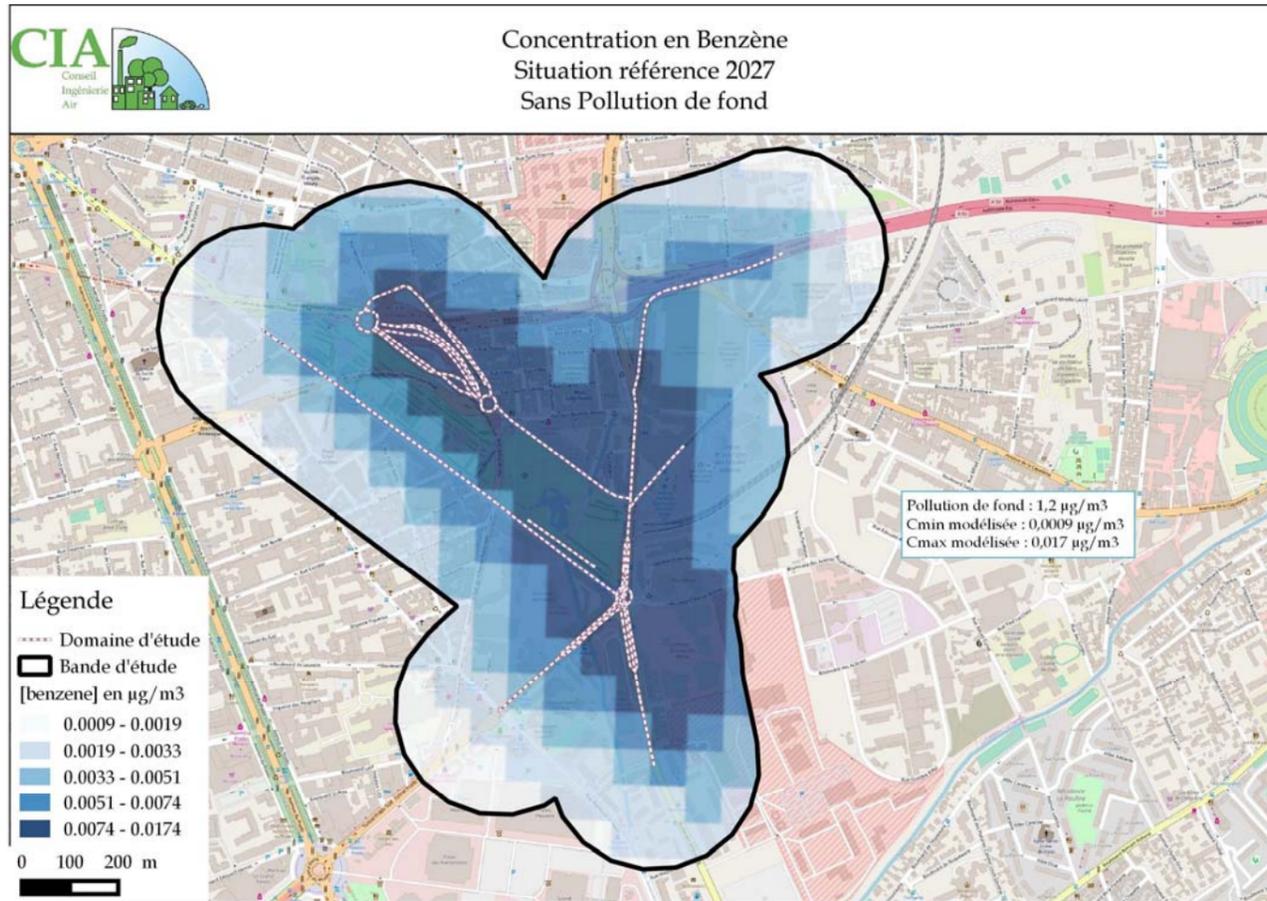
On notera que les concentrations sont inférieures à l'objectif de qualité (2 µg/m³).

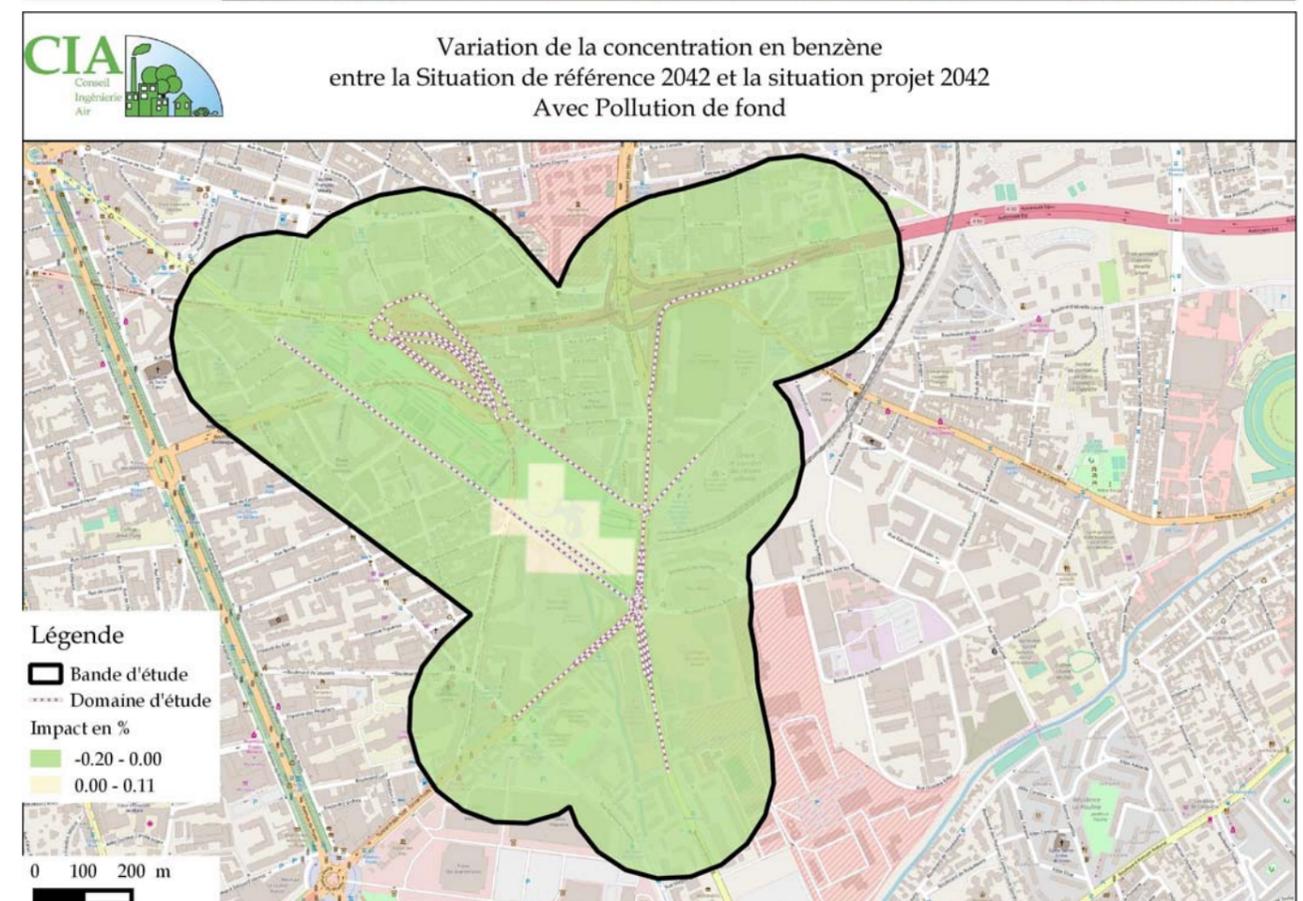
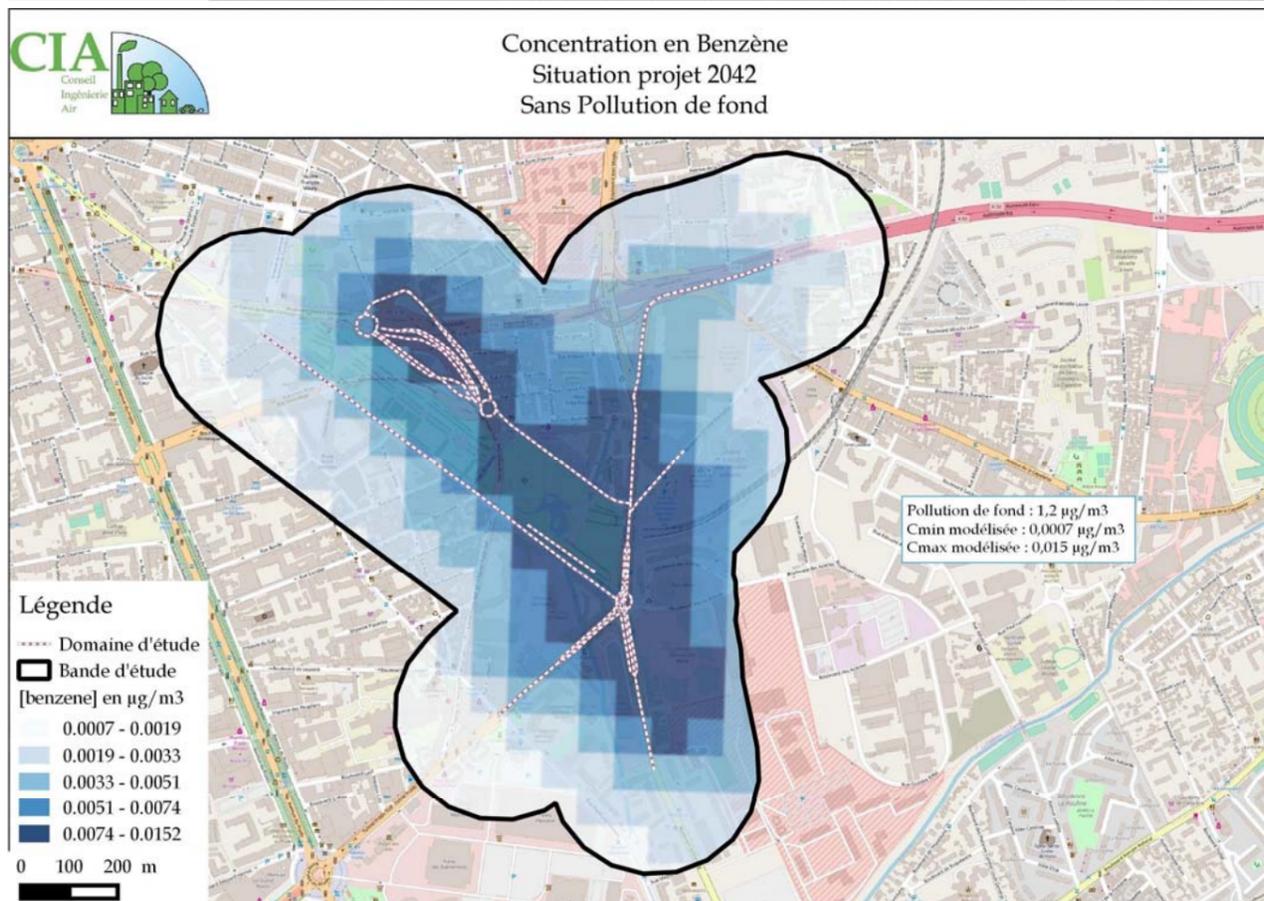
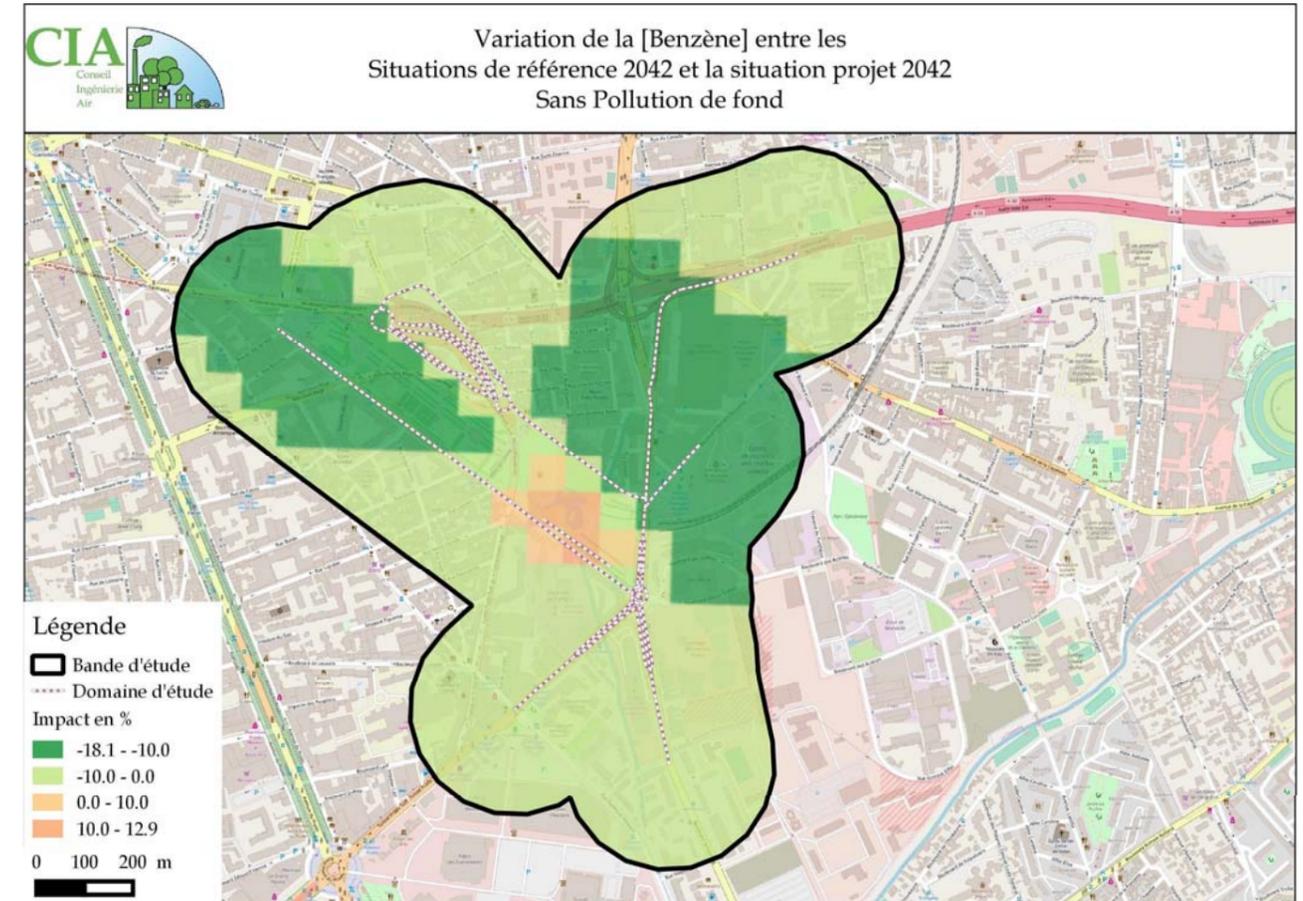
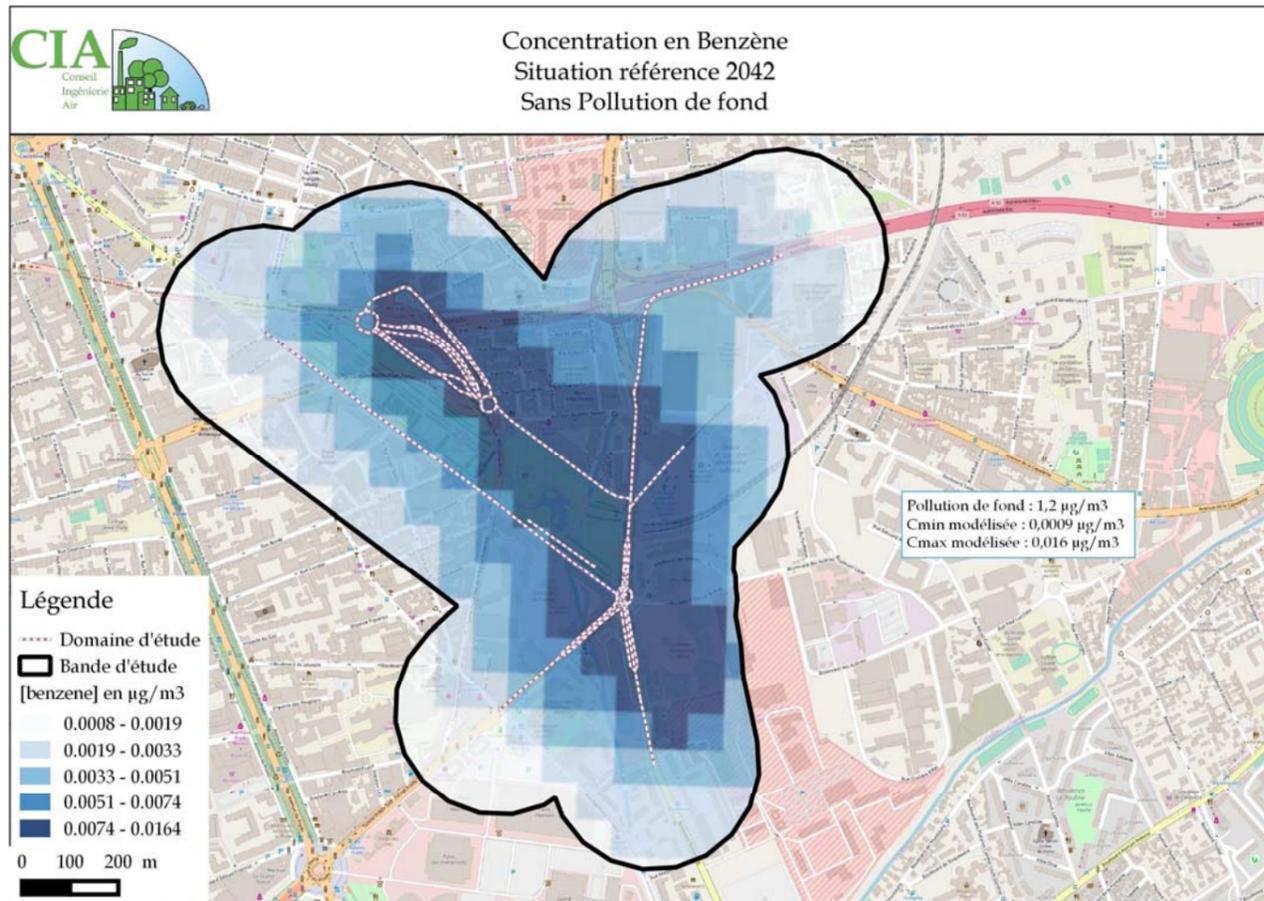
Figure 46 : cartographies des modélisations de la concentration en benzène en situation de référence 2022, 2027 et 2042 et en situation projet 2022 (mise en service), 2027 (5 ans après la mise en service) et 2042 (20 ans après la mise en service)

Cartographies en pages suivantes selon la disposition suivante :

REF2022 sans pollution de fond	Variation 2022 sans pollution de fond	REF2027 sans pollution de fond	Variation 2027 sans pollution de fond	REF2042 sans pollution de fond	Variation 2042 sans pollution de fond
PRO2022 sans pollution de fond	Variation 2022 avec pollution de fond	PRO2027 sans pollution de fond	Variation 2027 avec pollution de fond	PRO2042 sans pollution de fond	Variation 2042 avec pollution de fond







DISPERSION DU DIOXYDE D'AZOTE

Cartographie sans la pollution de fond

A l'état actuel, les concentrations de NO₂ les plus élevées se concentrent au droit de la place Ferrié, du boulevard Schlœsing, du chemin de l'Argile et du boulevard Rabatau Nord.

Les concentrations restent dans le même ordre de grandeur entre la situation de référence et la situation actuelle, cependant on observe une amélioration de la qualité de l'air car les concentrations les plus élevées sont moins étendues et se concentrent sur la place Ferrié et Rabatau Nord.

La situation future avec projet met en évidence une accumulation du NO₂ entre l'avenue Jules Cantini et le Chemin de l'Argile, soit au niveau du Parc du 26^{ème} centenaire. Les concentrations les plus élevées sont également situées au niveau de la place Ferrié et sur Rabatau Nord et du boulevard Schlœsing.

La carte de variation des concentrations permet de se rendre compte de l'amélioration globale sur l'ensemble de la bande d'étude et de la dégradation de la qualité de l'air au droit de l'ouverture du tunnel dans le parc.

En effet, la mise en place de la bretelle souterraine Schlœsing entraîne une augmentation non négligeable du trafic en entrée et sortie de bretelle, et améliore la situation sur Rabatau Nord, induite par la diminution de la fréquentation des VL.

Cartographie avec la pollution de fond

La concentration de fond du dioxyde d'azote est de 16 µg/m³.

Les concentrations modélisées sont largement inférieures à l'objectif de qualité de 40 µg/m³.

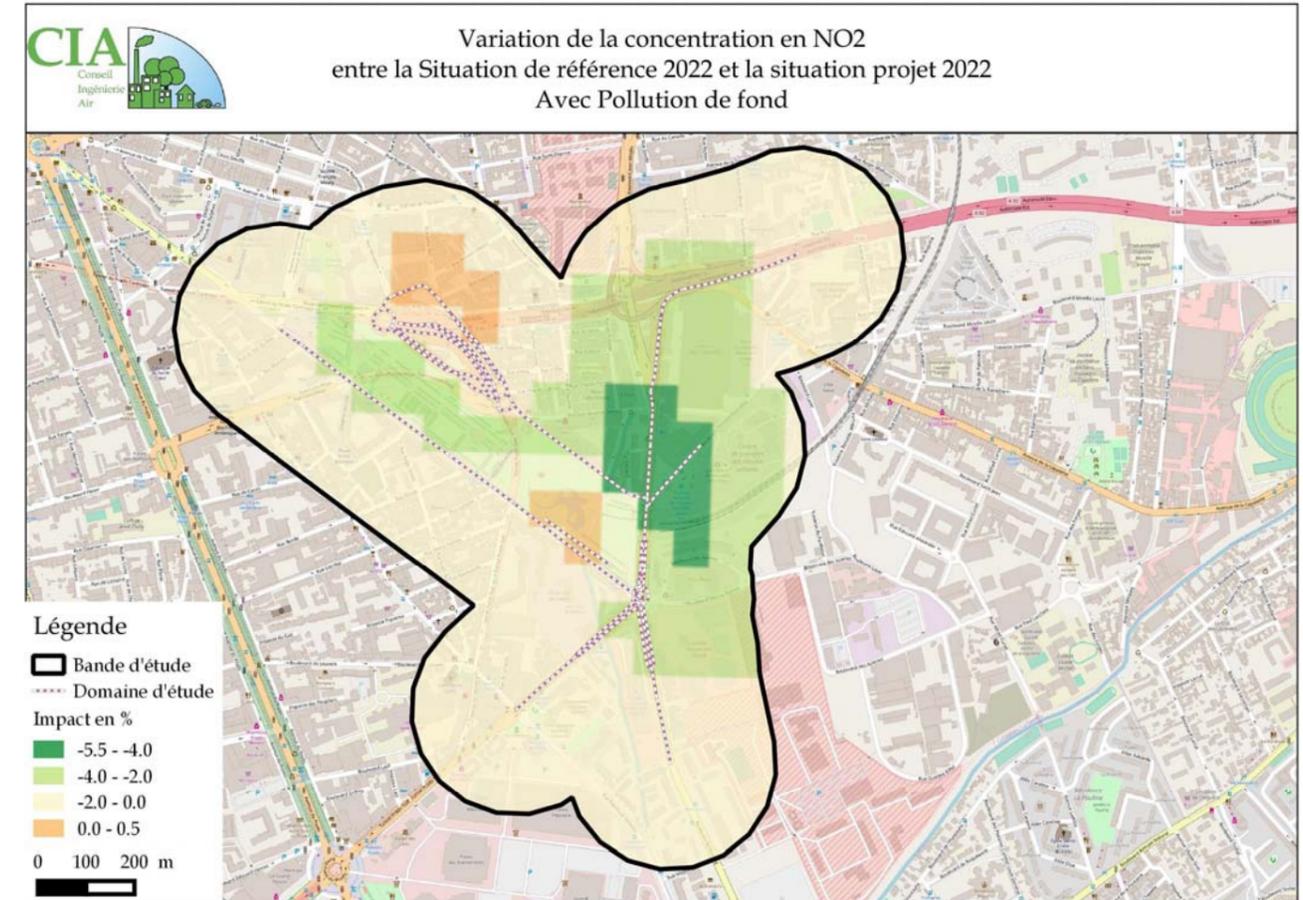
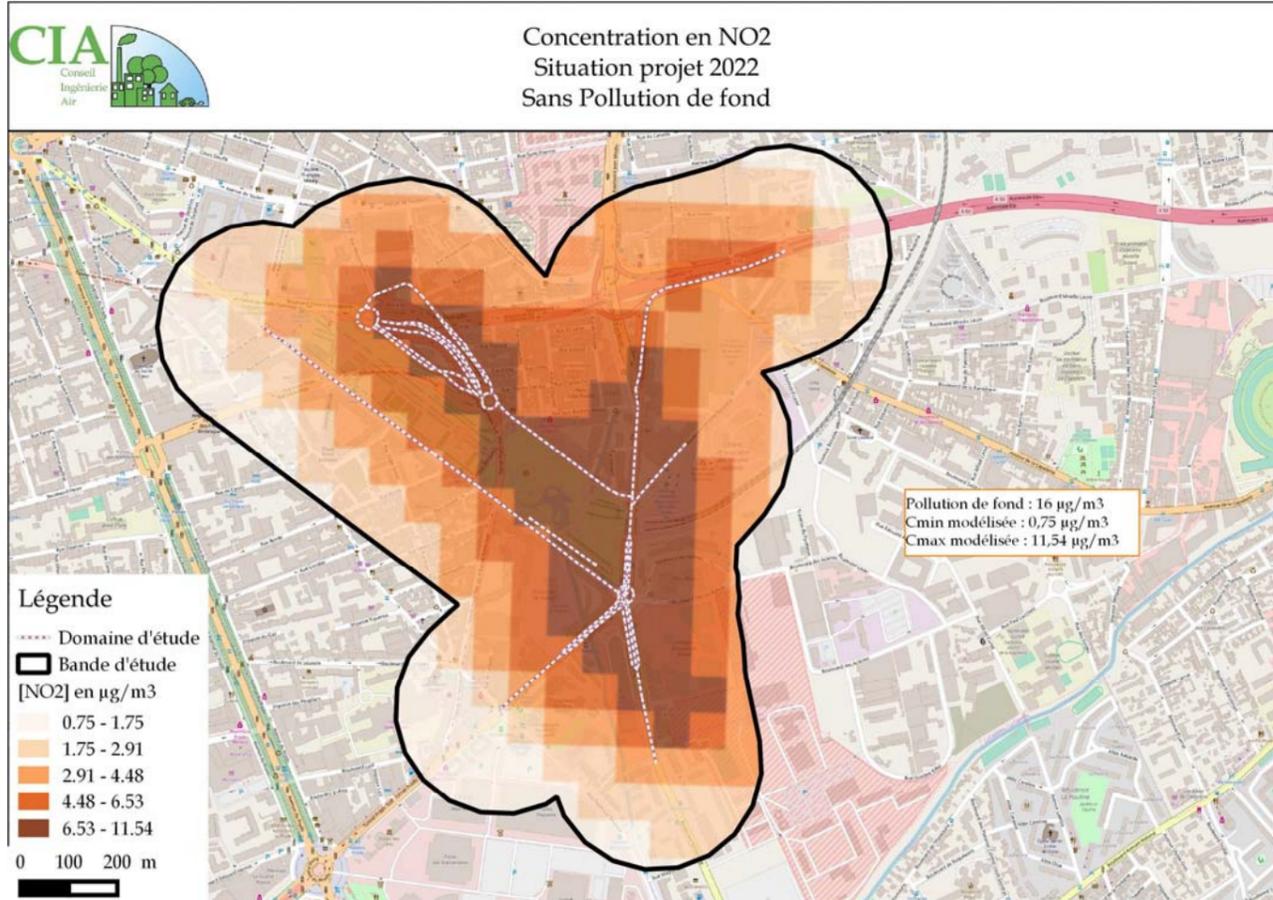
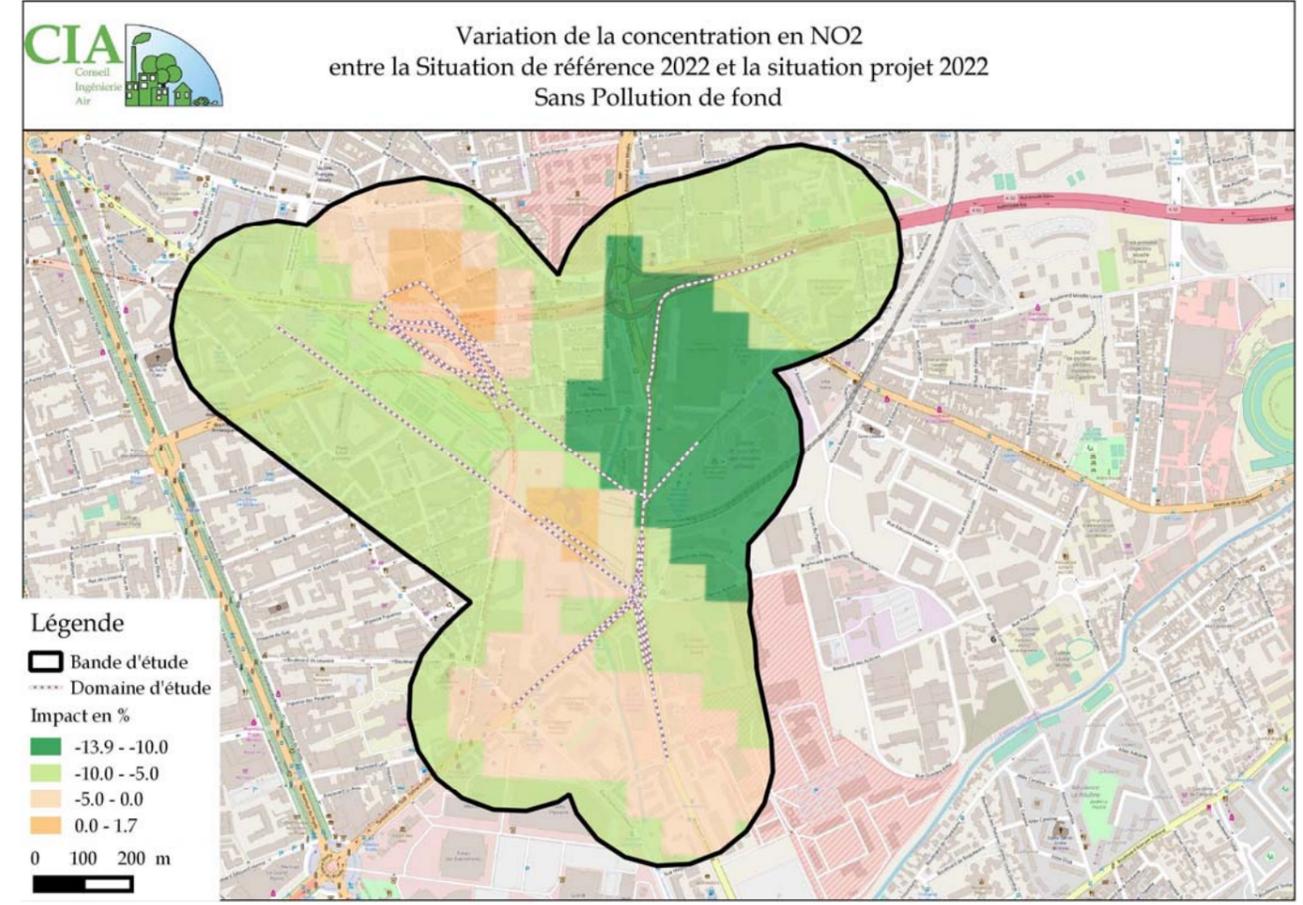
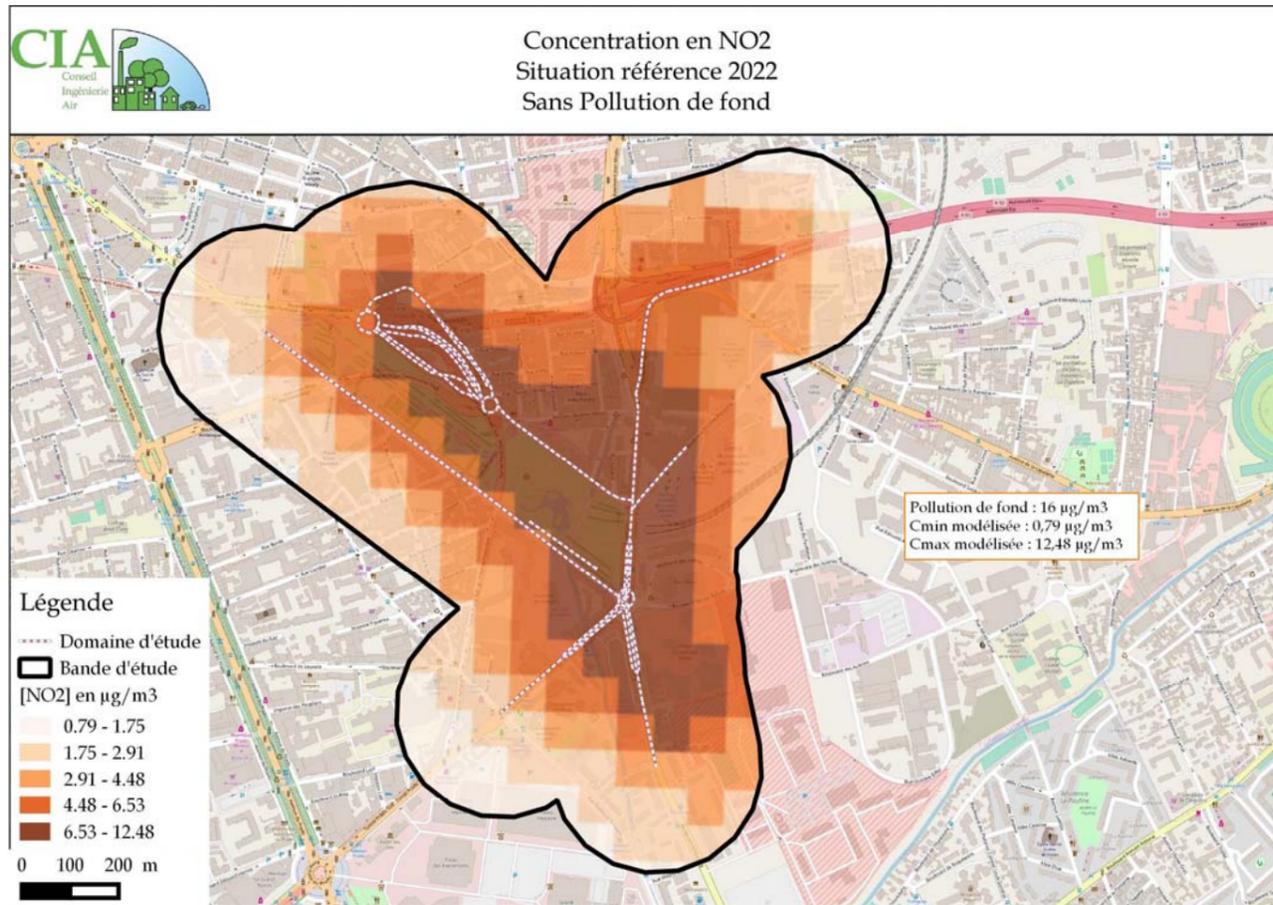
En intégrant la pollution de fond on observe une amélioration de la qualité de l'air dans l'ensemble de la bande d'étude à l'horizon 2027.

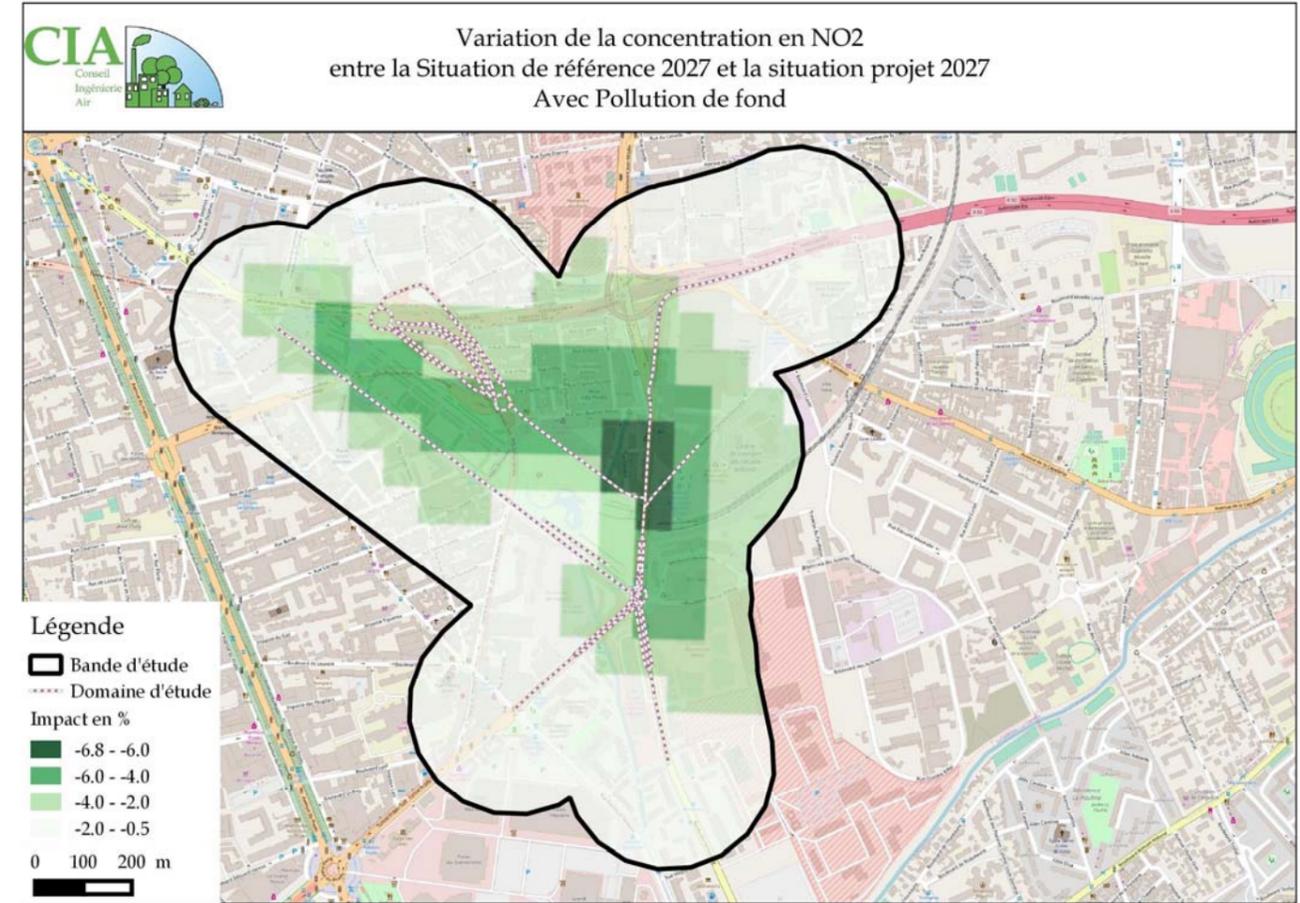
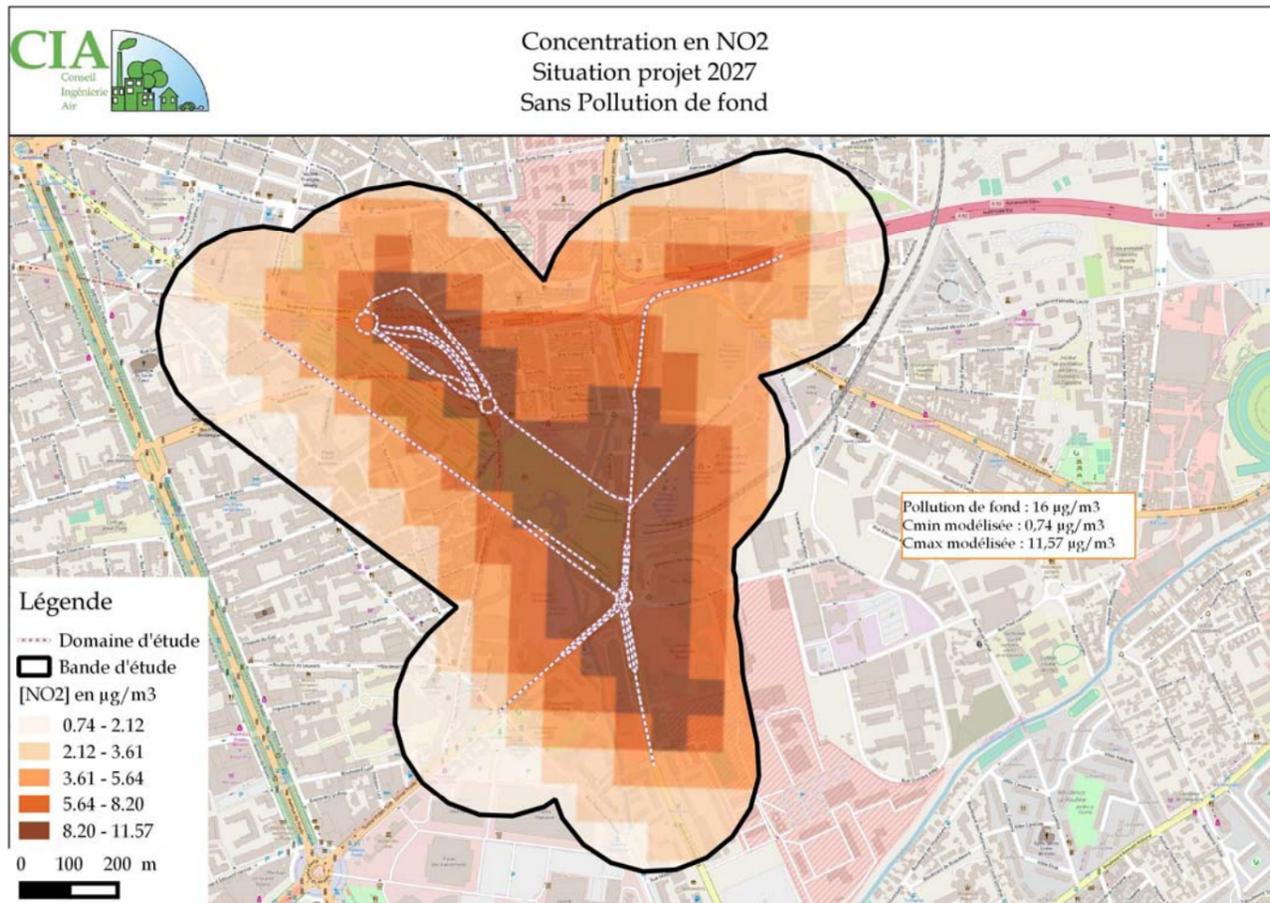
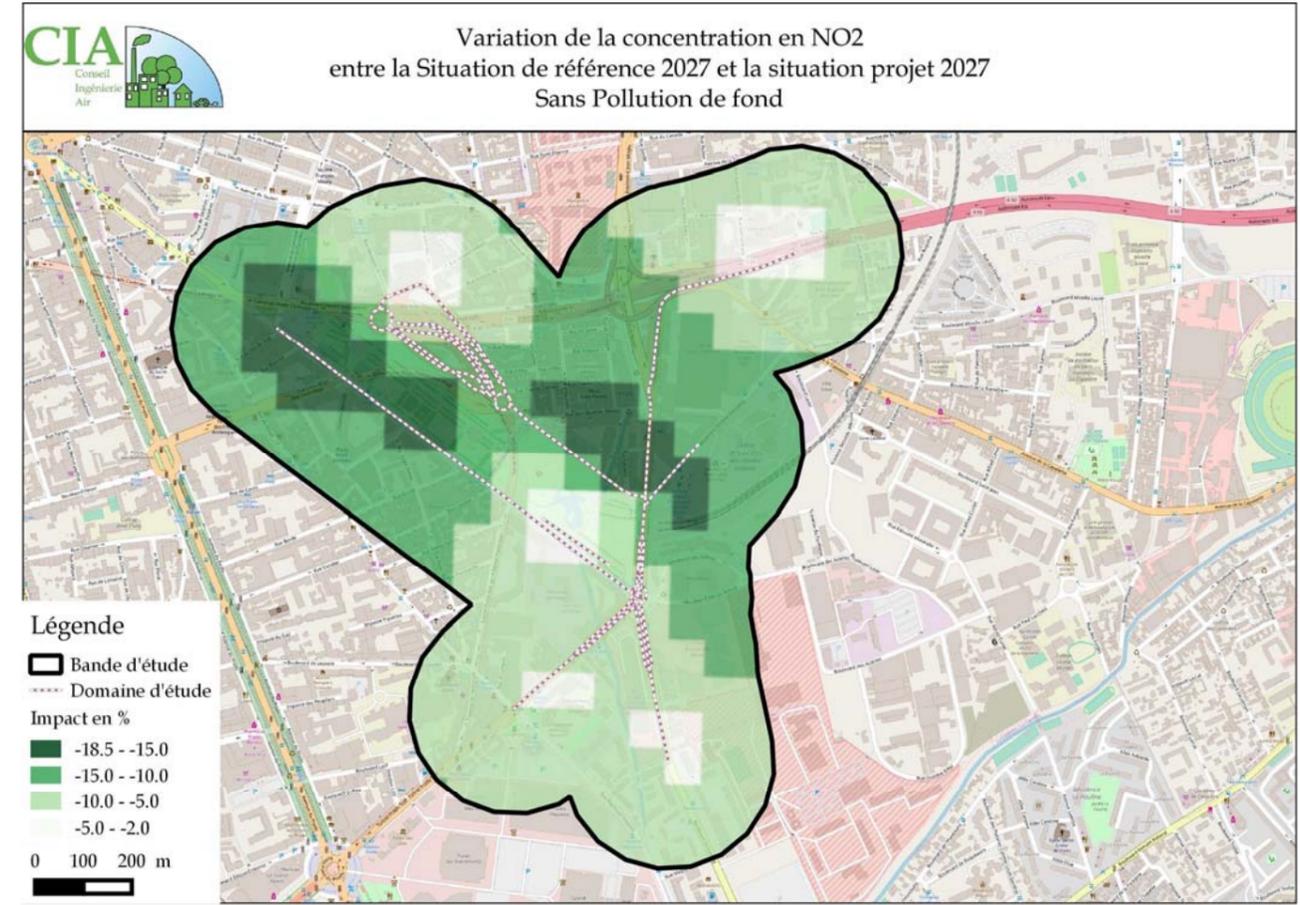
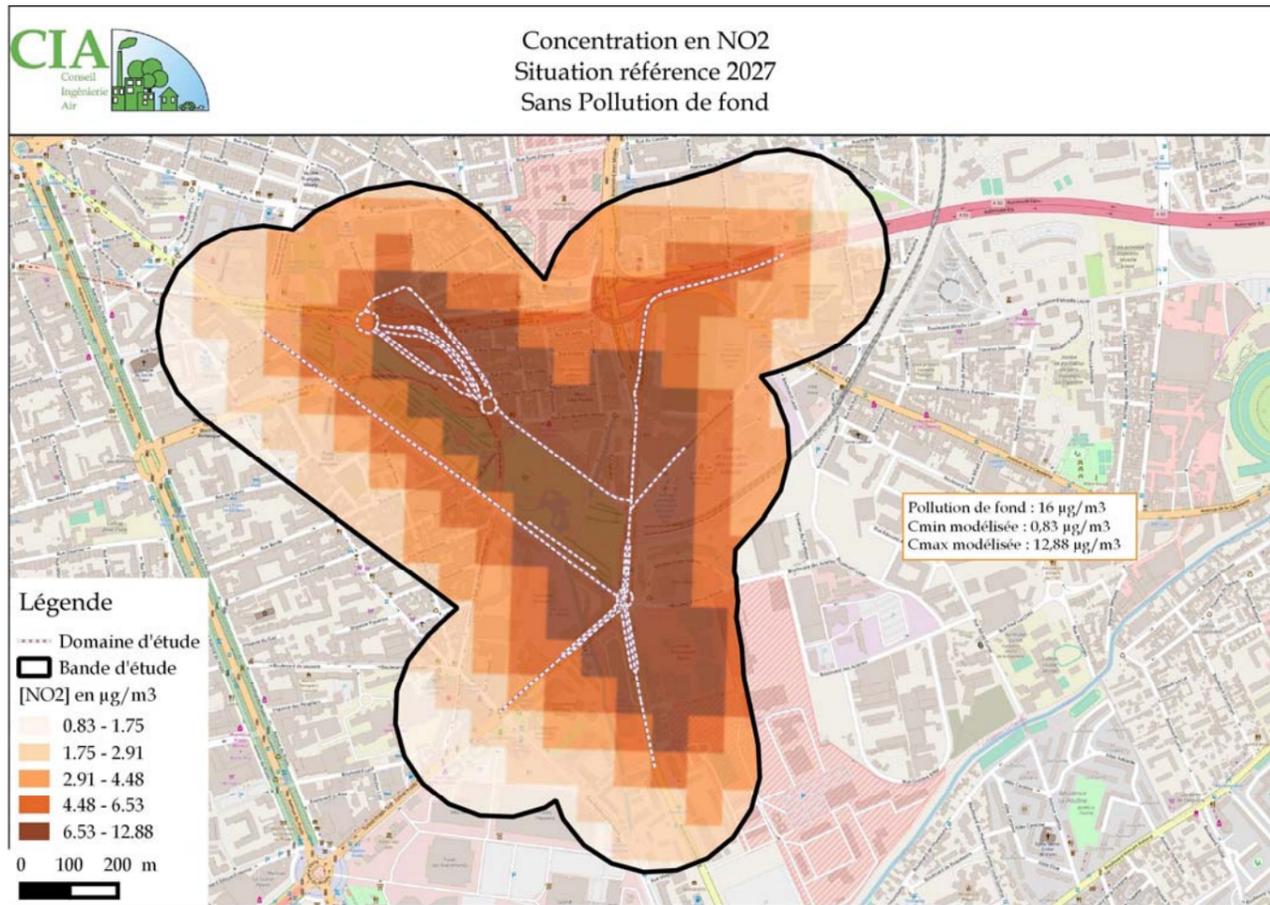
L'impact du projet est complètement masqué par la pollution de fond, car on observe un impact de 2% maximum.

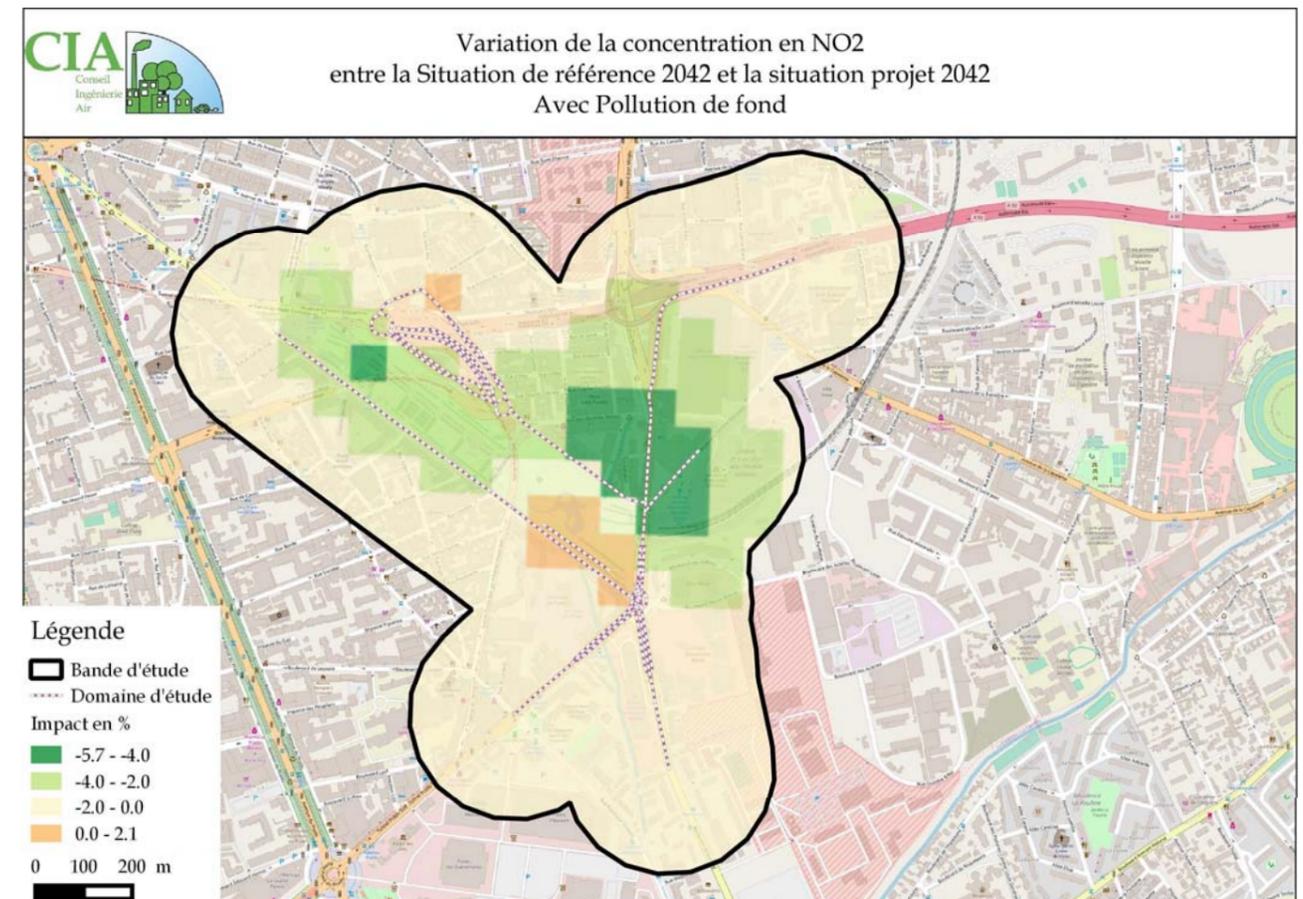
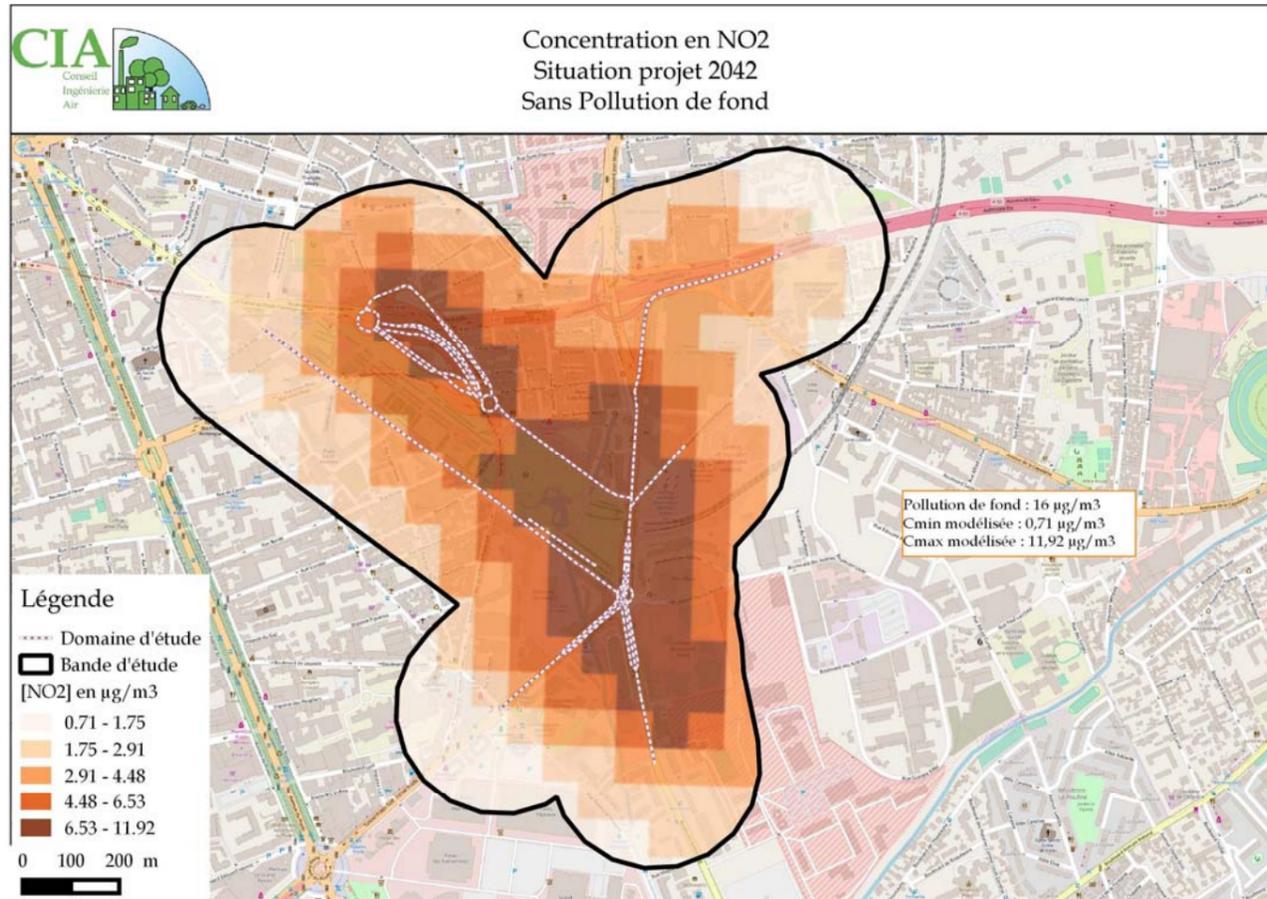
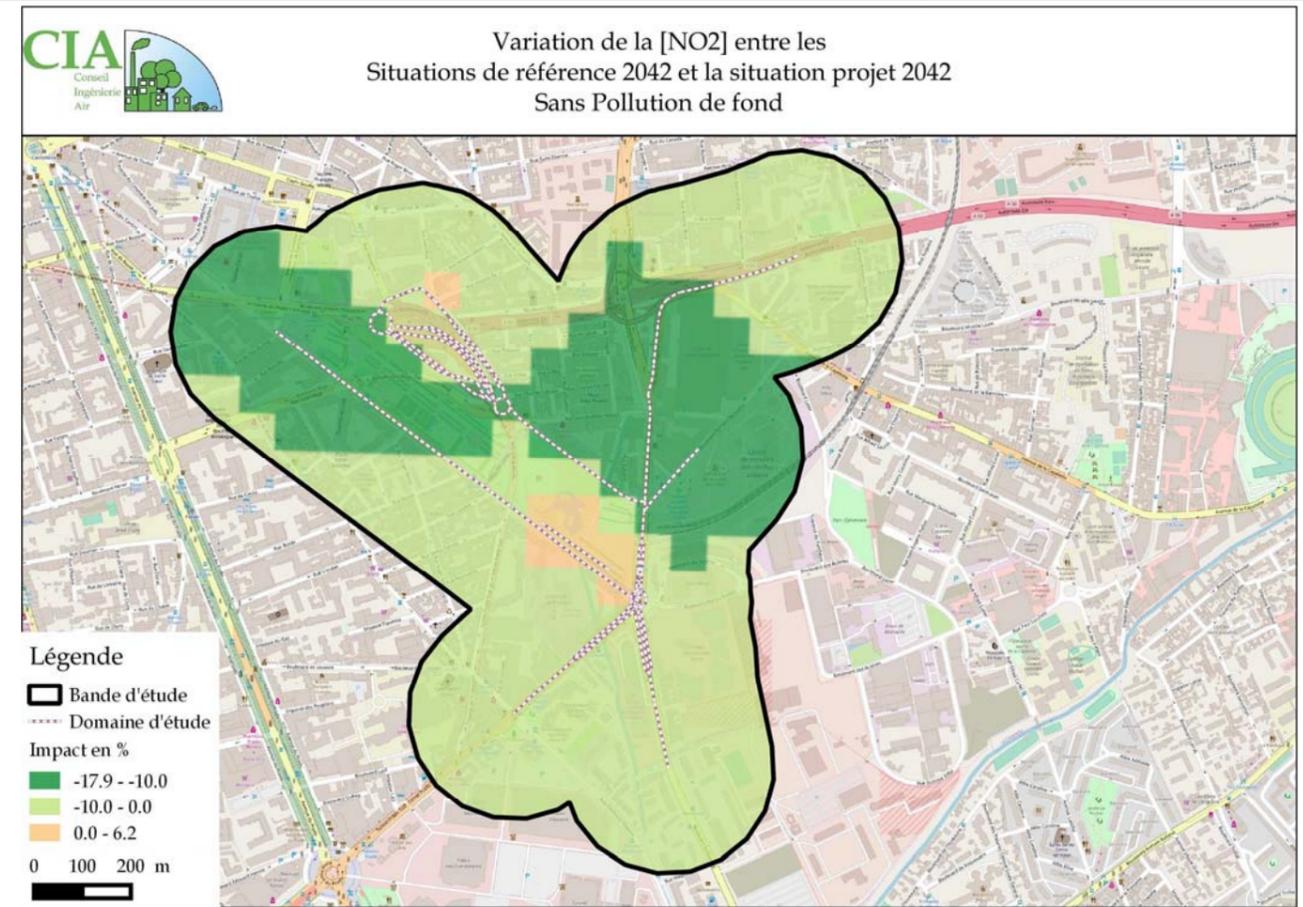
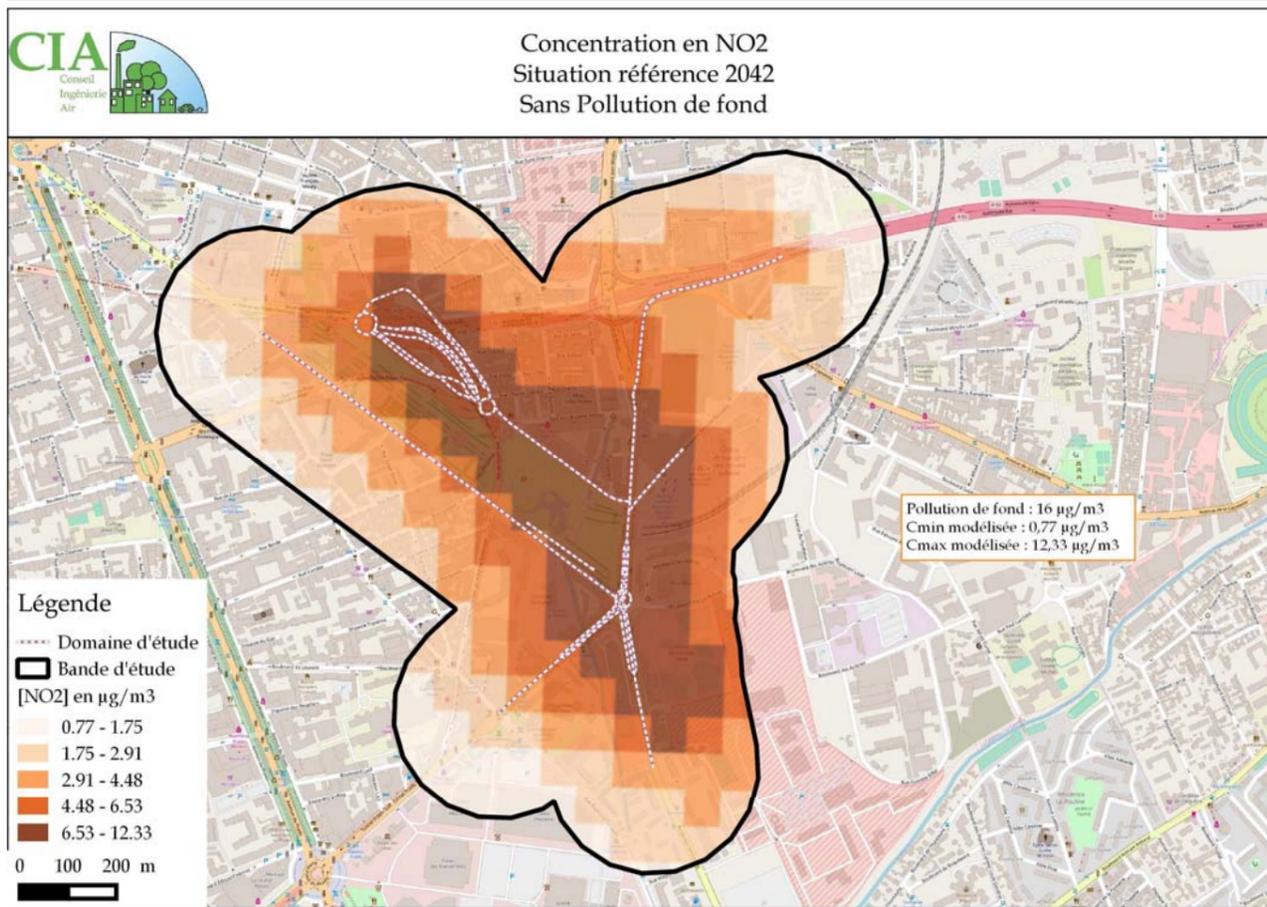
Figure 47 : cartographies des modélisations de la concentration en NO₂ en situation de référence 2022, 2027 et 2042 et en situation projet 2022 (mise en service), 2027 (5 ans après la mise en service) et 2042 (20 ans après la mise en service) et variations de ces concentrations

Cartographies en pages suivantes selon la disposition suivante :

REF2022 sans pollution de fond	Variation 2022 sans pollution de fond	REF2027 sans pollution de fond	Variation 2027 sans pollution de fond	REF2042 sans pollution de fond	Variation 2042 sans pollution de fond
PRO2022 sans pollution de fond	Variation 2022 avec pollution de fond	PRO2027 sans pollution de fond	Variation 2027 avec pollution de fond	PRO2042 sans pollution de fond	Variation 2042 avec pollution de fond







DISPERSION DES PARTICULES FINES

Cartographies sans la pollution de fond

Les constats sont les mêmes que pour le benzène et le NO₂ : la mise en place du projet induit une augmentation des concentrations au droit du parc du 26^{ème}centenaire, en entrée et sortie des tunnels et une amélioration sur le reste de la bande d'étude.

L'impact du projet n'est donc pas significatif au regard de la pollution ambiante.

Cartographies avec la pollution de fond

La concentration de fond des PM10 est de 24 µg/m³.

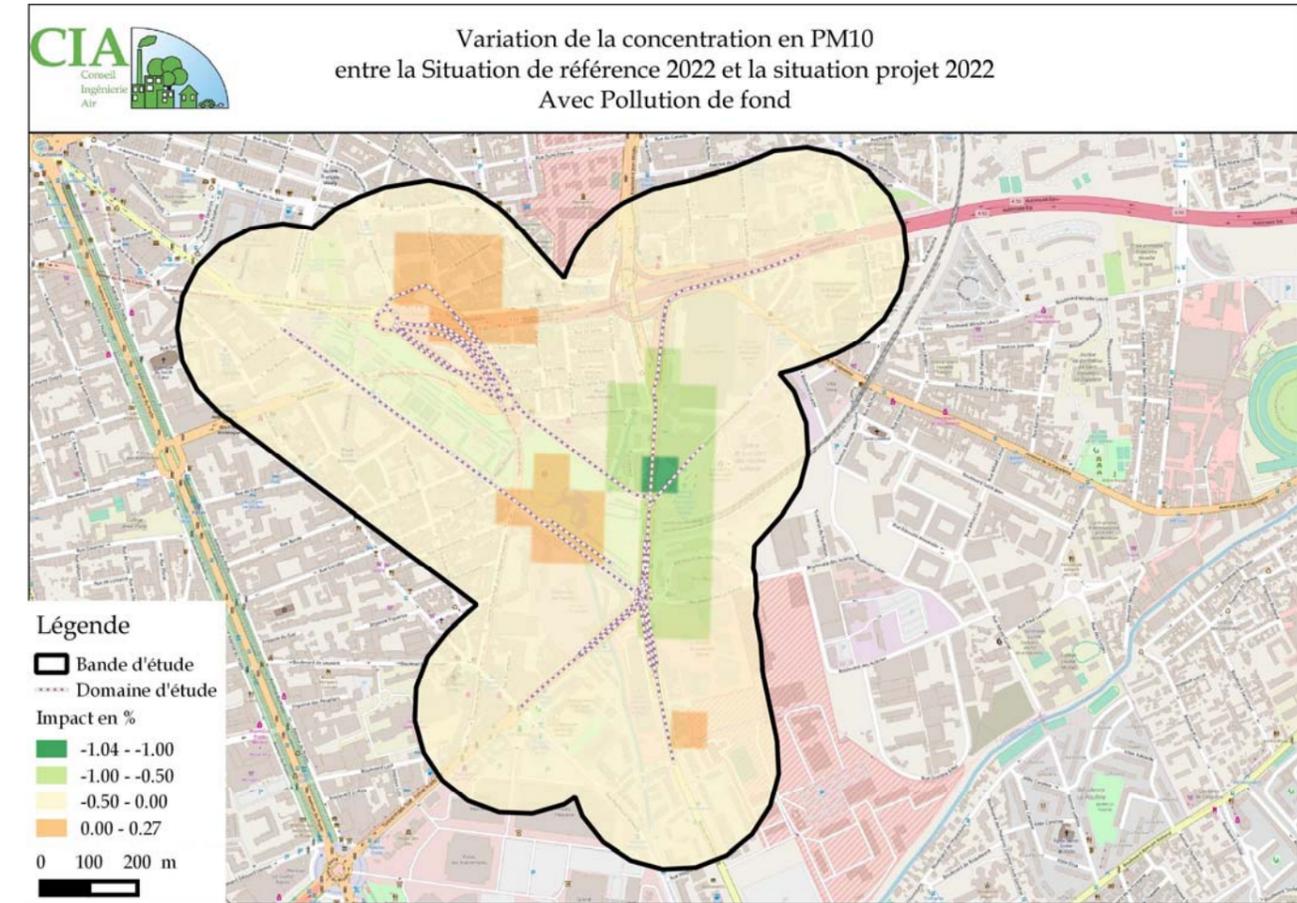
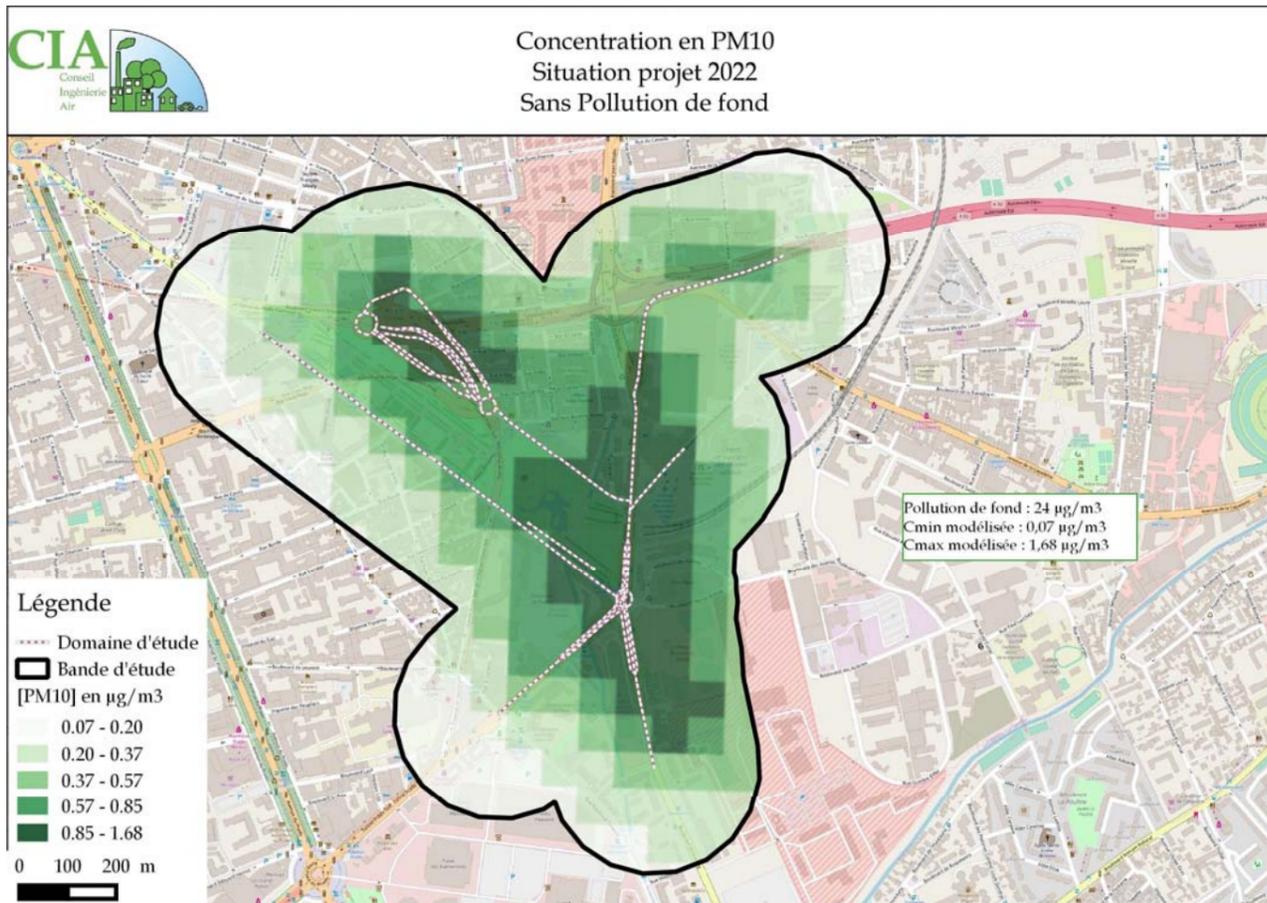
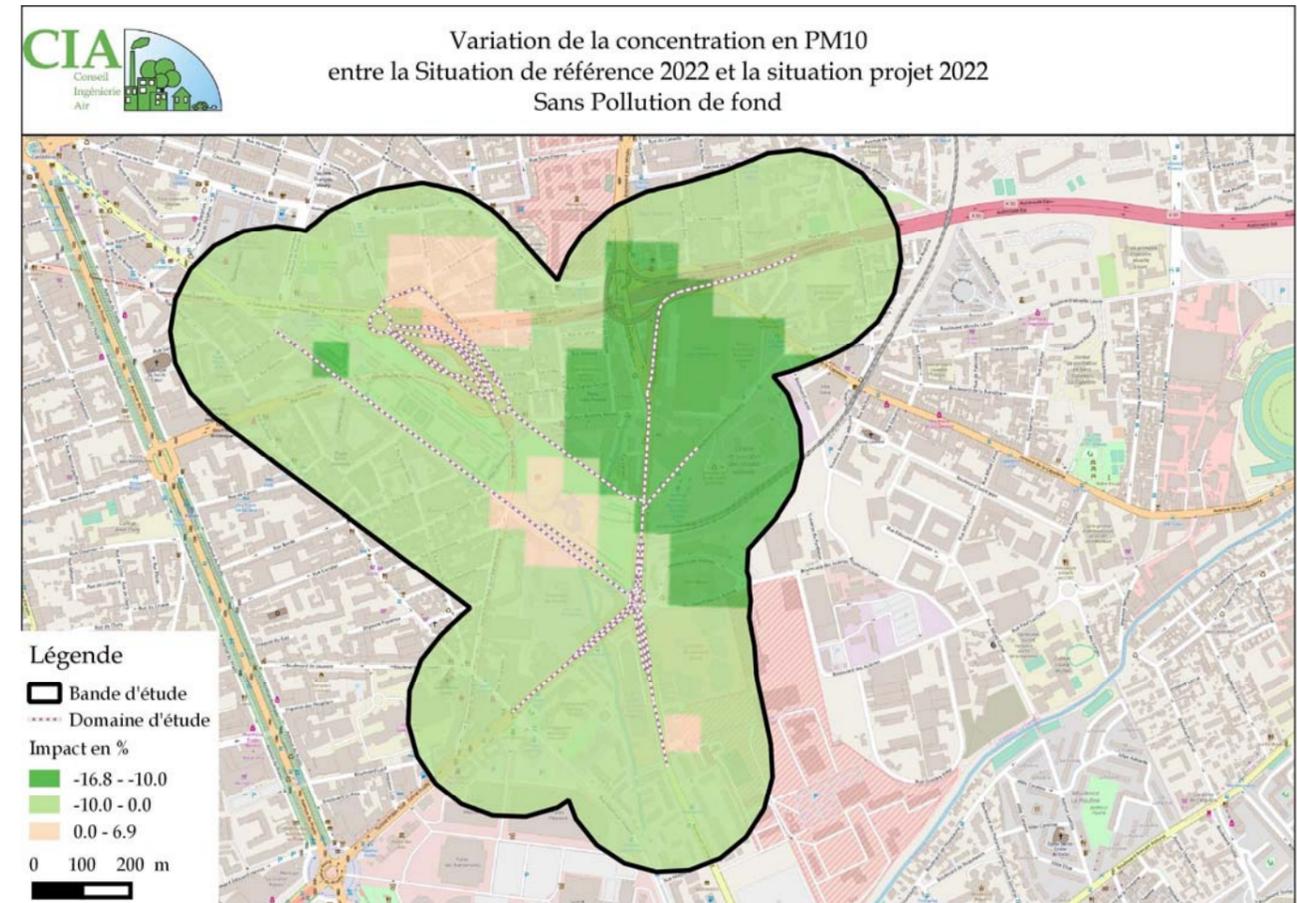
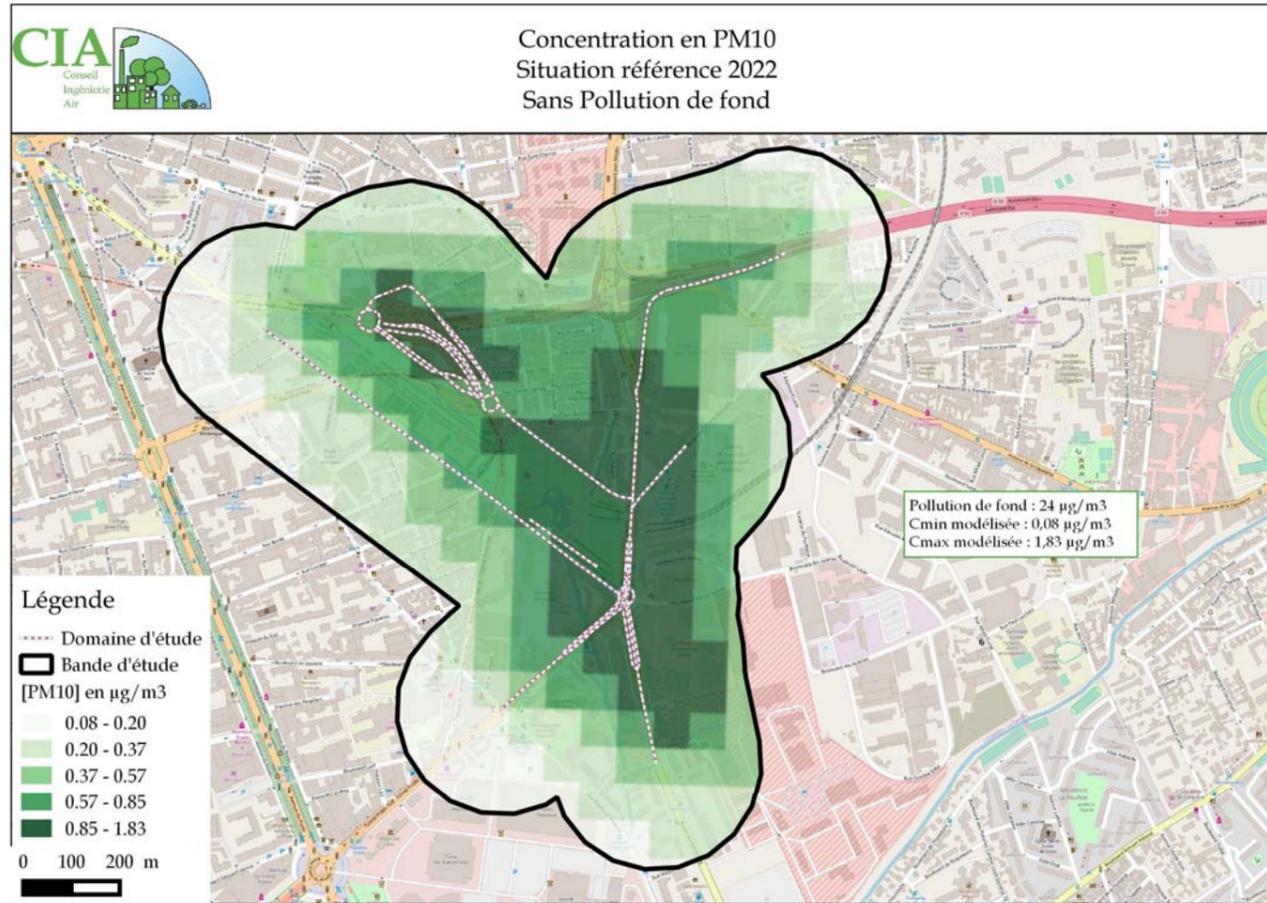
Les concentrations modélisées s'étalent entre 24 µg/m³ et 25,9 µg/m³. Les concentrations sont donc concentrées autour d'une même valeur.

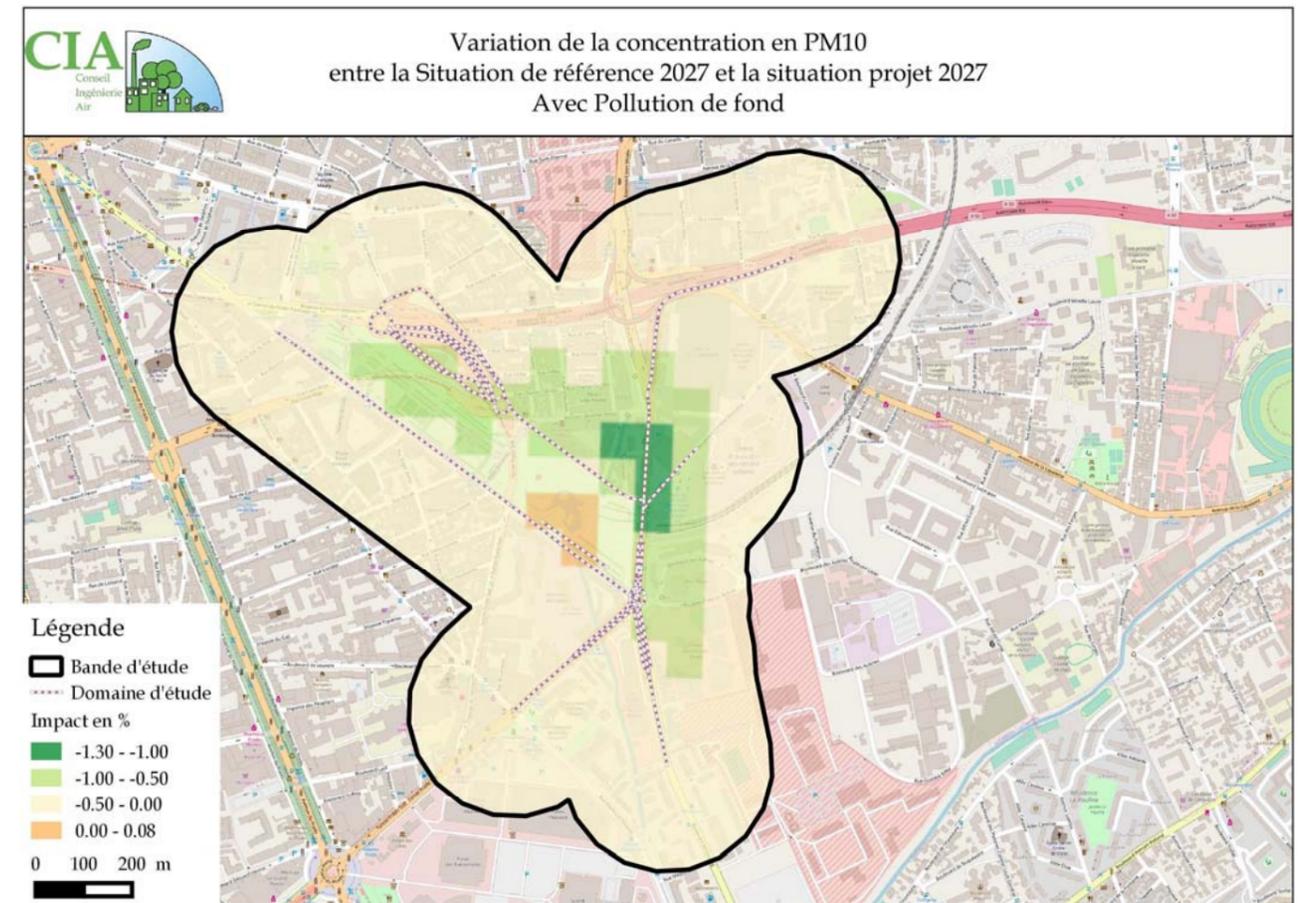
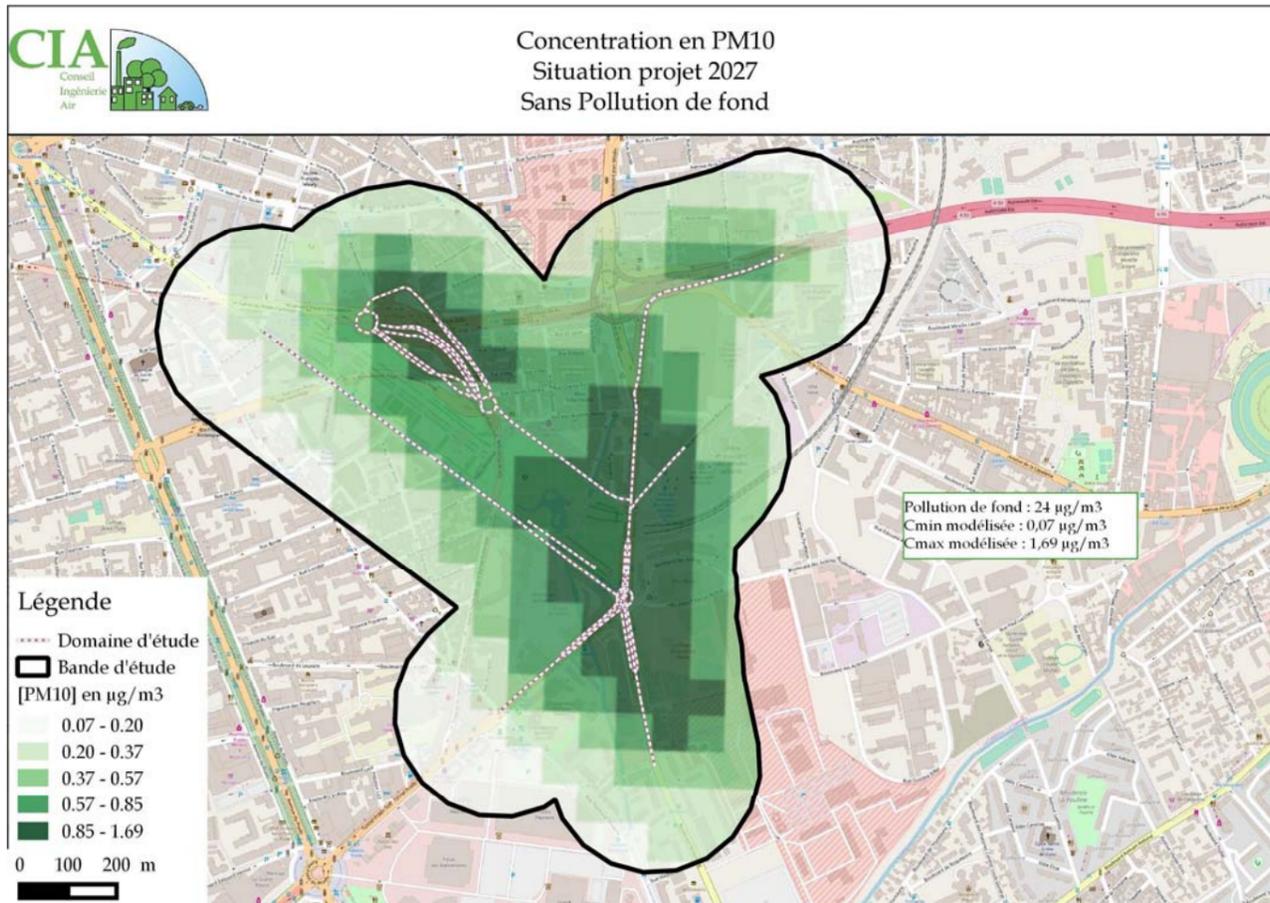
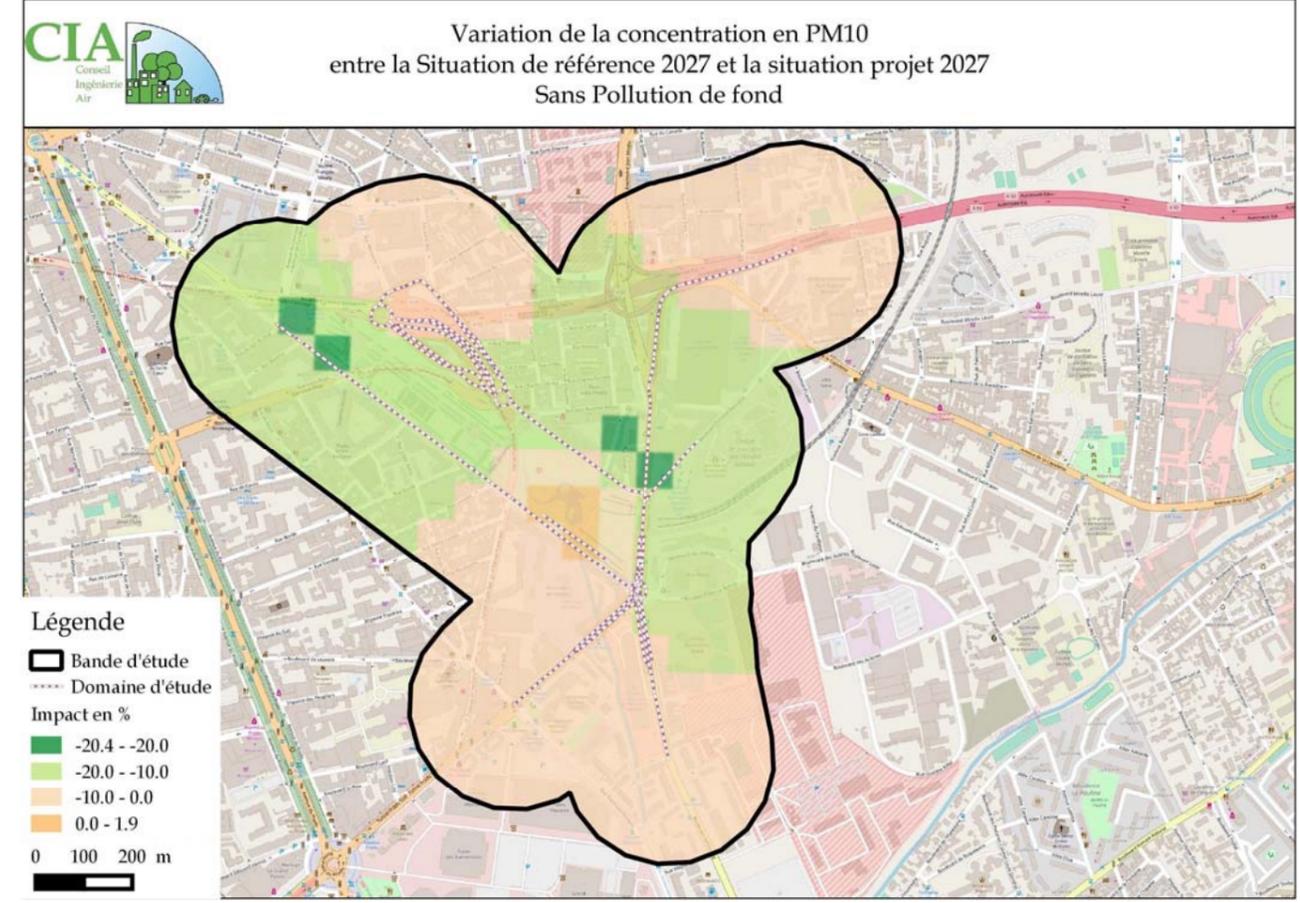
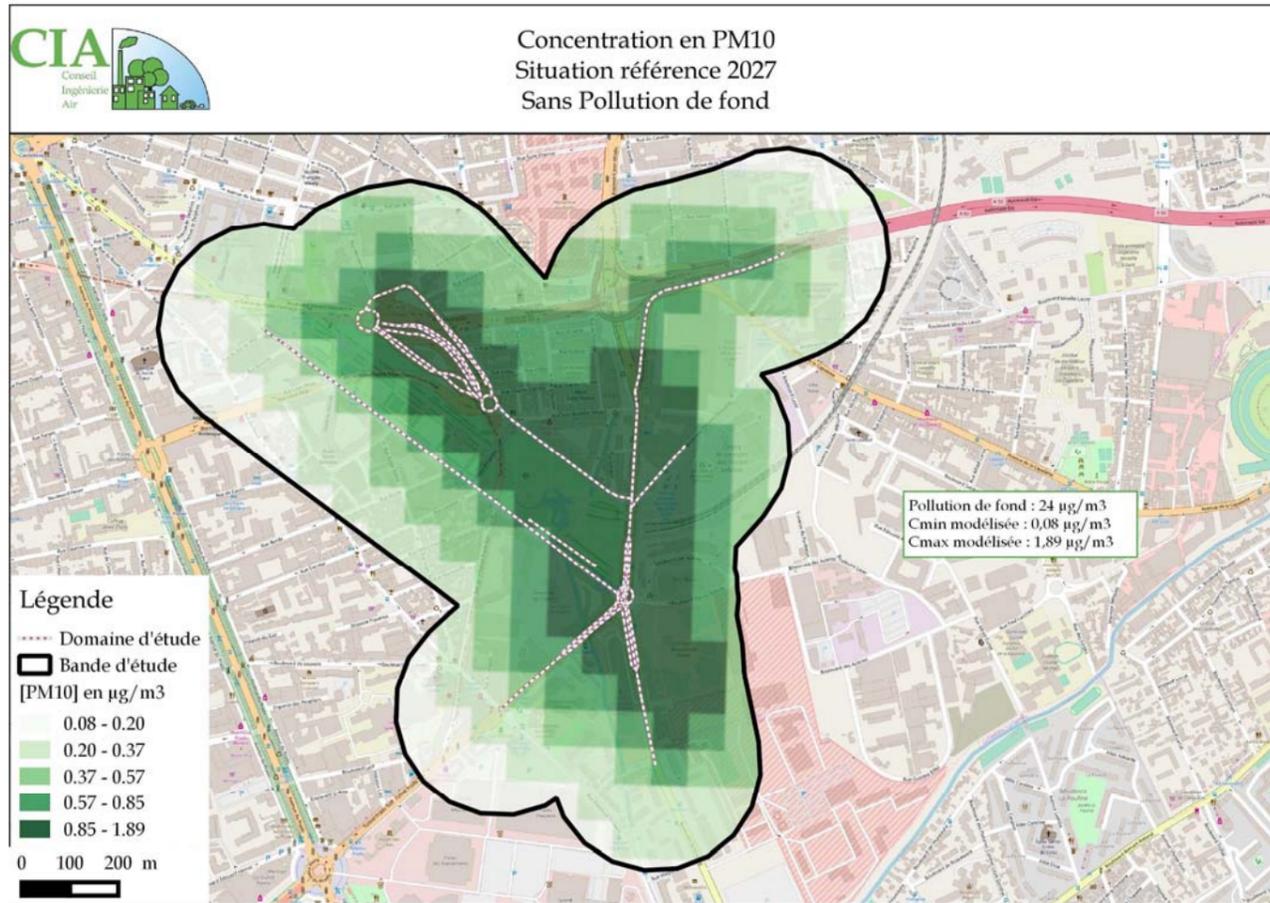
L'impact du projet est englobé dans la pollution de fond et les variations sont inférieures à 1% pour tous les horizons d'étude.

Figure 48 : cartographies des modélisations de la concentration en PM10 en situation de référence 2022, 2027 et 2042 et en situation projet 2022 (mise en service), 2027 (5 ans après la mise en service) et 2042 (20 ans après la mise en service) et variations de ces concentrations

Cartographies en pages suivantes selon la disposition suivante :

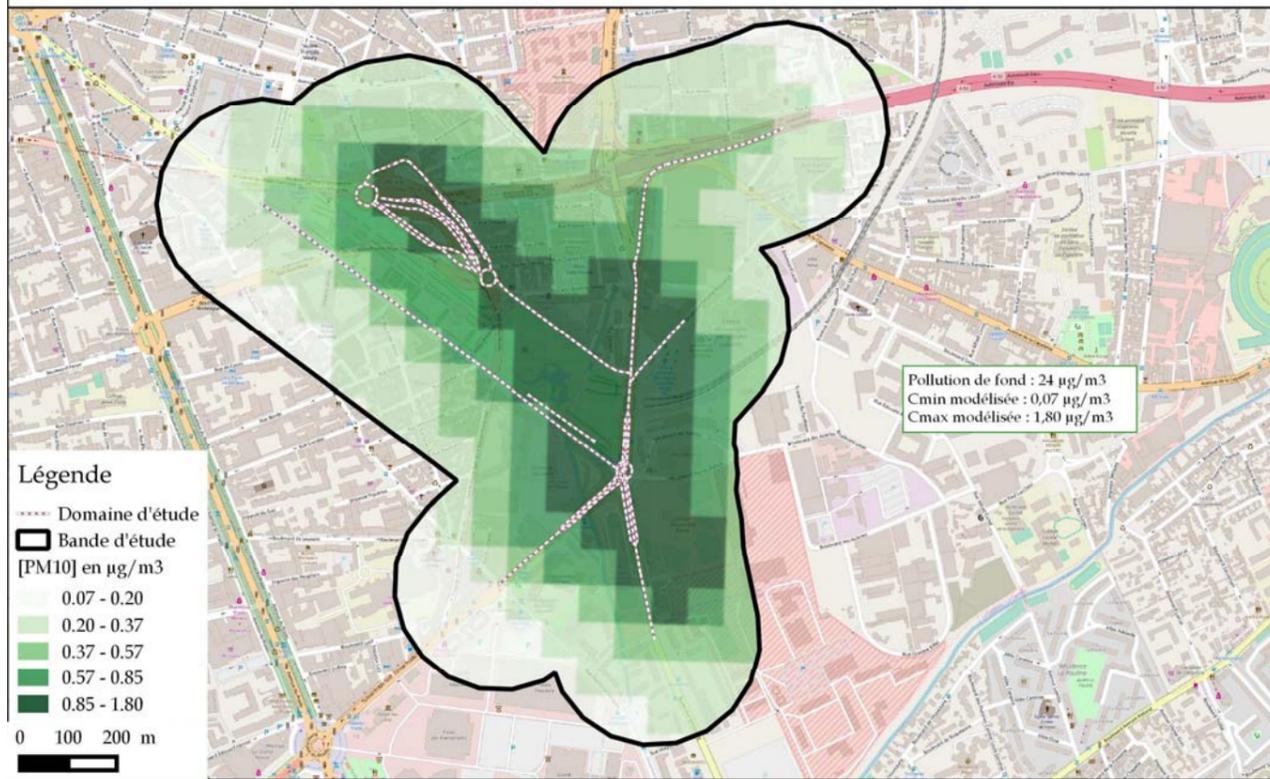
REF2022 sans pollution de fond	Variation 2022 sans pollution de fond	REF2027 sans pollution de fond	Variation 2027 sans pollution de fond	REF2042 sans pollution de fond	Variation 2042 sans pollution de fond
PRO2022 sans pollution de fond	Variation 2022 avec pollution de fond	PRO2027 sans pollution de fond	Variation 2027 avec pollution de fond	PRO2042 sans pollution de fond	Variation 2042 avec pollution de fond



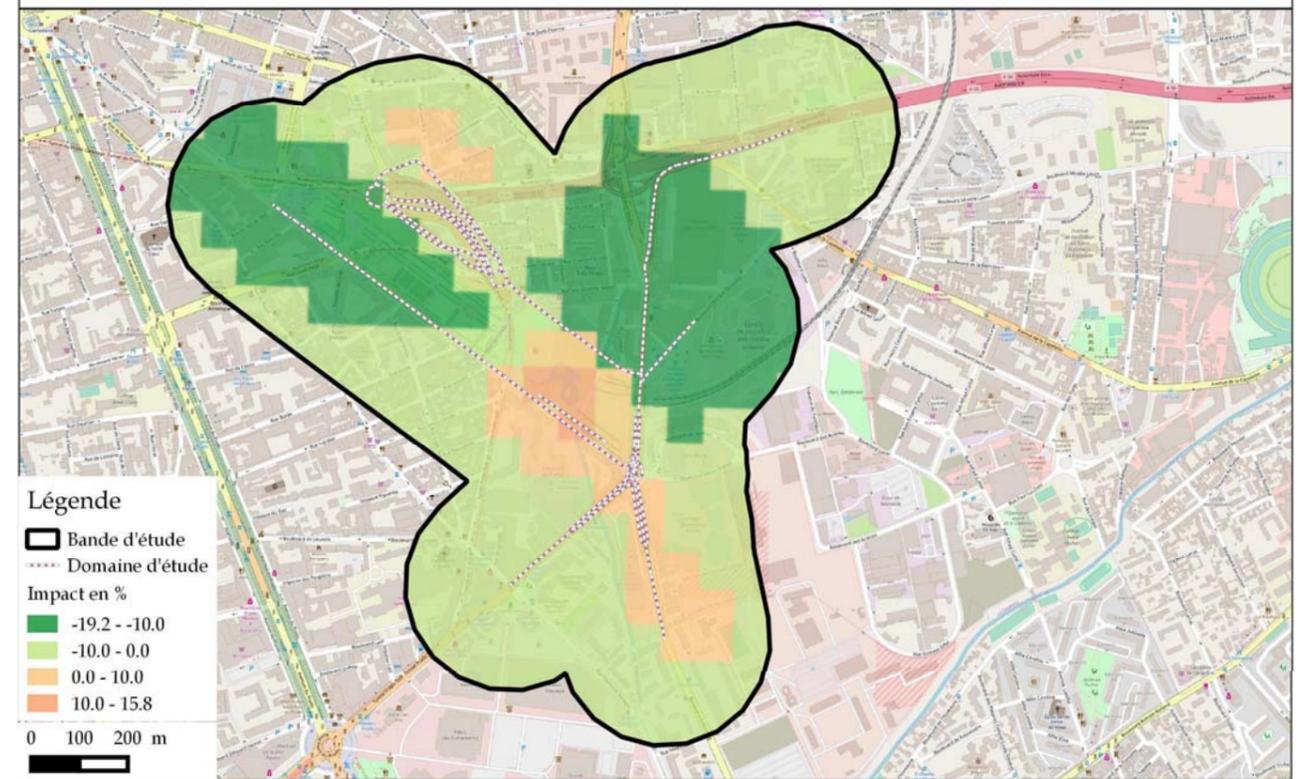




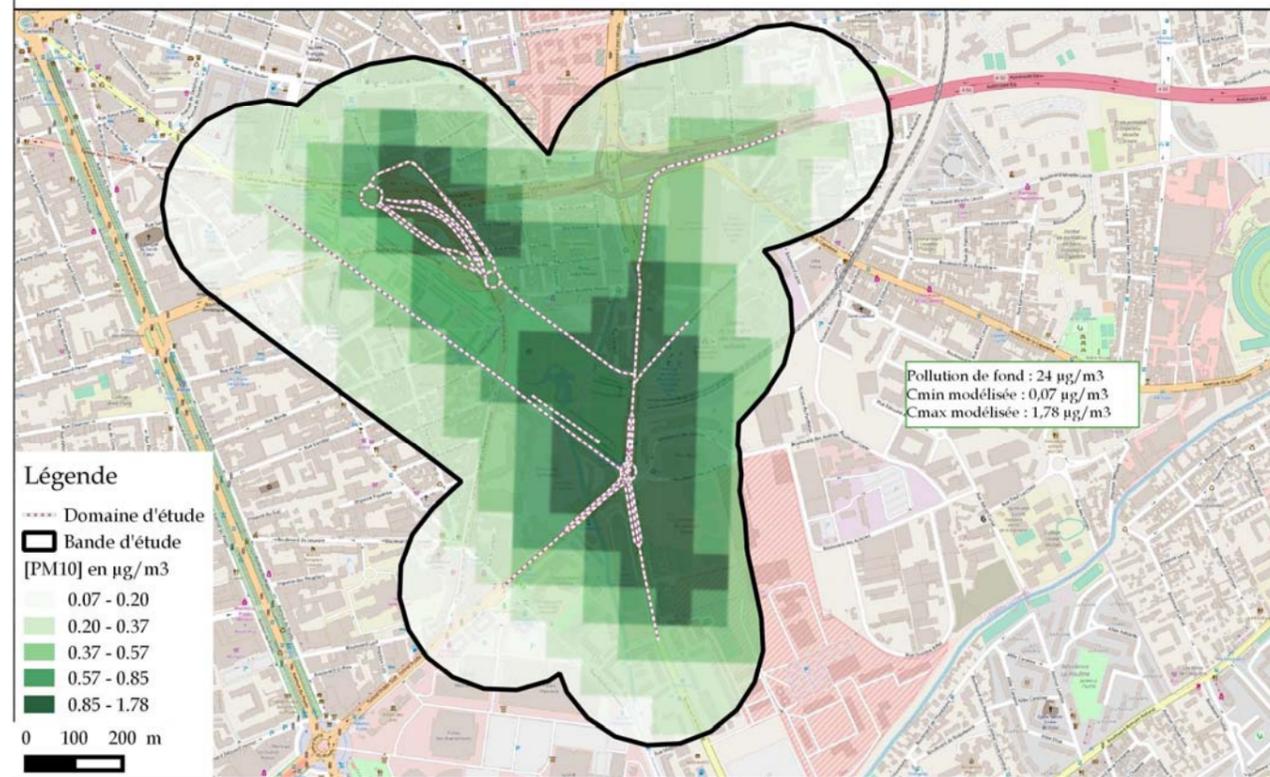
Concentration en PM10
Situation référence 2042
Sans Pollution de fond



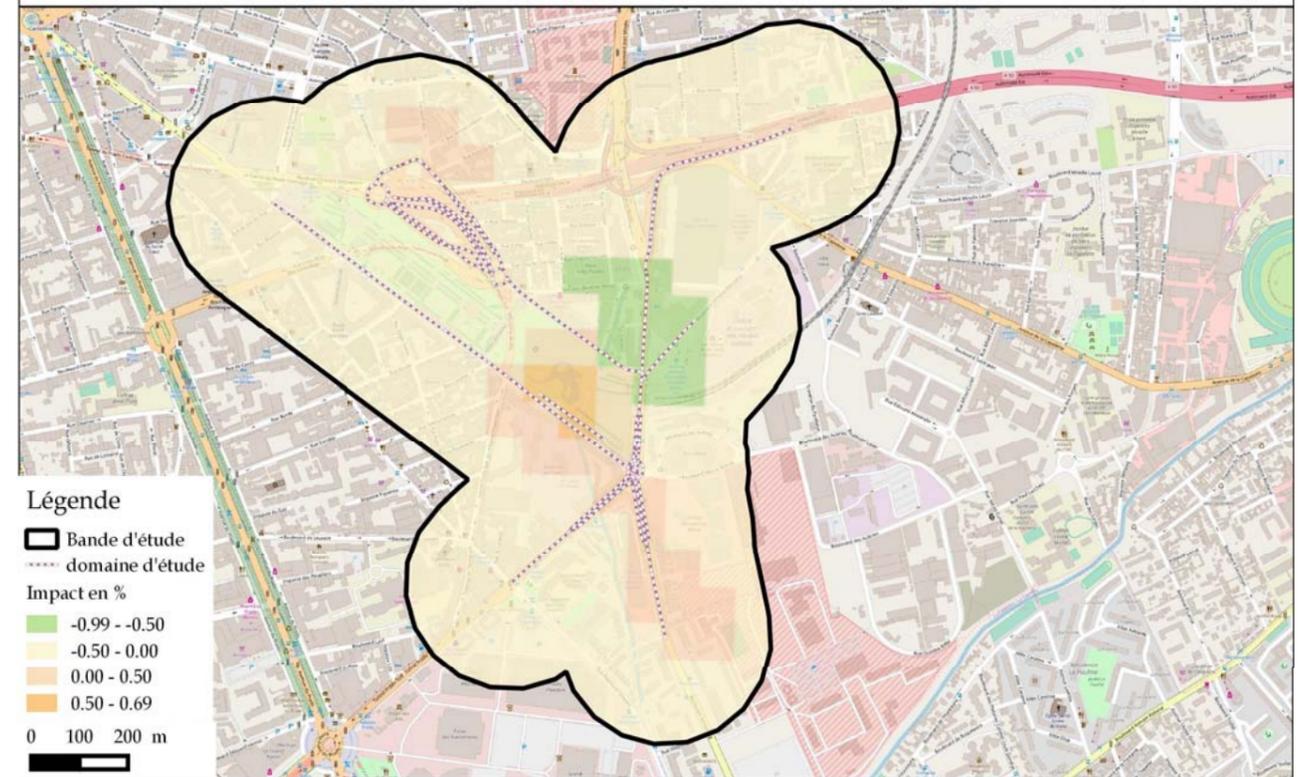
Variation de la [PM10] entre les
Situations de référence 2042 et la situation projet 2042
Sans Pollution de fond



Concentration en PM10
Situation projet 2042
Sans Pollution de fond



Variation de la concentration en PM10
entre la Situation de référence 2042 et la situation projet 2042
Avec Pollution de fond



3.2.3 Compatibilité avec le SRCAE

Les objectifs stratégiques du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) traduisent la volonté de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de s'inscrire dans une perspective de transition énergétique permettant la division par 4 des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990.

Le SRCAE définit 46 orientations permettant l'atteinte de ces objectifs. Parmi ces orientations, le projet d'aménagement de la liaison souterraine Schlœsing répond indirectement à certaines orientations sectorielles « transport et urbanisme » :

- T&U1 - Structurer la forme urbaine pour limiter les besoins de déplacements et favoriser l'utilisation des transports alternatifs à la voiture
- T&U2 - Développer un maillage adapté de transports en commun de qualité
- T&U3 - Favoriser le développement des modes de déplacement doux

La hausse du trafic au sol suite à la dépose des passerelles est compensée en grande partie par la baisse du trafic sur tous les axes de la place en lien avec à la mise en service de la liaison souterraine Schlœsing. En effet, le projet d'aménagement permet un report de trafic des voies de surface vers la liaison souterraine (environ 23 % de la charge de surface). Il permet également l'allègement du trafic sur le Bd Rabatau Nord vers l'A50 (échangeur de Pologne) et sur le chemin de l'Argile qui pourra retrouver sa fonction de desserte de quartier résidentiel.

Ces baisses de trafic permettent d'envisager la poursuite de la requalification urbaine des grands boulevards de ce secteur ; l'arrivée prochaine du tramway et la requalification de ces grands axes en faveur des TC et modes doux poursuivront cette évolution.

Par conséquent, le projet « Ferrié-Schlœsing » répond partiellement aux orientations 1, 2 et 3 de l'aspect « transport et urbanisme » du SRCAE. La démarche de requalification urbaine est engagée et sera poursuivie à l'avenir par tous les projets en cours dans ce secteur.

Le projet est compatible avec le SRCAE PACA.

4 Effets sur la santé humaine

L'ensemble des activités humaines est à l'origine de rejets, d'émissions ou de nuisances diverses qui sont susceptibles d'occasionner des incidences directes ou indirectes sur la santé humaine.

Ceci se produit lorsque les charges polluantes ou les niveaux de perturbations atteignent des concentrations ou des valeurs trop élevées pour être évacuées, éliminées ou admises sans dommage pour l'environnement et donc, par voie de conséquence, pour la santé humaine.

L'objectif de l'analyse des effets du projet sur la santé est de rechercher si les modifications apportées à l'environnement par le projet peuvent avoir des incidences sur la santé des populations riveraines, autrement dit d'évaluer les risques d'atteinte à la santé et à l'environnement liés aux différentes pollutions et nuisances résultant de la réalisation ou de l'exploitation de l'aménagement projeté. Il s'agit en conséquence de prévoir les mesures destinées à supprimer, réduire et, si possible compenser les conséquences dommageables du projet sur la santé humaine.

Compte-tenu de la nature du projet en termes d'emprise et de modification des usages, les incidences du projet au regard du paramètre « santé » portent sur :

- les incidences sonores et vibratiles,
- les effets sur la qualité de l'air et les nuisances olfactives,
- les incidences sur la qualité des sols et la ressource en eau.

4.1 Effets généraux

Lors d'un aménagement routier, différentes nuisances peuvent être générées lors de la phase de chantier puis en phase d'exploitation de la voie. Les nuisances susceptibles de se répercuter sur la santé humaine concernent principalement :

- la dégradation de l'air par des rejets gazeux ou leurs produits de transformation (ozone), par des particules en suspension et, en phase de chantier, par l'émission de poussières, particules argileuses ou particules de chaux ;

Figure49 : IPP Benzène cumulé

Etat Actuel 2017	Etat Référence 2022	Etat Référence 2027	Etat Référence 2042	Variation entre état Réf 2022 et état actuel 2017	Variation entre état Réf 2027 et état actuel 2017	Variation entre état Réf 2042 et état actuel 2017	Etat Projet 2022	Etat Projet 2027	Etat Projet 2042	Variation entre état Projet 2022 et état Réf 2022 (= Impact du projet)	Variation entre état Projet 2027 et état Réf 2027 (= Impact du projet)	Variation entre état Projet 2042 et état Réf 2042 (= Impact du projet)
110,4	84,7	81,6	73,5	-23 %	-26 %	-33 %	77,2	70,6	67,3	-9 %	-13 %	-8 %

Figure50 : IPP NO2 cumulé

Etat Actuel 2017	Etat Référence 2022	Etat Référence 2027	Etat Référence 2042	Variation entre état Réf 2022 et état actuel 2017	Variation entre état Réf 2027 et état actuel 2017	Variation entre état Réf 2042 et état actuel 2017	Etat Projet 2022	Etat Projet 2027	Etat Projet 2042	Variation entre état Projet 2022 et état Réf 2022 (= Impact du projet)	Variation entre état Projet 2027 et état Réf 2027 (= Impact du projet)	Variation entre état Projet 2042 et état Réf 2042 (= Impact du projet)
69 750	69 057	67 519	65 195	-1 %	-3 %	-7 %	64 094	63 711	60 049	-7 %	-6 %	-8 %

- la dégradation des eaux par l'érosion des sols, l'émission des produits divers issus de la circulation, le déversement accidentel de produits toxiques ;
- la dégradation des sols par l'émission de poussières lors de la phase de chantier, par le rejet accidentel de polluants et par la pollution chronique à proximité immédiate des chaussées ;
- la production de nuisances phoniques, aussi bien en phase de chantier qu'en phase d'exploitation ;
- la modification des conditions de circulation et des risques d'accidents corporels, pendant la phase de chantier puis après la mise en service.

4.2 Evaluation de l'impact sanitaire simplifié : l'IPP

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

Le calcul de l'indice IPP est réalisé pour le benzène et le NO2.

4.2.1 Résultat de l'IPP global

Pour calculer l'IPP cumulé sur le domaine d'étude, l'ensemble des IPP par maille a été additionné. Le résultat fournit une indication de l'état sanitaire global sur le domaine d'étude et permet de voir l'évolution de la situation attendue entre 2017, 2022, 2027 et 2042 sans projet et avec la mise en place de la liaison souterraine Schlœsing.

Les émissions en benzène étant en diminution pour les scénarios au fil de l'eau (Réf 2022, 2027 et 2042), on constate que l'IPP diminue respectivement de 23%, 26% et 33 % sur les périodes 2017-2022, 2017-2027 et 2017-2042 sans projet.

A l'horizon de mise en service (2022), mise en service + 5 ans (2027) et mise en service + 20 ans (2042) avec le projet, l'IPP cumulé diminue de 9%, 13% et 8% entre la situation de référence et la situation avec projet. Cette diminution résulte directement de la diminution du trafic sur certains brins routiers.

Les émissions en NO₂ étant en diminution pour les scénarios au fil de l'eau (Réf 2022, 2027 et 2042), on constate que l'évolution de l'IPP diminue respectivement de 1%, 3% et 7 % entre 2017 et 2022, 2027 et 2042 sans projet.

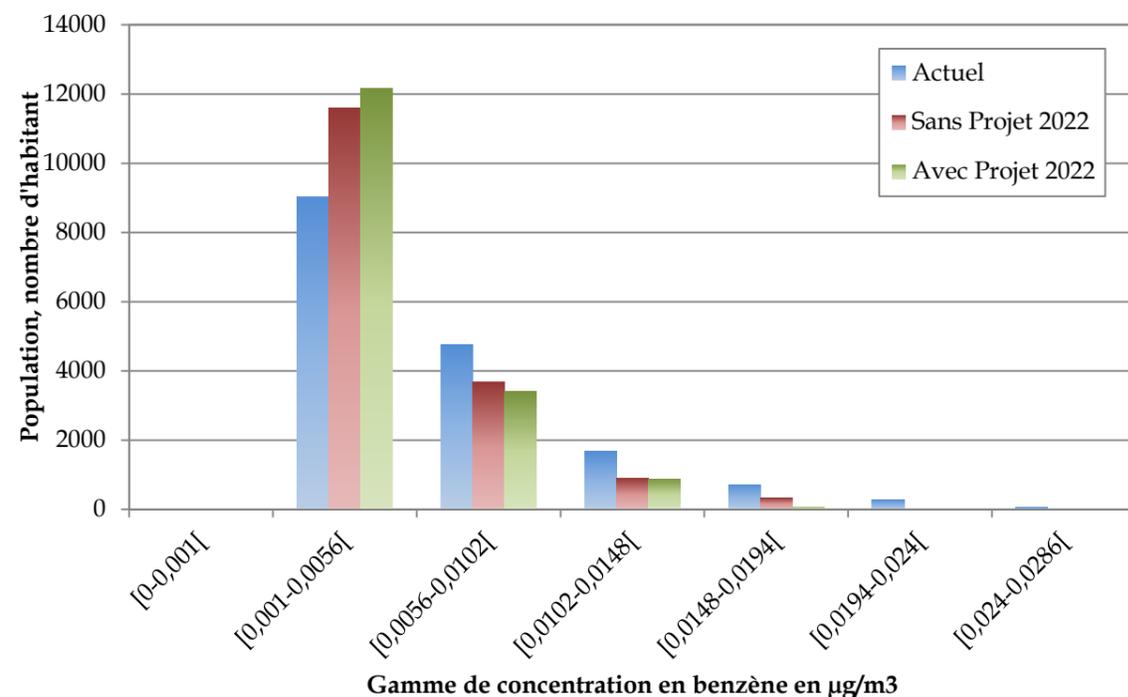
A l'horizon de mise en service (2022), mise en service + 5 ans (2027) et mise en service + 20 ans (2042) avec le projet, l'IPP cumulé diminue de 7%, 6% et 8% entre la situation de référence et la situation avec projet. Cette diminution résulte directement de la diminution du trafic sur certains brins routiers.

4.2.2 Histogramme Pollution-Population

L'histogramme pollution-population rend compte de l'exposition de la population aux différentes concentrations en benzène et NO₂, en moyenne annuelle et selon les scénarios suivants :

- « Actuel 2017 »,
- « Sans projet 2022 » et « avec projet 2022 »,
- « Sans projet 2027 » et « avec projet 2027 »,
- « Sans projet 2042 » et « Avec Projet 2042 ».

Figure 51 : histogrammes pollution population benzène



Quel que soit l'horizon considéré, ces histogrammes mettent en évidence la diminution de la population exposée à des concentrations élevées et par voie de conséquence, l'augmentation de la population exposée à des concentrations faibles.

A l'horizon 2042, on remarque une augmentation du nombre d'habitants exposés aux concentrations les plus faibles par rapport aux situations 2022 et 2027.

A la mise en service (2022), mise en service + 5ans (2027) et mise en service + 20ans (2042), on remarque que dans tous les cas le projet entraîne une augmentation des personnes exposées aux concentrations les plus faibles. Cela signifie que le projet améliore la situation pour les habitants situés à proximité du projet.

L'augmentation de l'exposition de la population aux concentrations en benzène les plus faibles, entre le scénario actuel et les scénarios futurs (avec ou sans projet), s'explique par l'amélioration technologique des véhicules. Cette amélioration du parc automobile entraîne une baisse significative des émissions en benzène. Dans une moindre mesure, la baisse du trafic dans la zone d'étude suite à la hiérarchisation du réseau viaire de Marseille participe également à l'amélioration de la situation.

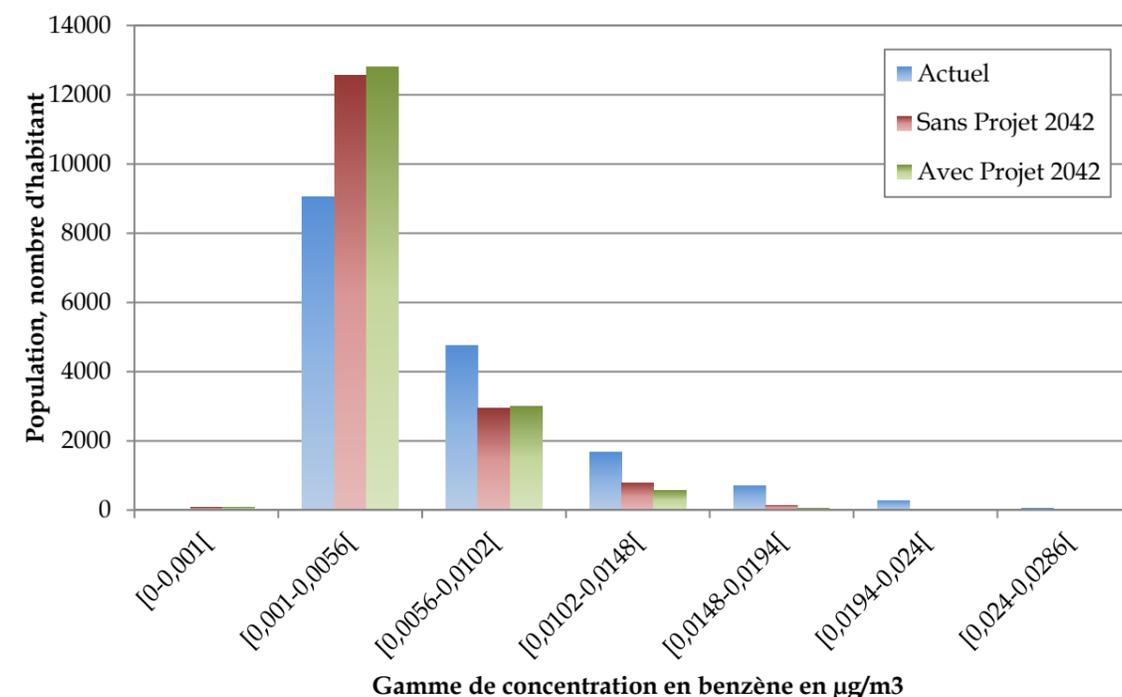
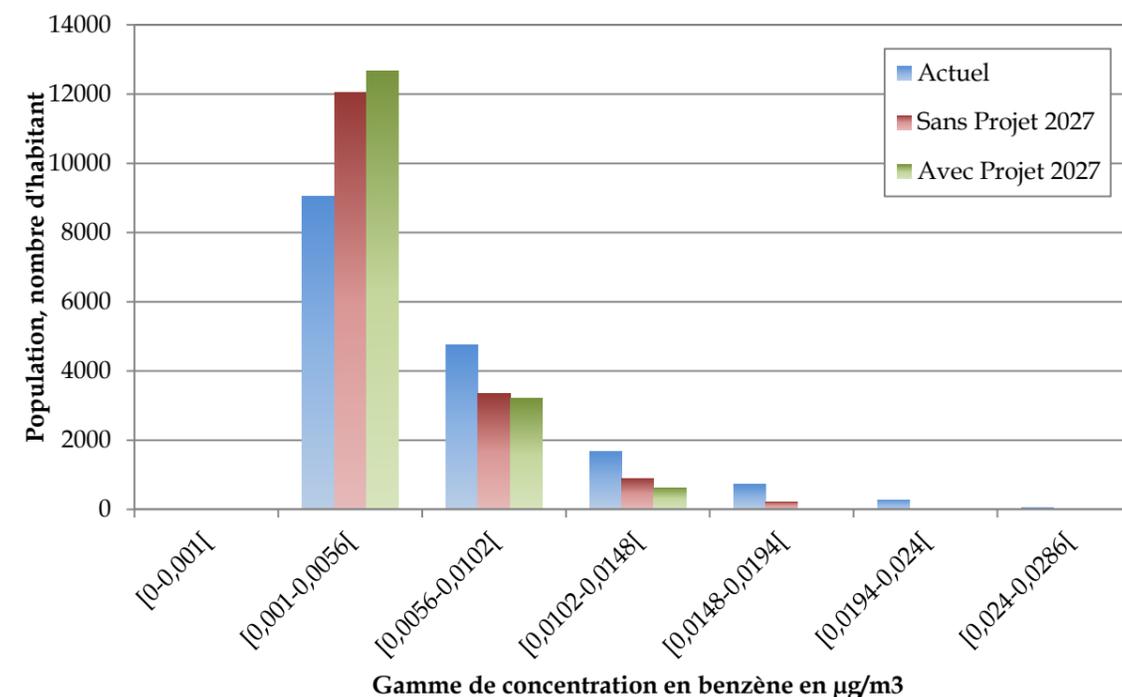
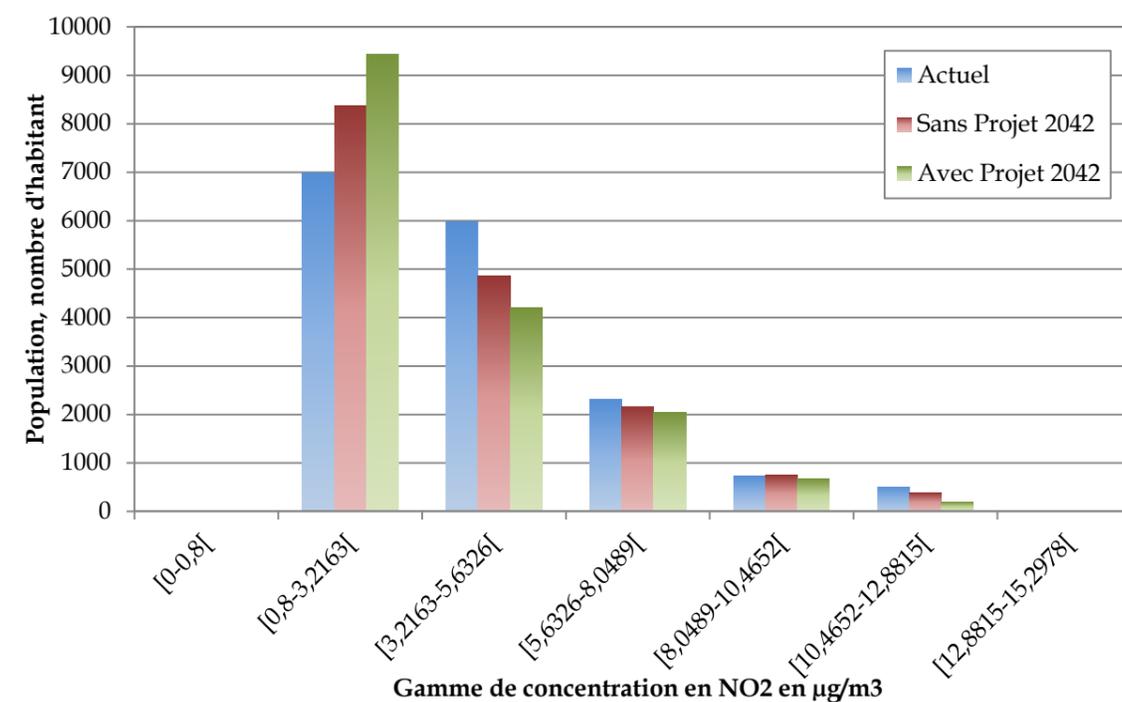
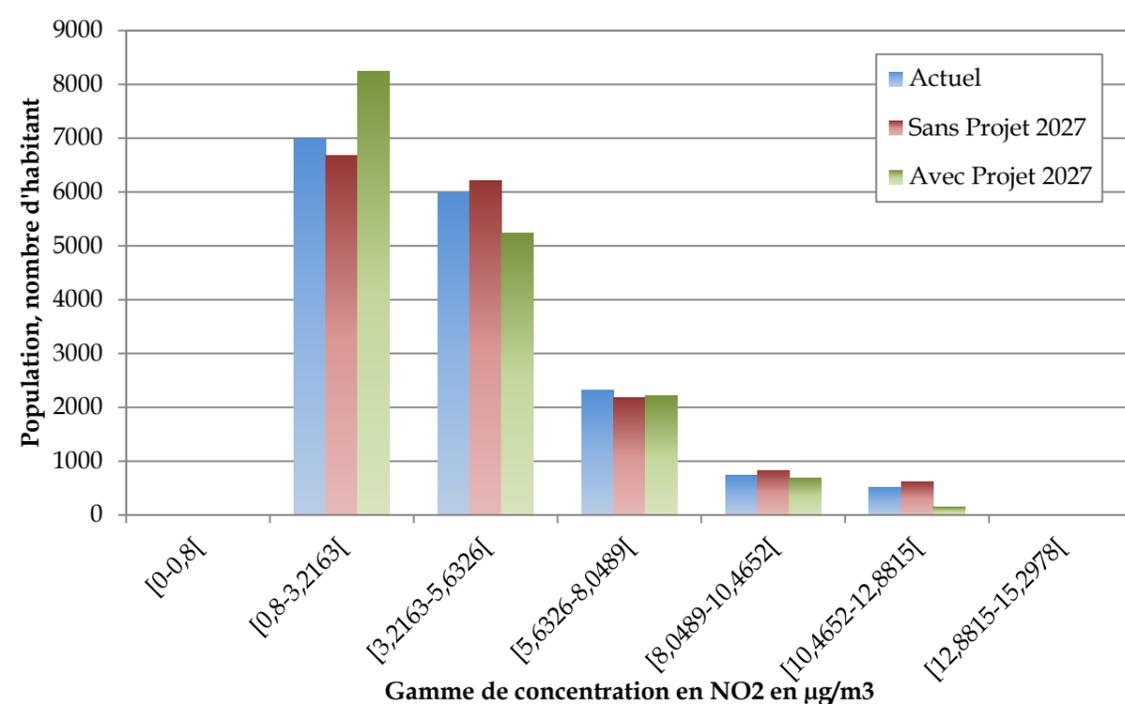
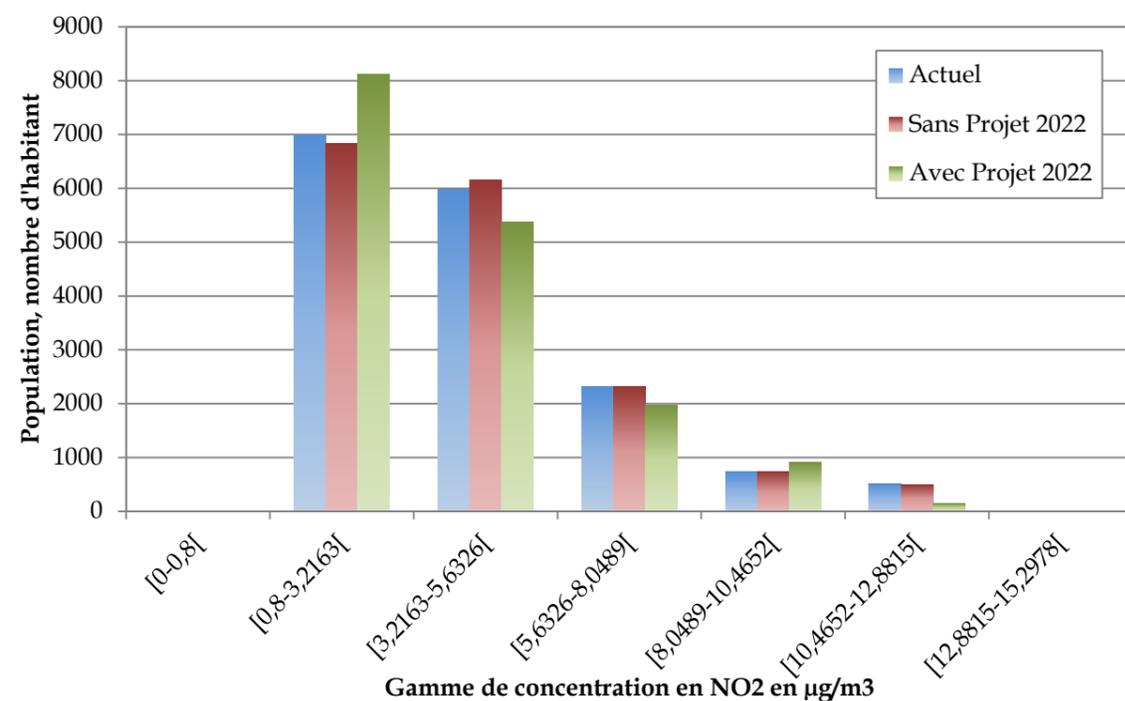


Figure 52 : histogrammes pollution population NO₂

Le constat est identique pour le cas du NO₂ :

- quel que soit l'horizon considéré, on observe une diminution de la population exposée à des concentrations élevées et par voie de conséquence, et une augmentation de la population exposée à des concentrations faibles ;
- aux trois horizons étudiés, la situation « avec projet » est plus favorable que la situation « sans projet » et que la situation actuelle.

Il est à rappeler que l'ensemble de ces concentrations correspond uniquement à la pollution d'origine routière et n'est pas significative de la pollution ambiante.

Seule l'analyse géographique des IPP peut fournir la localisation précise des zones où l'IPP augmente et celles où il diminue.

4.2.3 Cartographie des résultats

Les cartes suivantes présentent les résultats du calcul de l'IPP par maille pour les scénarios suivants :

- Actuel 2017,
- Référence 2022, 2027 et 2042,
- Avec projet 2022, 2027 et 2042.

En situation actuelle (2017, cartes ci-contre), les quartiers les plus sensibles actuellement (représentés par les plus forts IPP) sont le quartier situé au Nord du chemin de l'Argile (secteur Cap Est) et les habitations situées le long de l'Avenue Jules Cantini, des boulevards Rabatau Nord et Schlœsing.

Aux horizons futurs, avec ou sans projet, une nette amélioration de l'IPP est visible sur l'ensemble de ces quartiers.

Si l'on regarde la carte de variation de l'IPP entre les situations avec et sans projet, on constate que l'amélioration pour la population sera la plus importante sur deux secteurs :

- à l'ouest de la bande d'étude, le long de l'avenue Jules Cantini,
- le grand secteur nord-est de la bande d'étude : de Cap Est à Rabatau nord.

On note une dégradation locale au droit de l'ouverture du tunnel au niveau du parc du 26^{ème}centenaire.

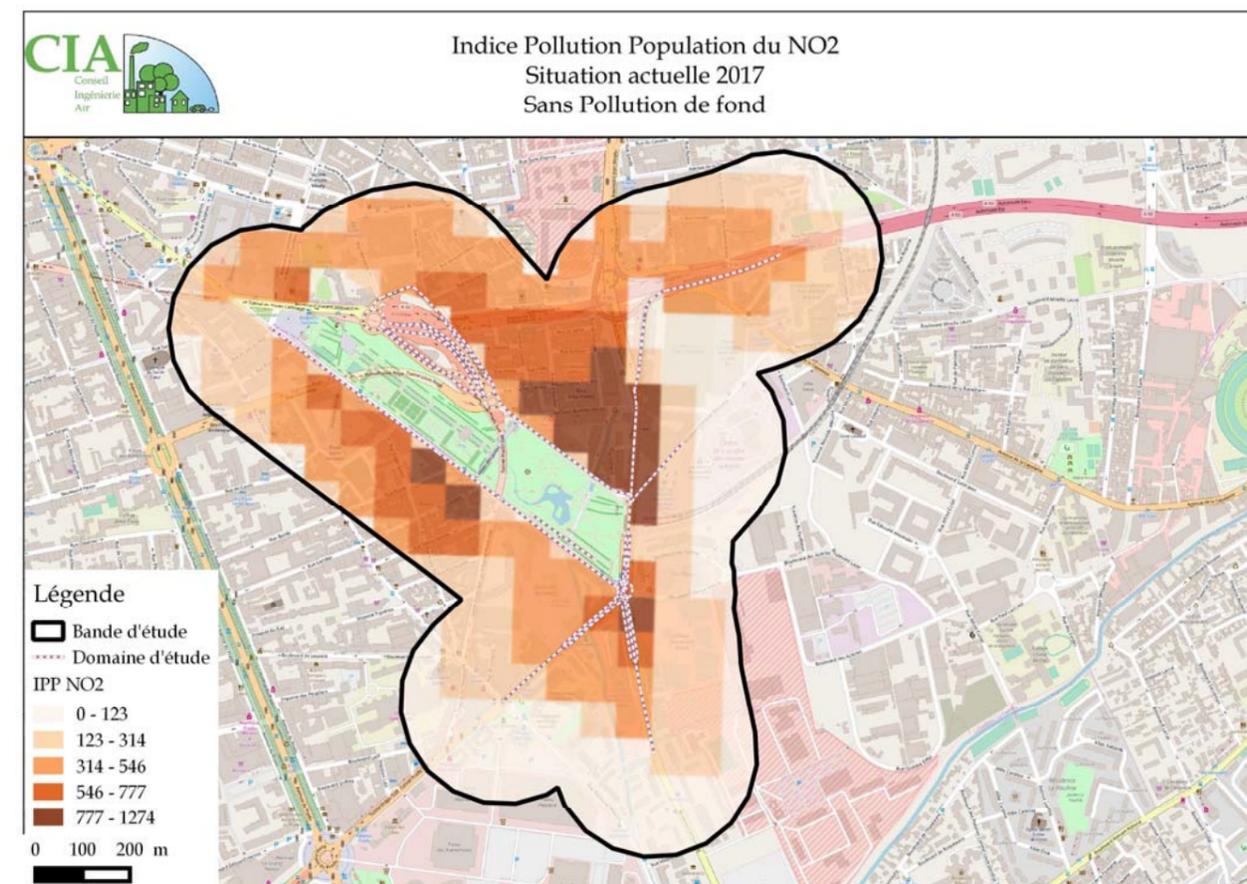
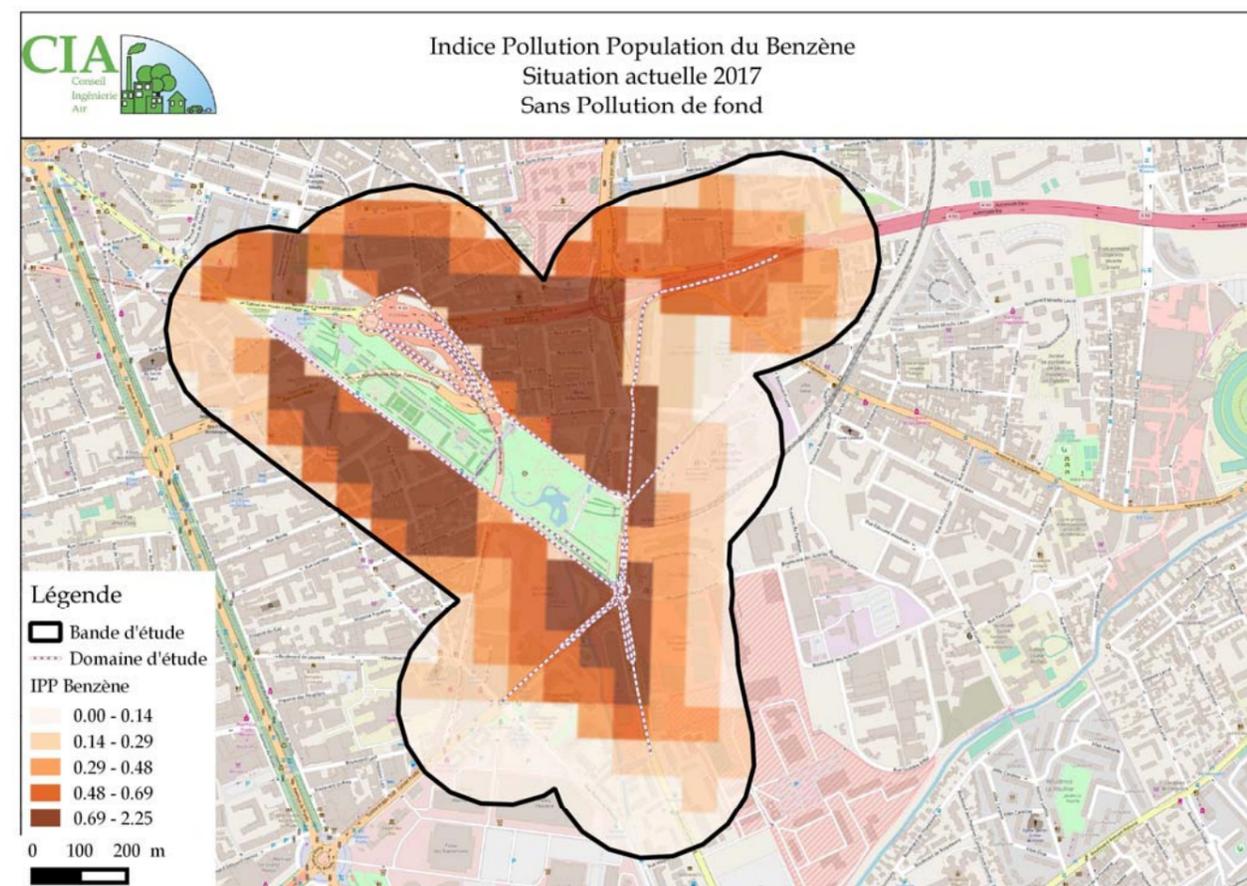
On notera plus précisément, qu'une amélioration de l'IPP (NO₂ et benzène) est notée sur l'ensemble de la bande d'étude, Jules Cantini compris, à l'horizon 2027.

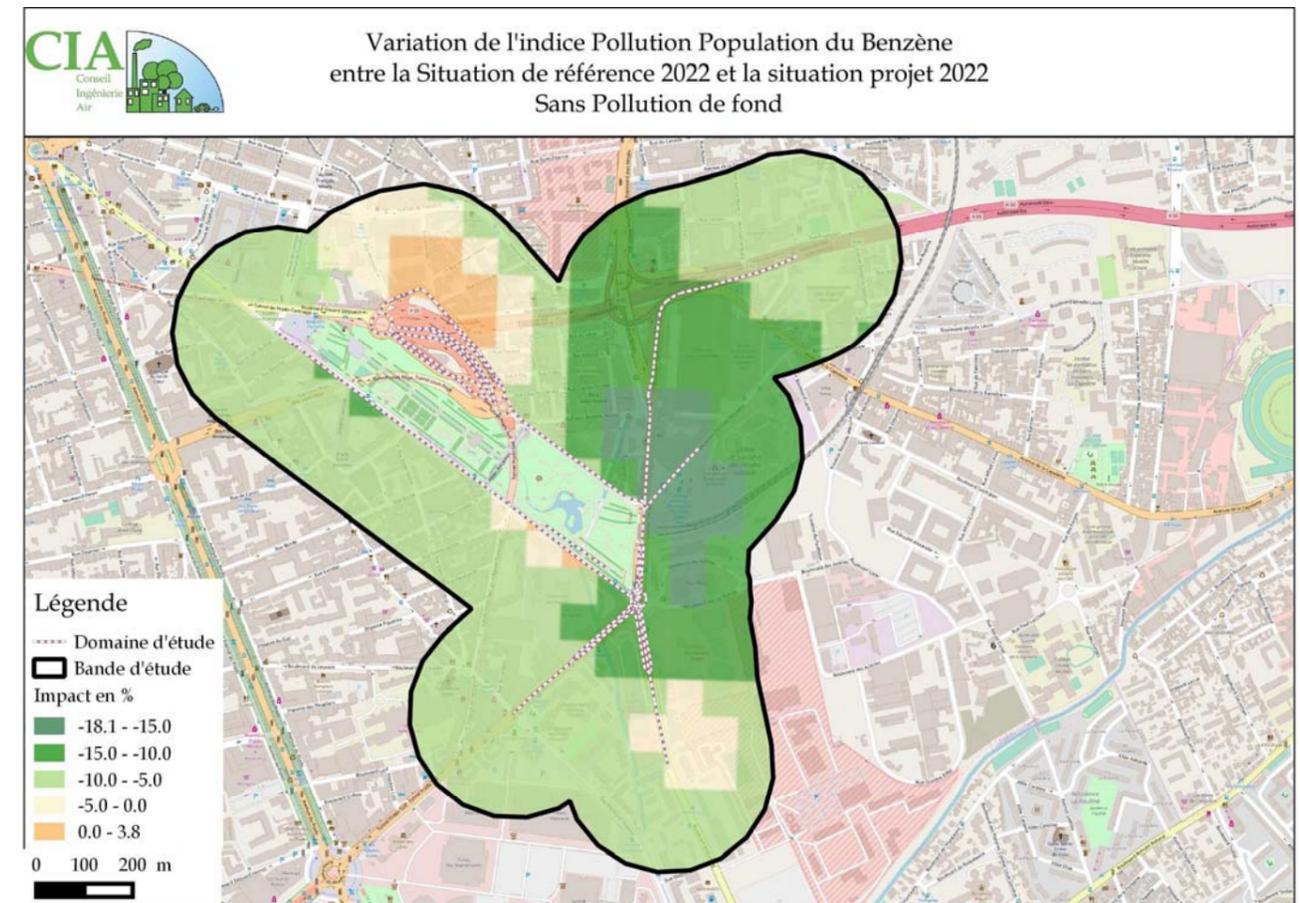
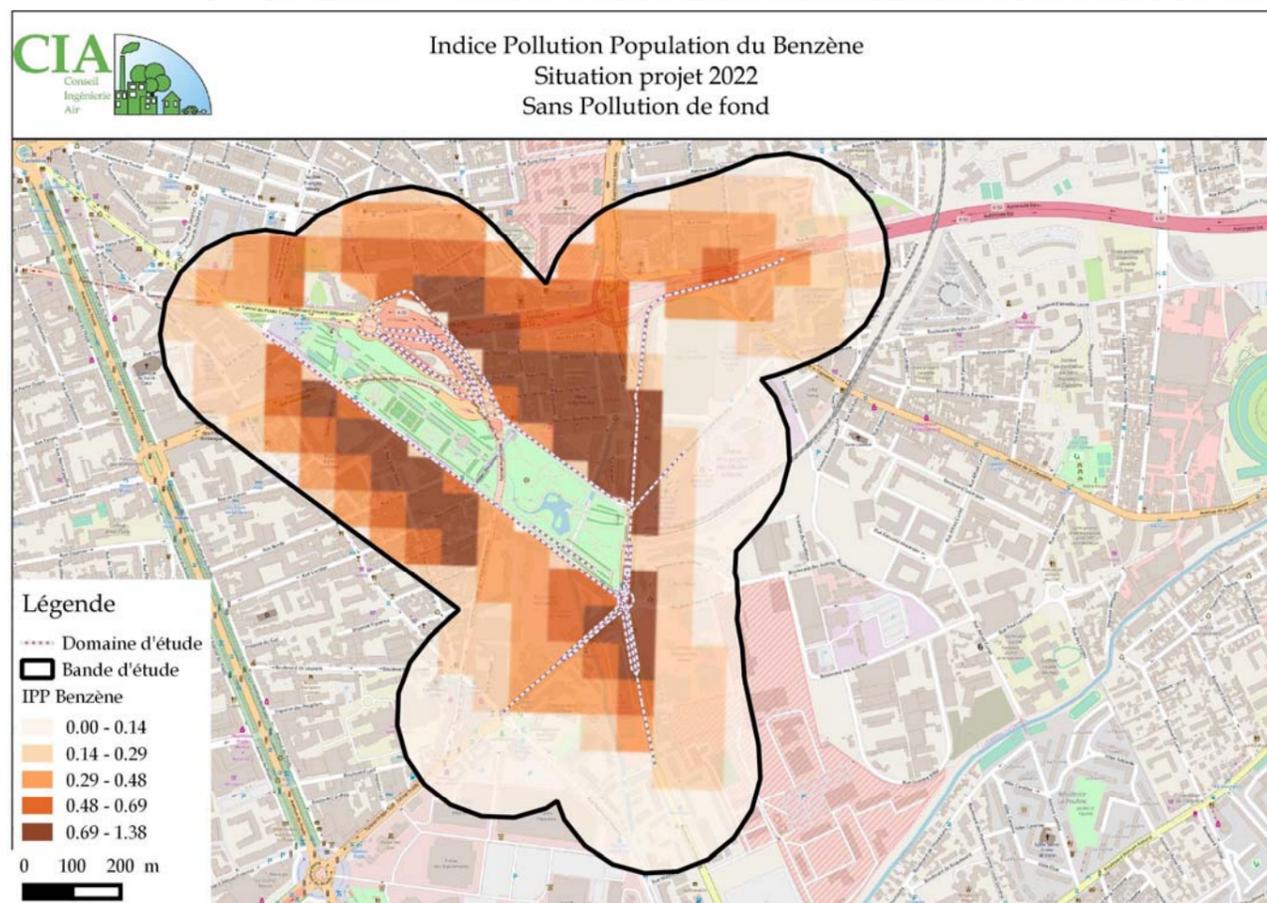
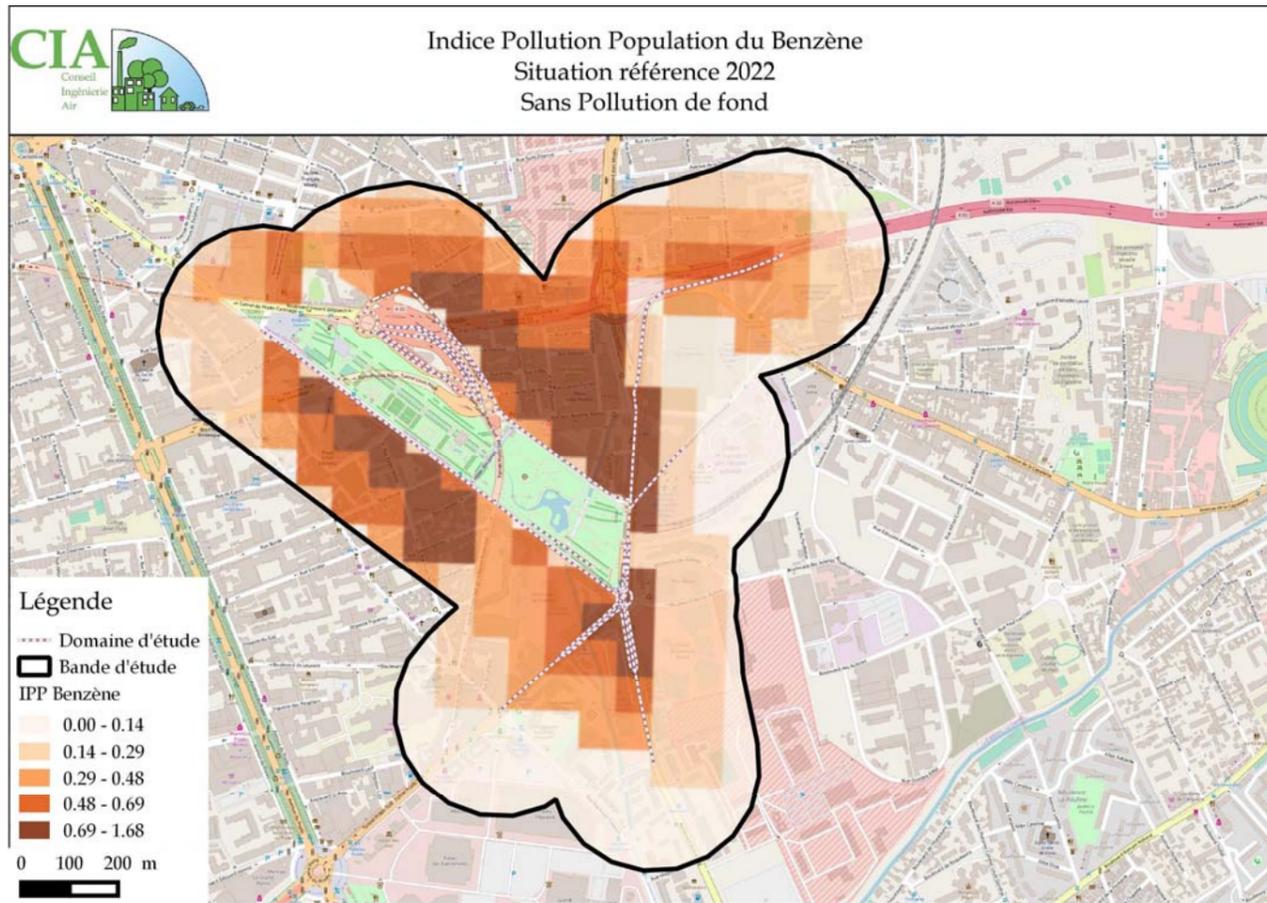
Rappelons que les concentrations modélisées ne tiennent pas compte de la pollution de fond.

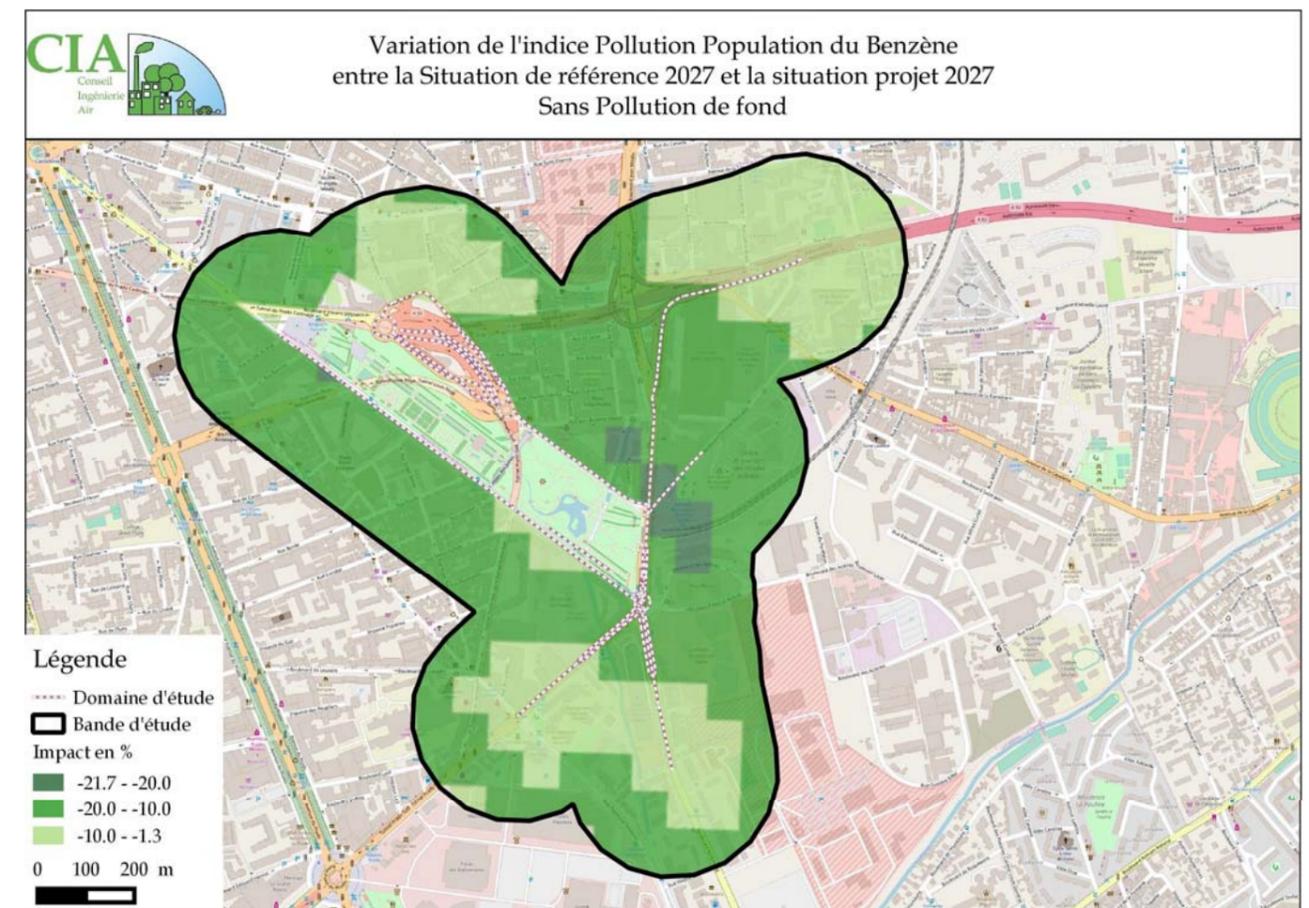
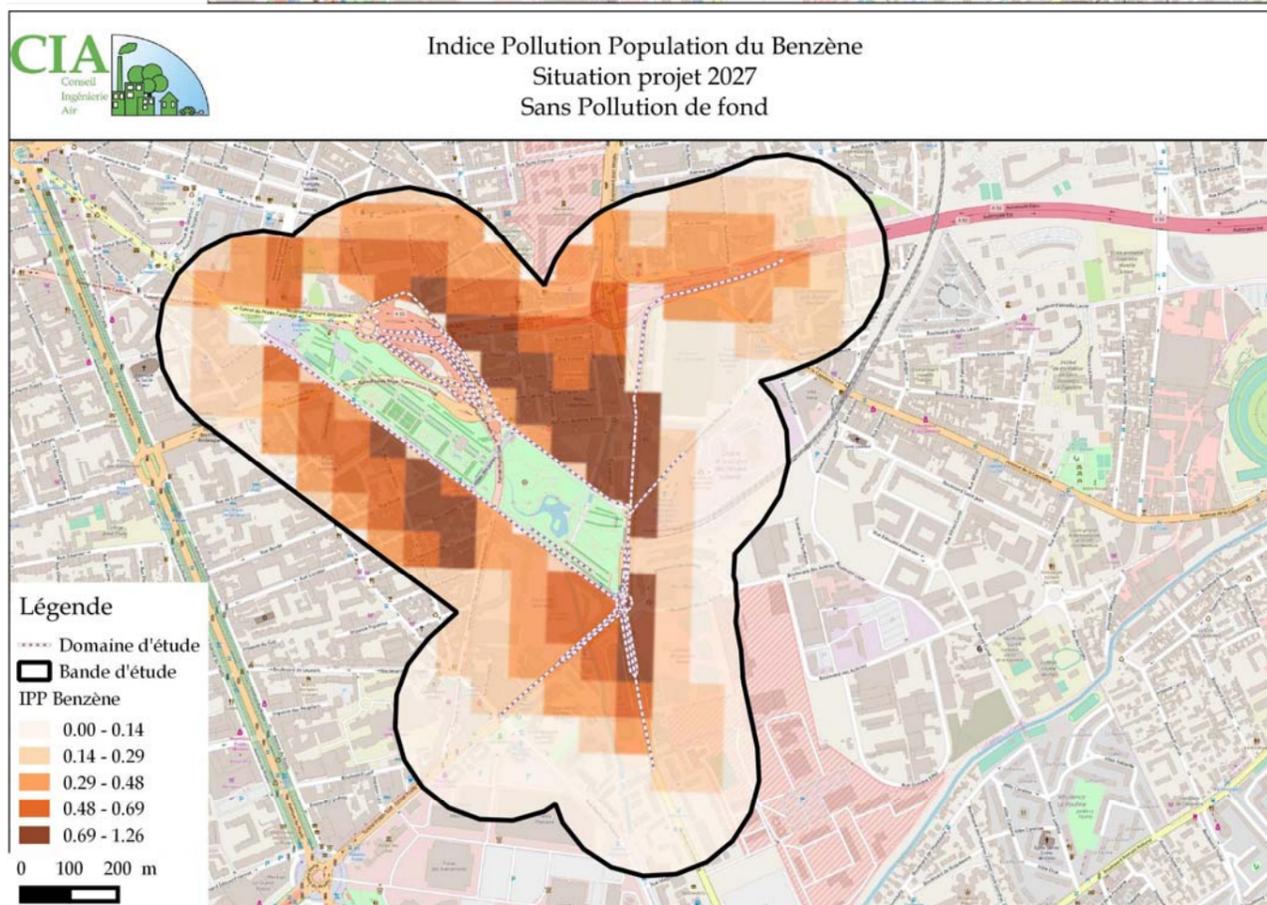
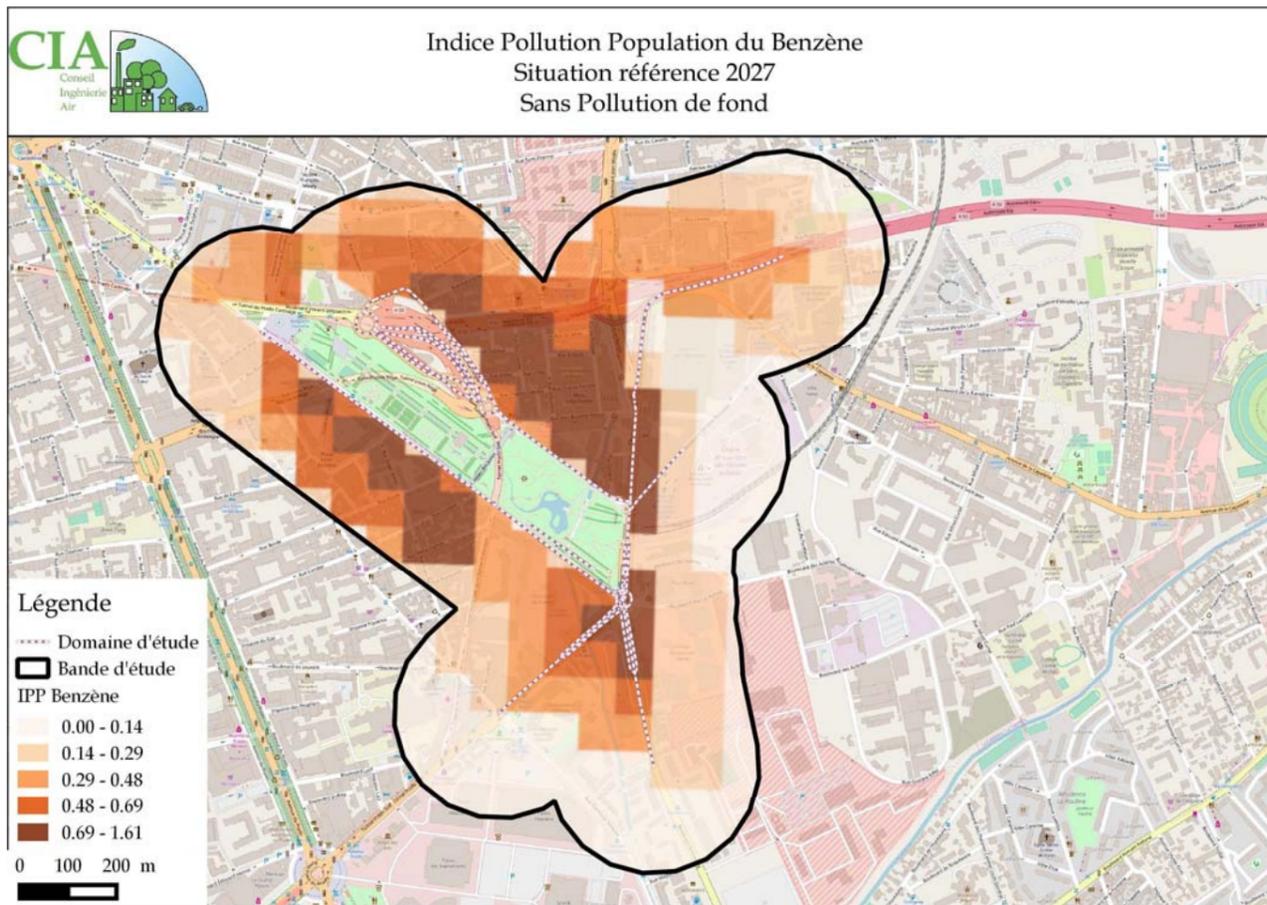
Figure 53 : cartographies de l'IPP du benzène et du NO₂

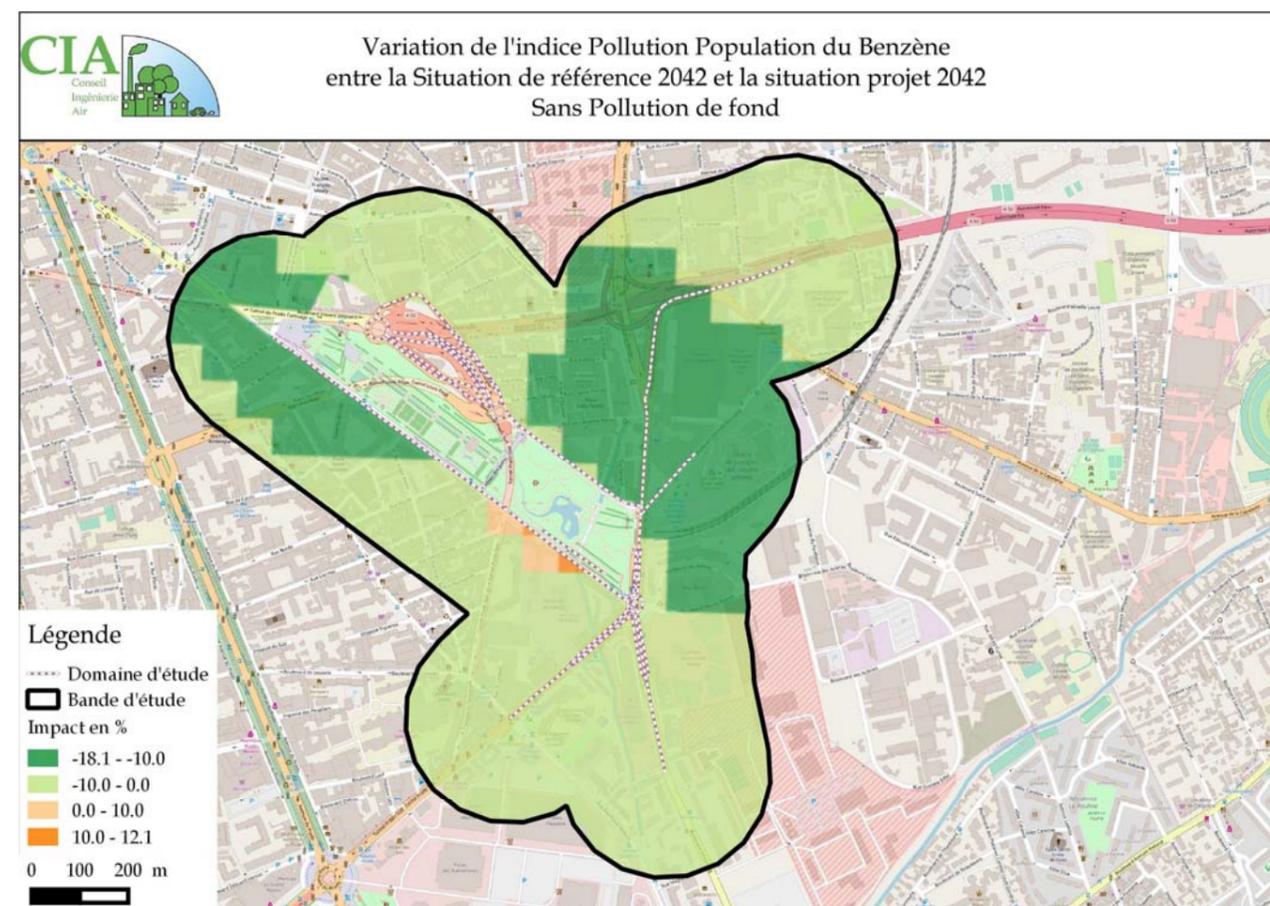
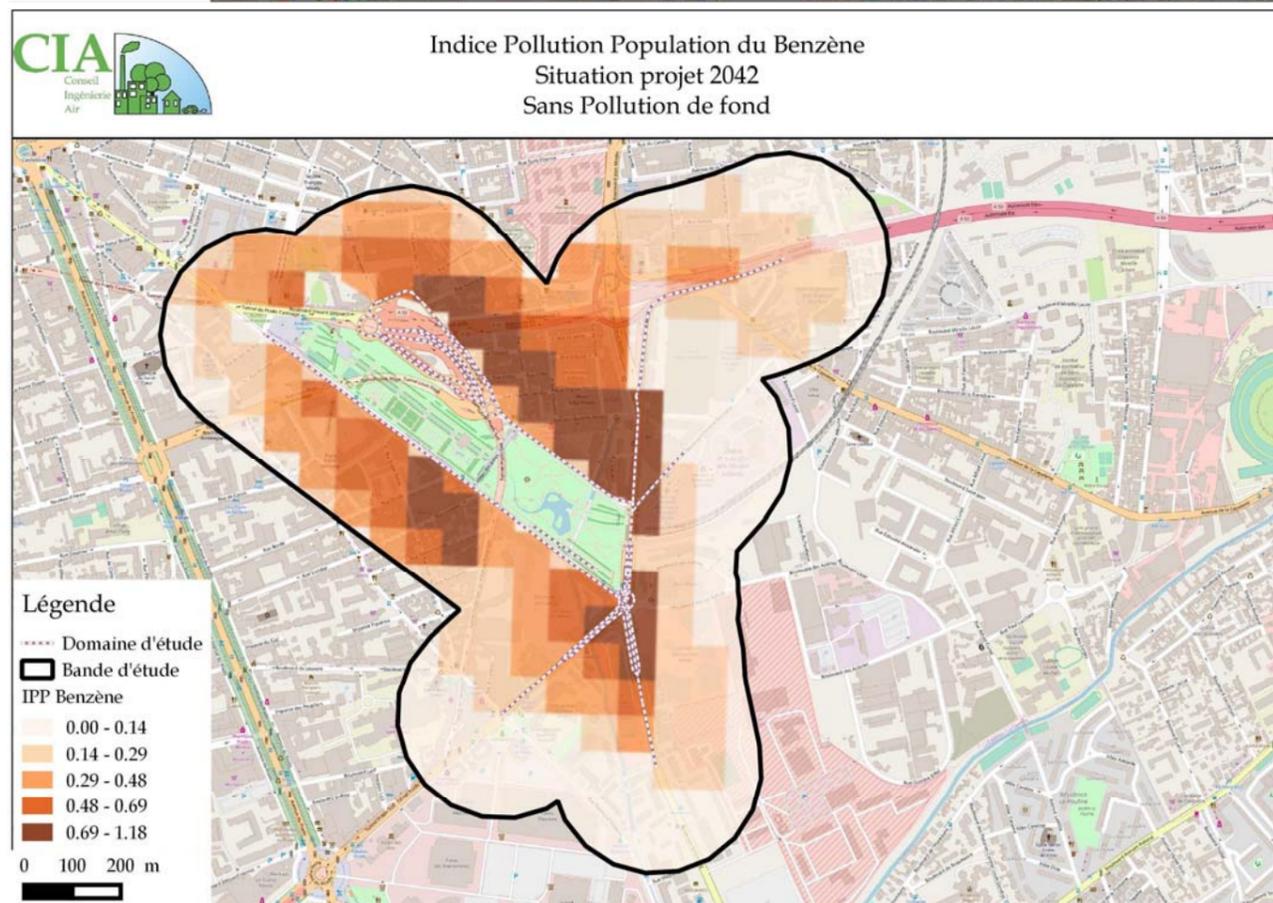
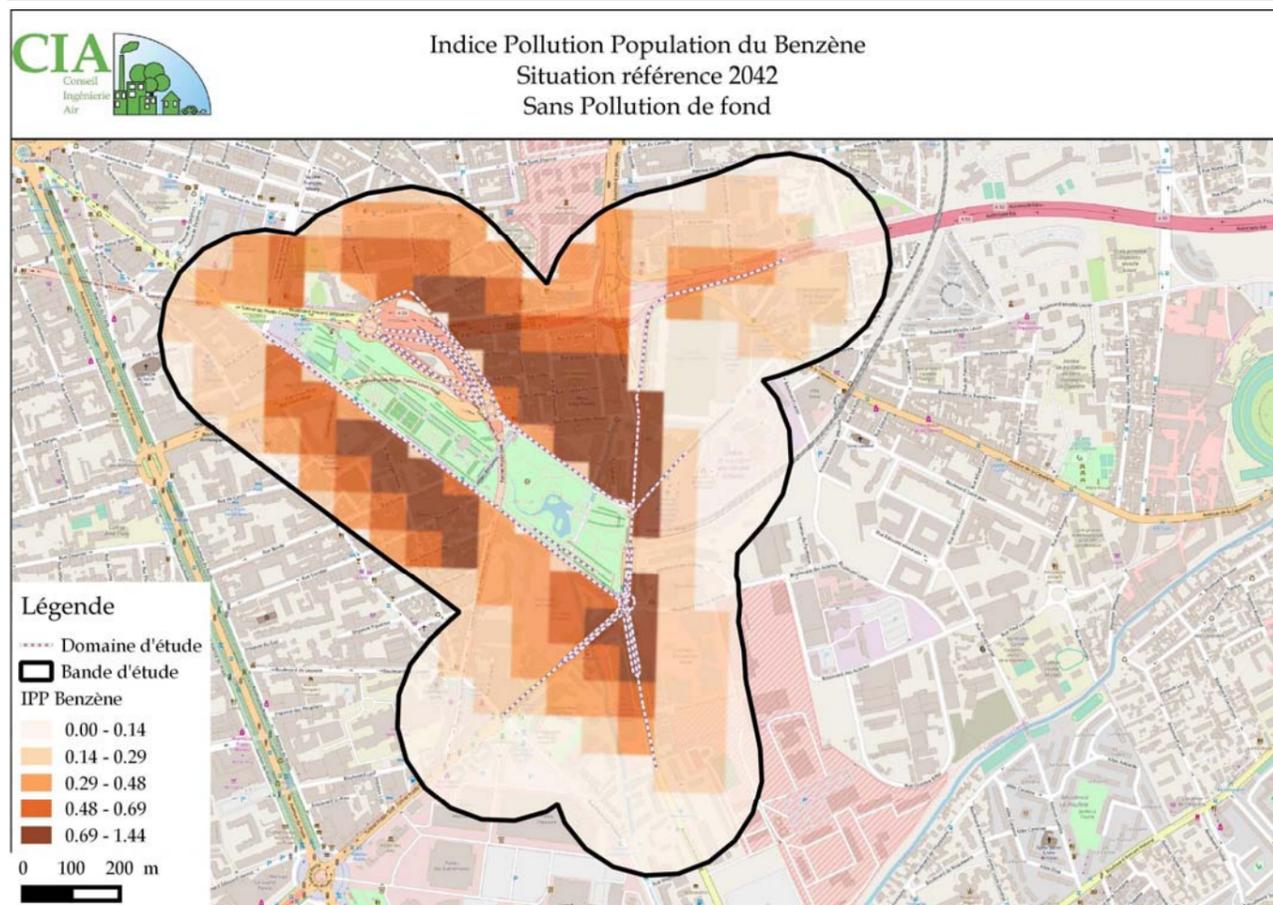
Cartographies par polluant en pages suivantes selon la disposition suivante :

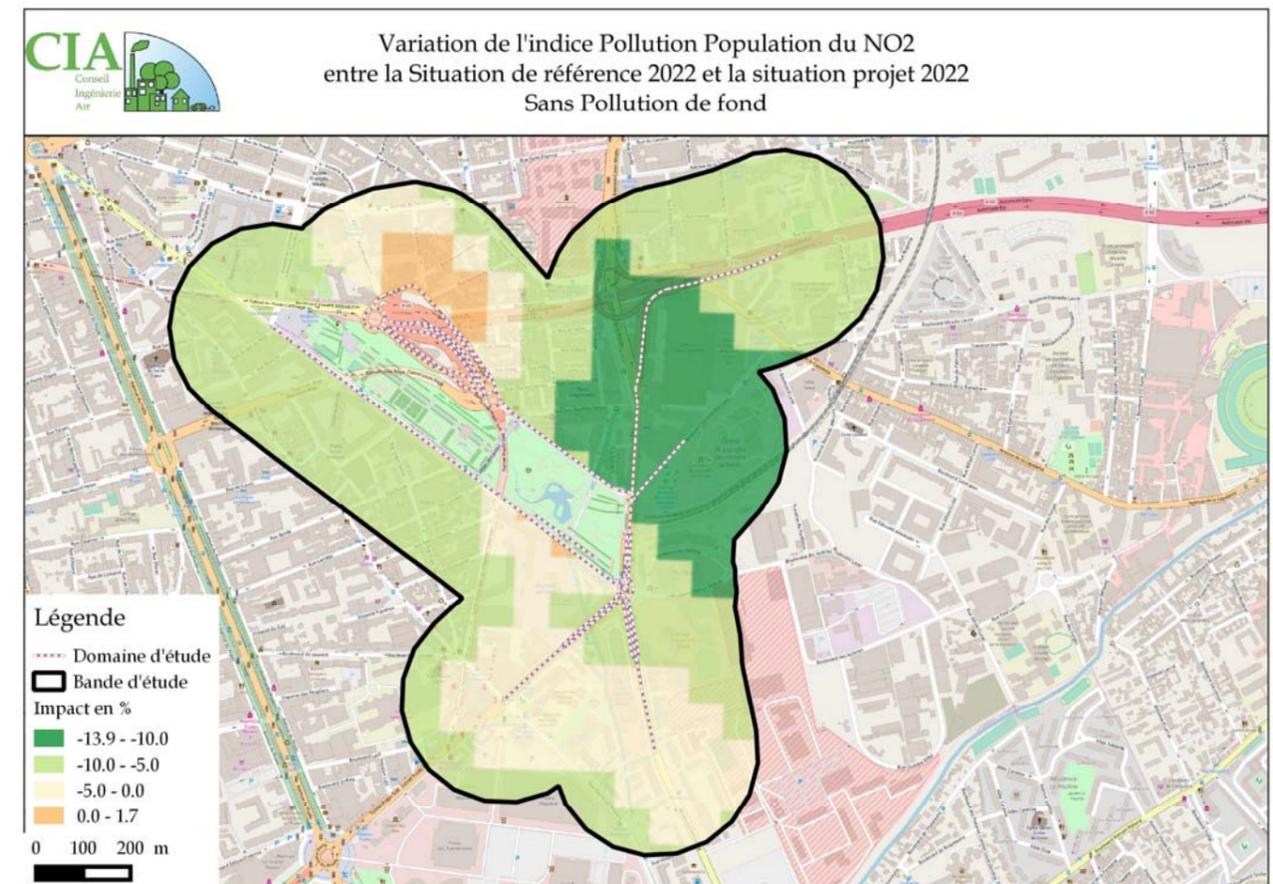
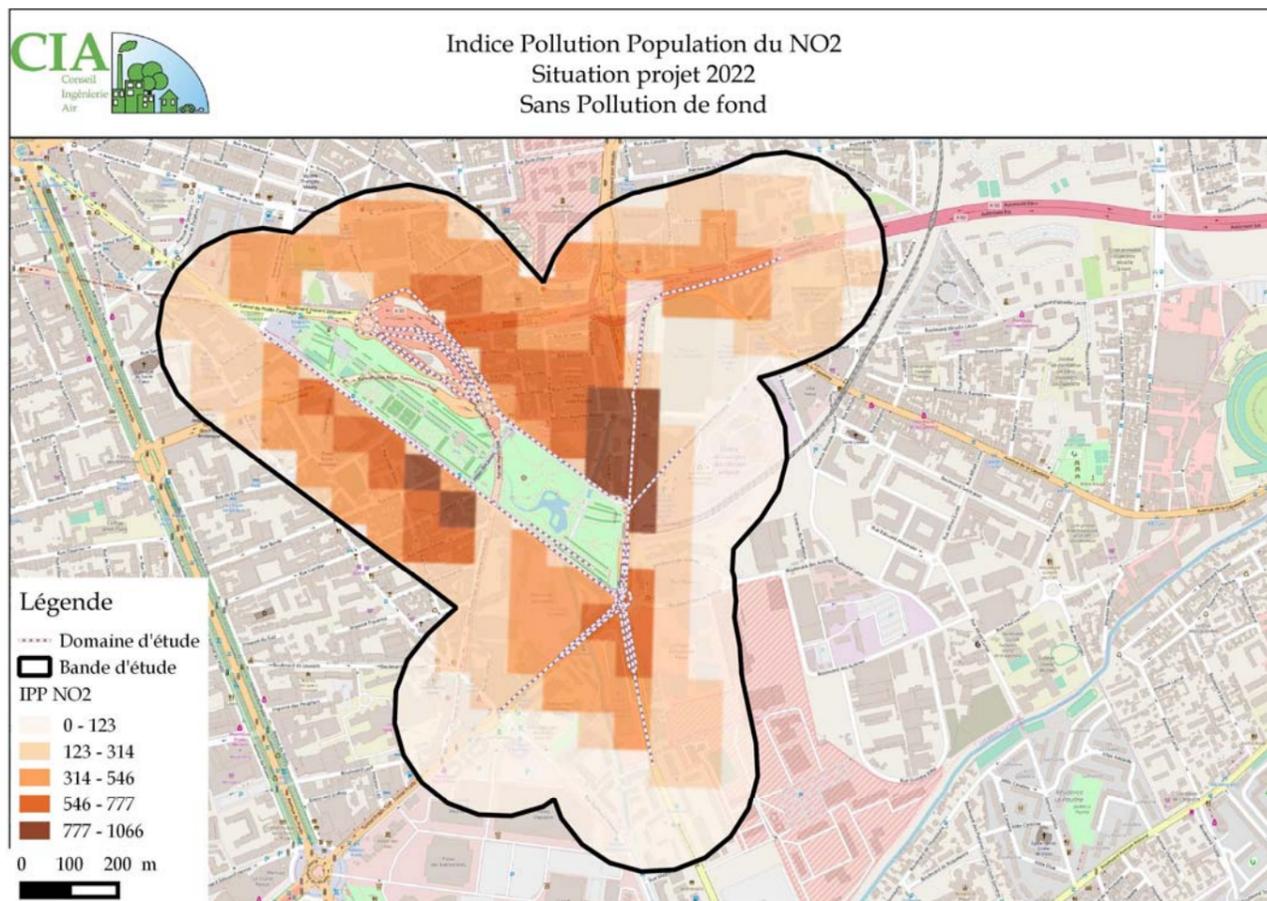
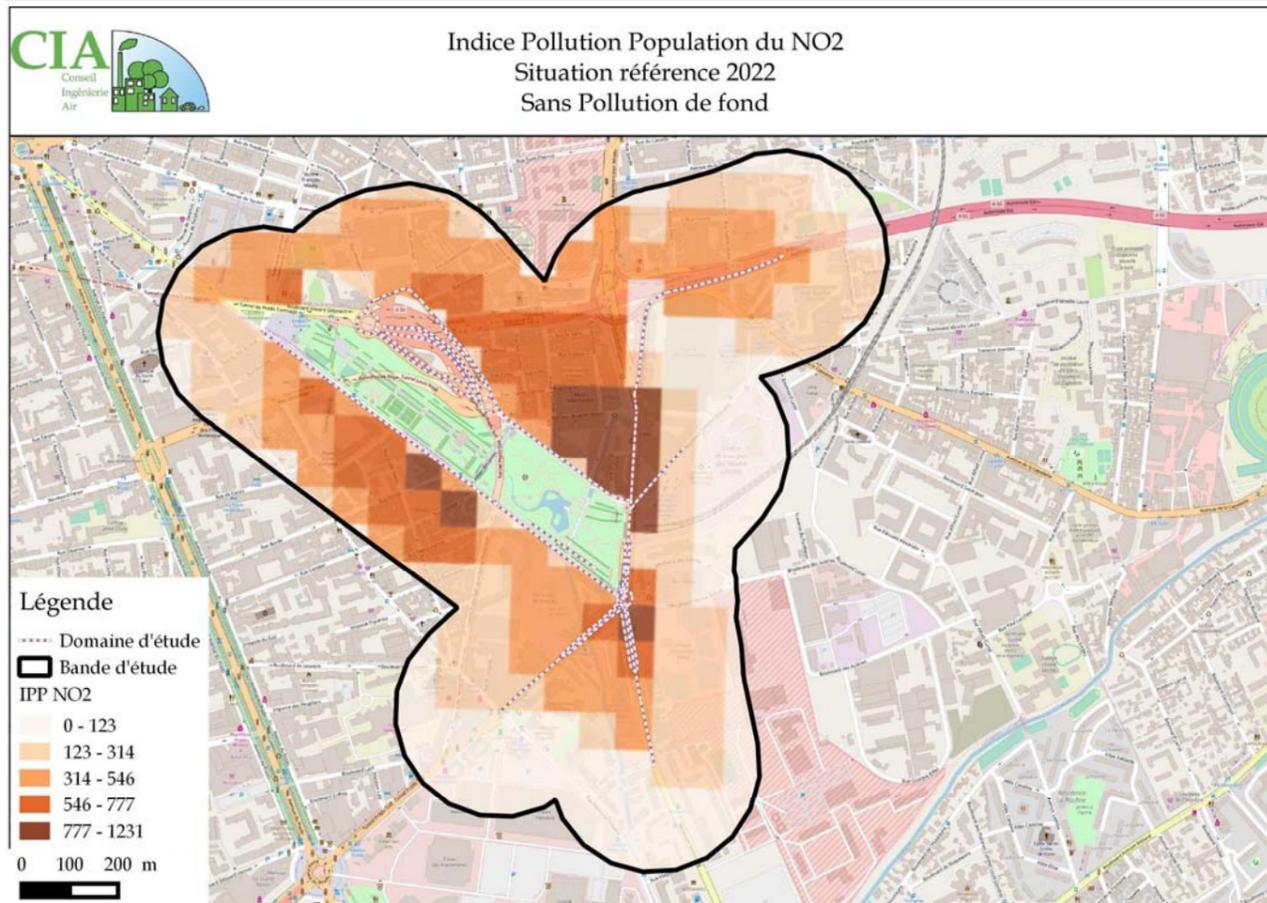
246	247		248		249	
Benzène 2017	REF2022 sans pollution de fond	Variation 2022 sans pollution de fond	REF2027 sans pollution de fond	Variation 2027 sans pollution de fond	REF2042 sans pollution de fond	Variation 2042 sans pollution de fond
NO ₂ 2017	PRO2022 sans pollution de fond		PRO2027 sans pollution de fond		PRO2042 sans pollution de fond	
	250		251		252	
	REF2022 sans pollution de fond	Variation 2022 sans pollution de fond	REF2027 sans pollution de fond	Variation 2027 sans pollution de fond	REF2042 sans pollution de fond	Variation 2042 sans pollution de fond
	PRO2022 sans pollution de fond		PRO2027 sans pollution de fond		PRO2042 sans pollution de fond	

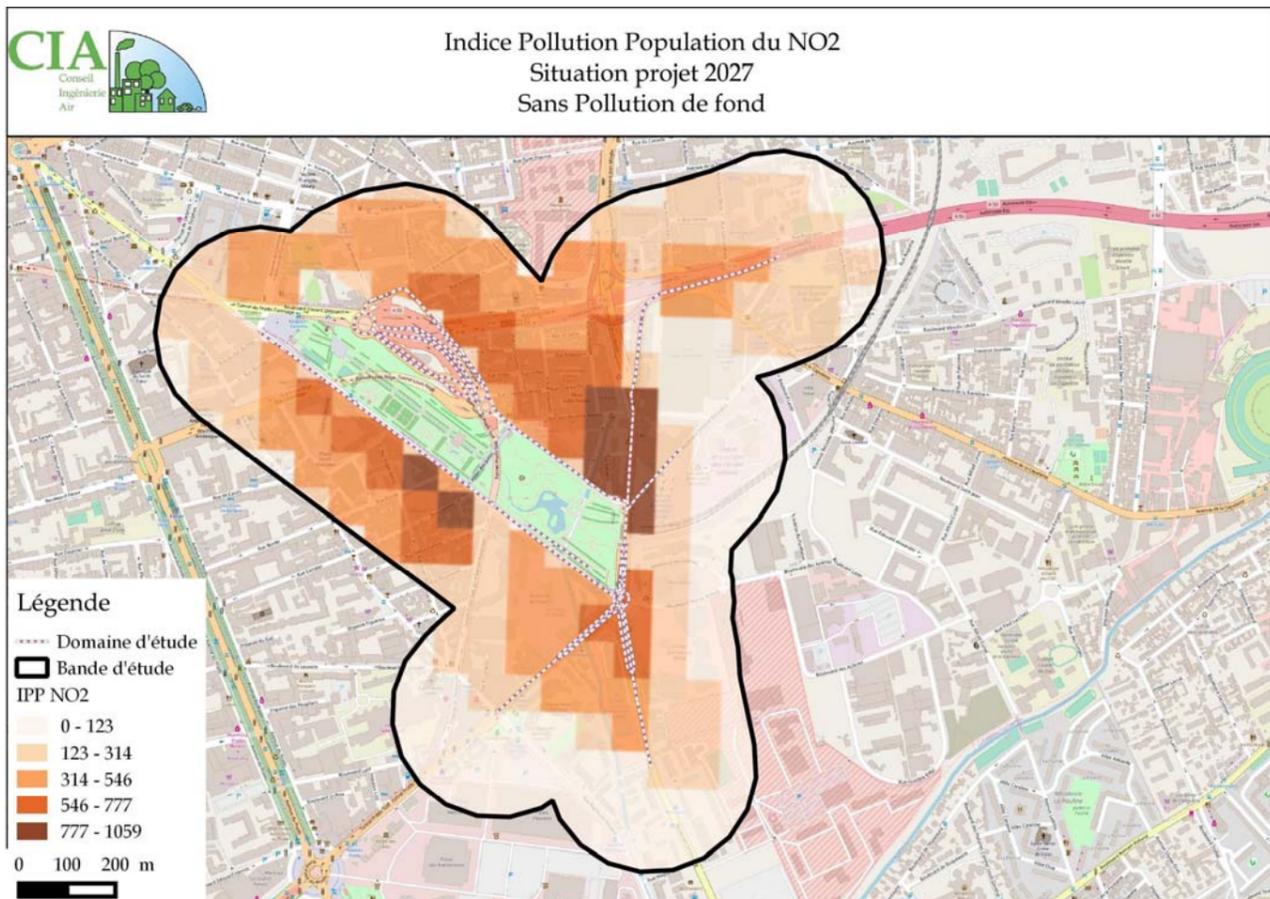
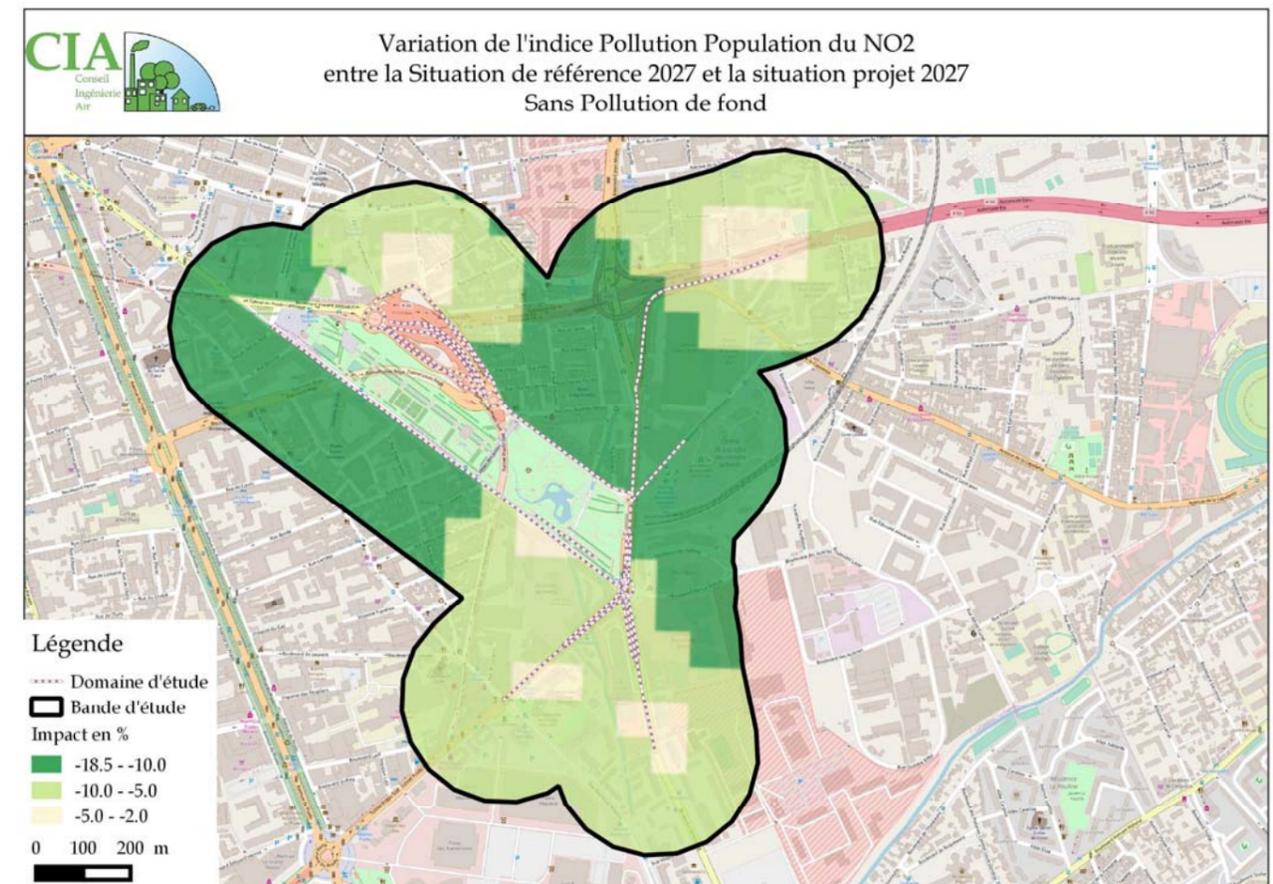
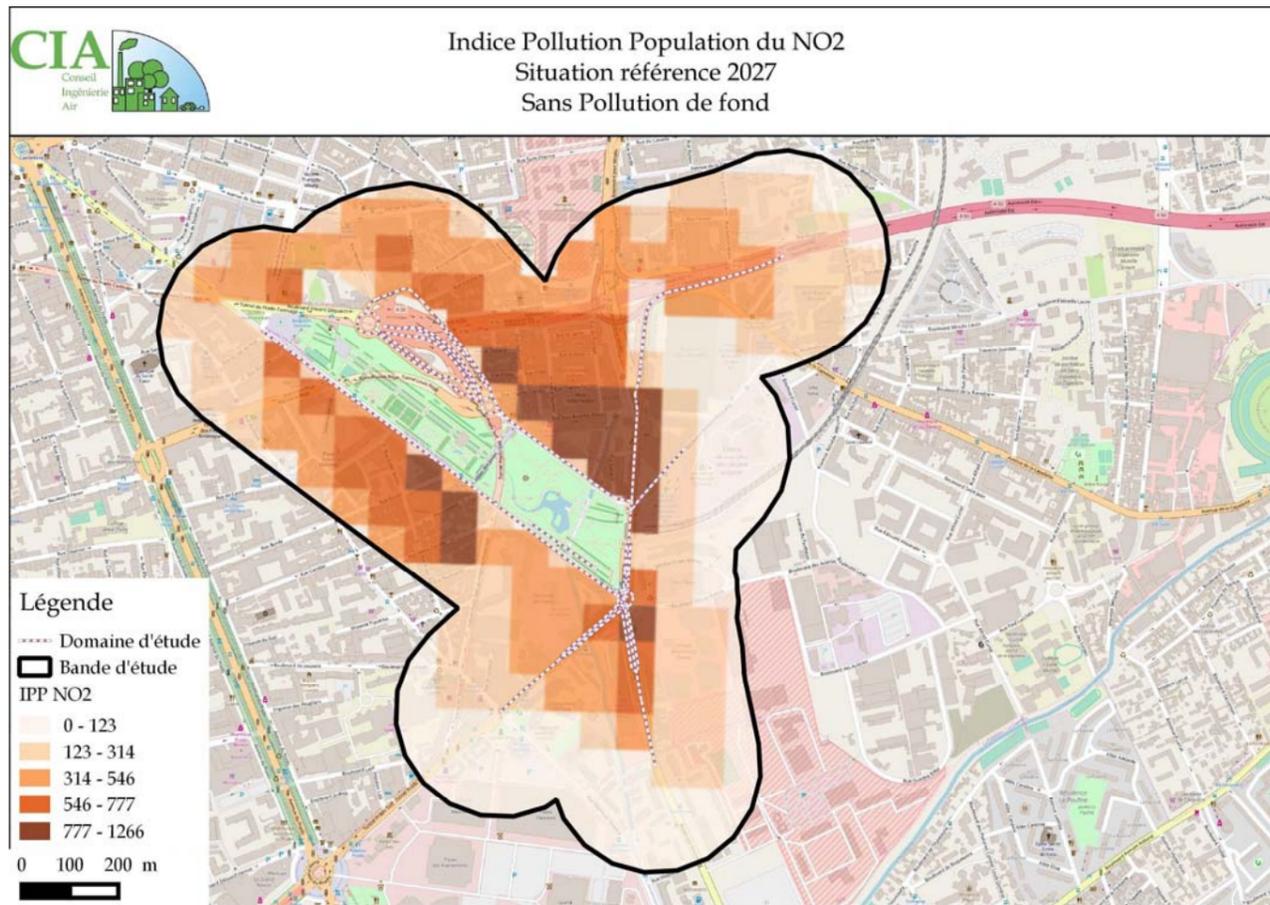


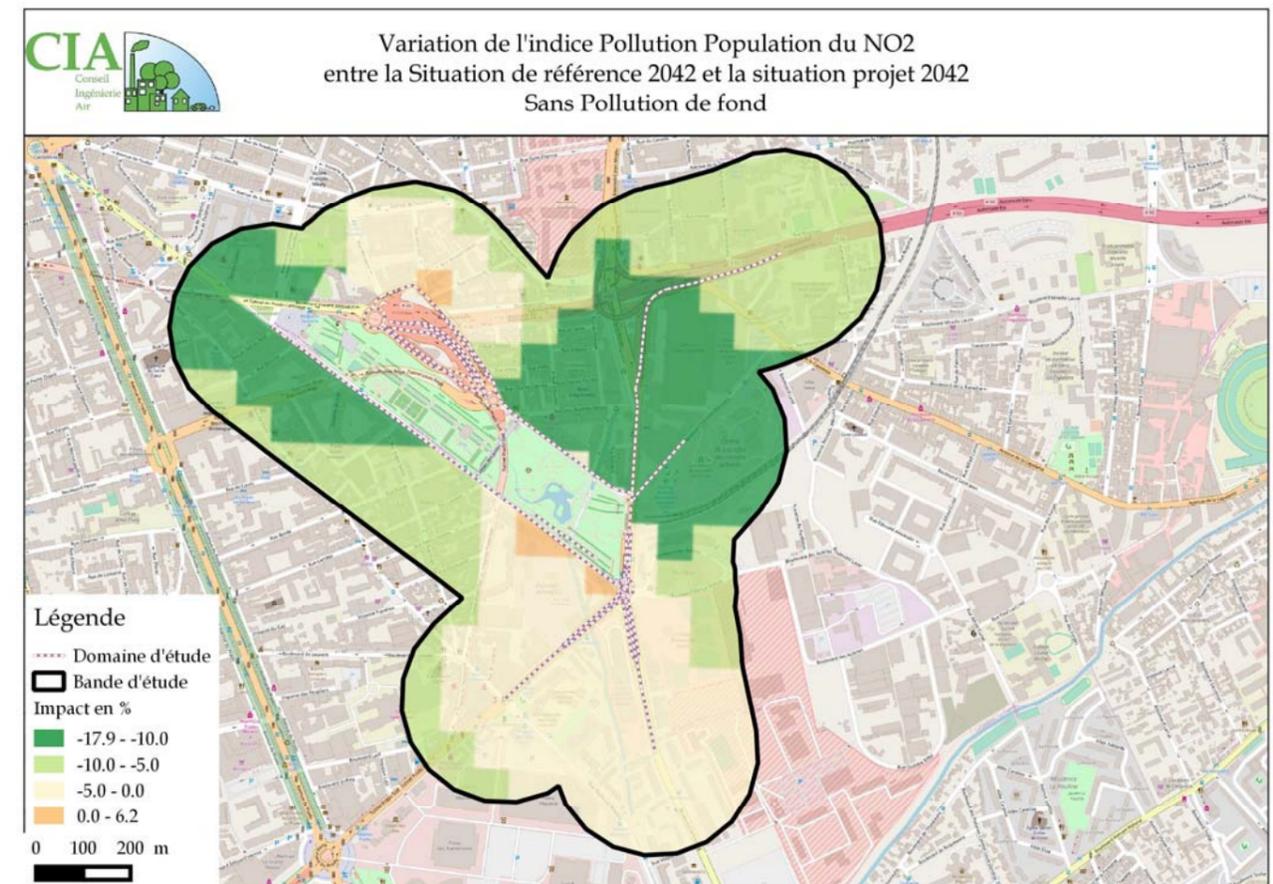
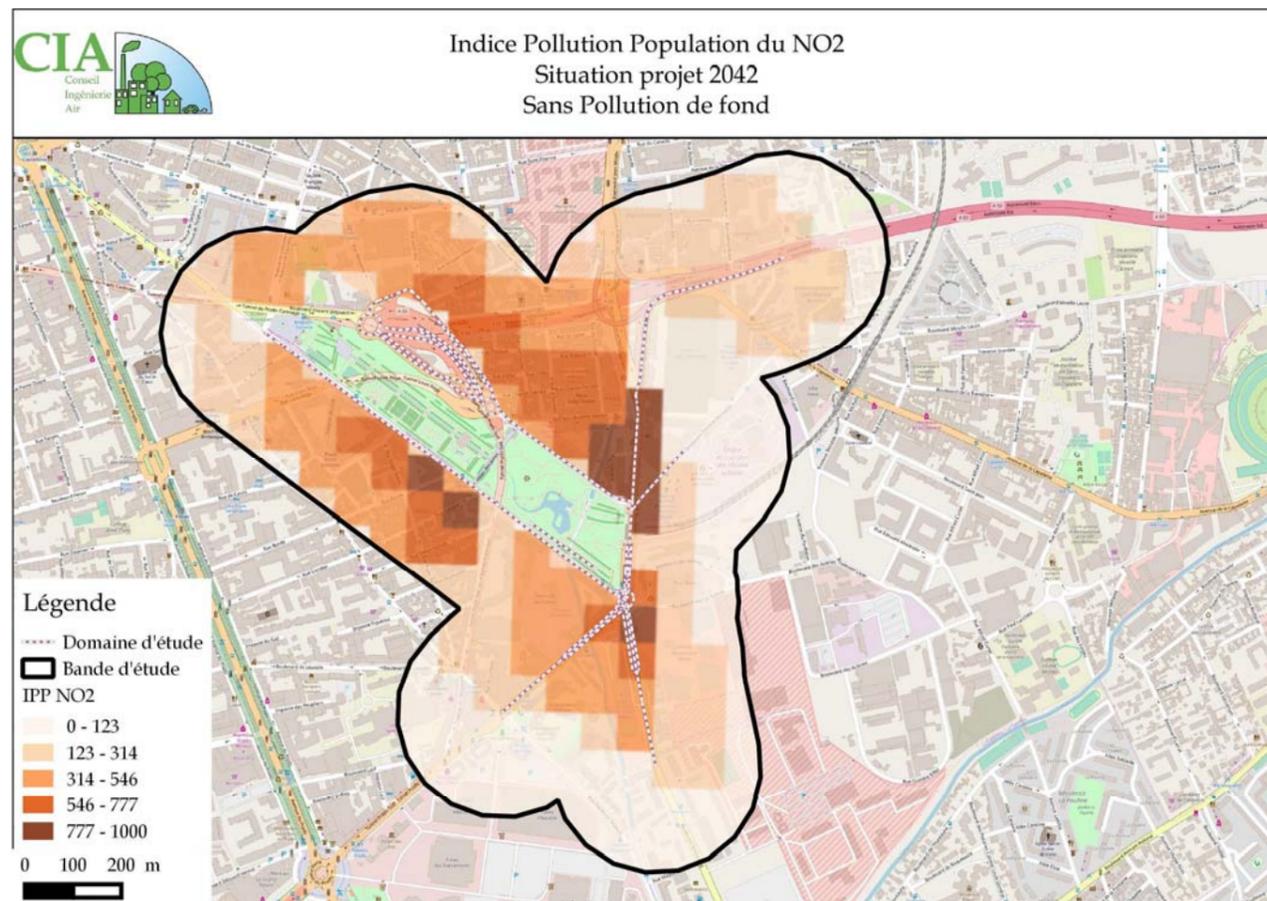
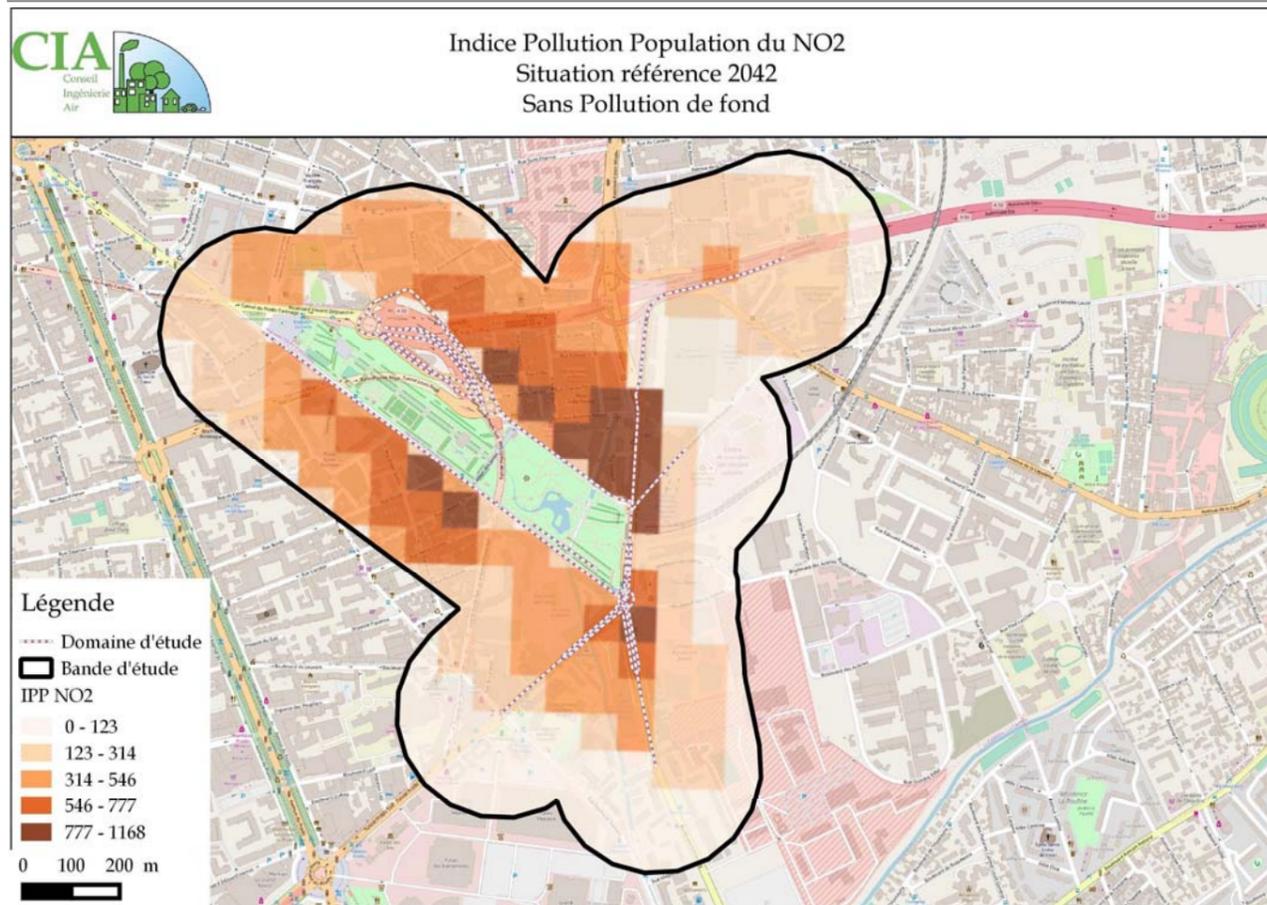












4.3 Evaluation quantitative des risques sanitaires

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

1. Identification des dangers qui consiste en l'identification la plus exhaustive possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable.

Dans le cas présent, l'exposition directe par inhalation est retenue ; sont exclues l'ingestion et l'absorption cutanée.

2. Définition des relations dose-réponse ou dose-effet qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'apparition d'un effet toxique jugé critique. Cette étape se caractérise par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour chaque toxique étudié.

Dans le cas présent, on traitera :

- l'exposition aiguë,
- l'exposition chronique par inhalation de polluants non cancérogènes,
- l'exposition chronique par inhalation de polluants cancérogènes.

Le choix des VTR est expliqué en partie « méthodologie ».

3. Évaluation de l'exposition des populations qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de définir les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci.

Il a été retenu comme scénario d'exposition de considérer les personnes résidant et travaillant dans l'aire d'étude, soit 30 ans d'exposition. Ce scénario majorant permet également de prendre en compte les personnes en transit et celles qui y résident ou travaillent.

4. Caractérisation des risques qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées. Par ailleurs, cette étape reprend des incertitudes évaluées à chacune des étapes.

L'ensemble de la démarche est détaillée dans la partie relative à la méthodologie utilisée. Seule la dernière étape est synthétisée ci-après.

Les polluants non cancérogènes répondent à un seuil de toxicité en-dessous duquel on considère qu'il y a absence de risque sanitaire et au-dessus duquel on considère qu'il y a présence d'un risque sanitaire.

4.3.1 Risque aigu

Les quotients de danger pour le risque aigu ont été calculés sur l'ensemble de la zone d'étude, à savoir dans chaque maille où une concentration a été modélisée.

Il ressort que l'ensemble des quotients de danger est inférieur à 1 pour le benzène, le NO₂ et le SO₂. La bande d'étude n'est donc pas exposée à ce risque pour ces polluants quel que soit l'horizon d'étude. Aucune cartographie n'est donc produite pour ces polluants.

Concernant l'acroléine, la VTR retenue par l'ANSES est très faible, le dépassement de la VTR est donc fréquent. C'est pourquoi à l'état actuel et en situation référence 2022, 2027 et 2042, le quotient de danger est supérieur à 1.

Soulignons également que la situation s'améliore fortement entre la situation actuelle (2017) et les horizons futurs 2022, 2027 et 2042, la situation « avec projet » étant plus favorable que la situation « sans projet » à ces échéances.

Les cartographies en page suivante illustrent les quotients de danger pour le risque aigu de l'acroléine.

Le quotient de danger a été calculé sur les concentrations sans tenir compte de la pollution de fond. Cependant, pour avoir une idée du quotient de danger liée à la pollution de fond également, nous présentons dans le premier tableau le quotient de danger de la pollution de fond seule.

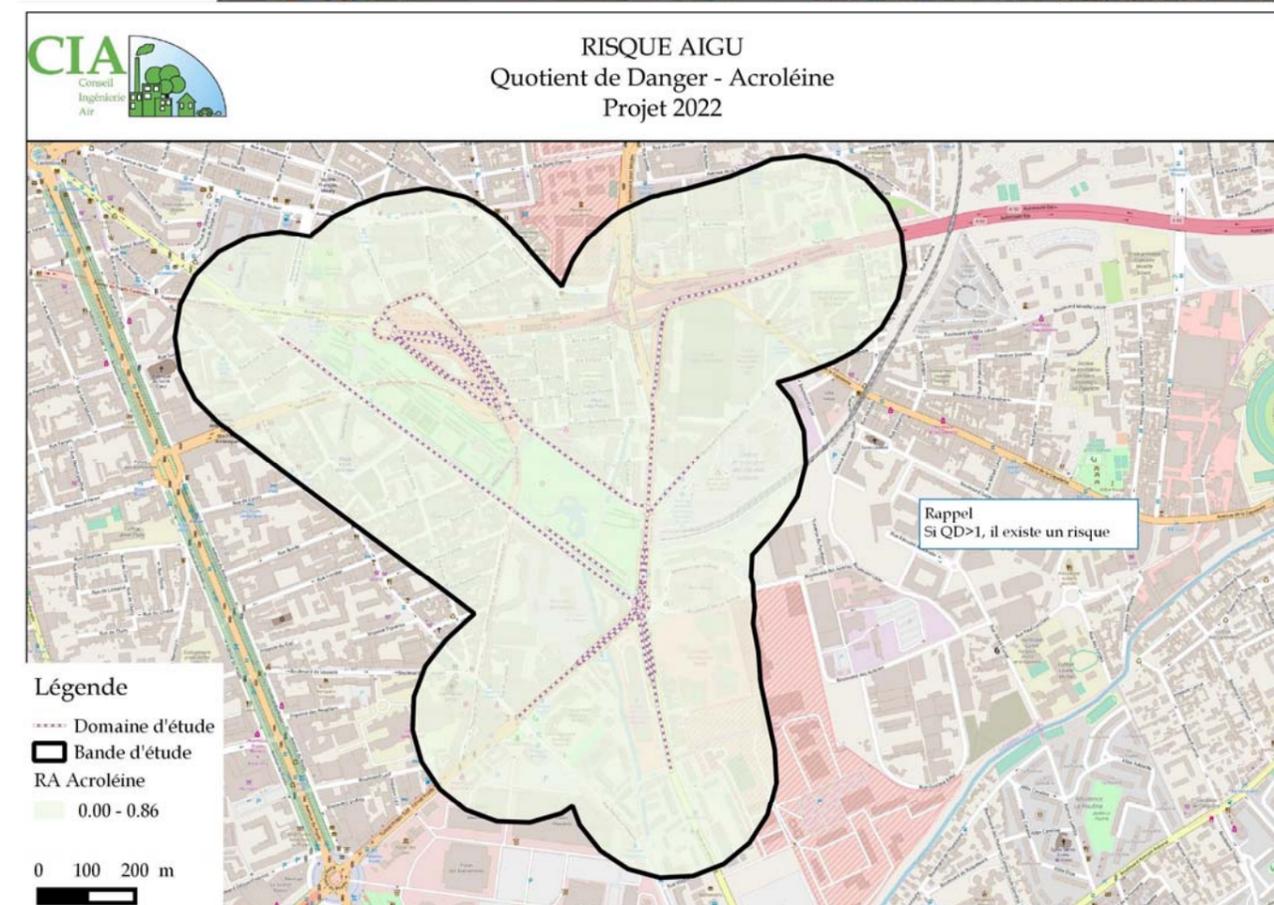
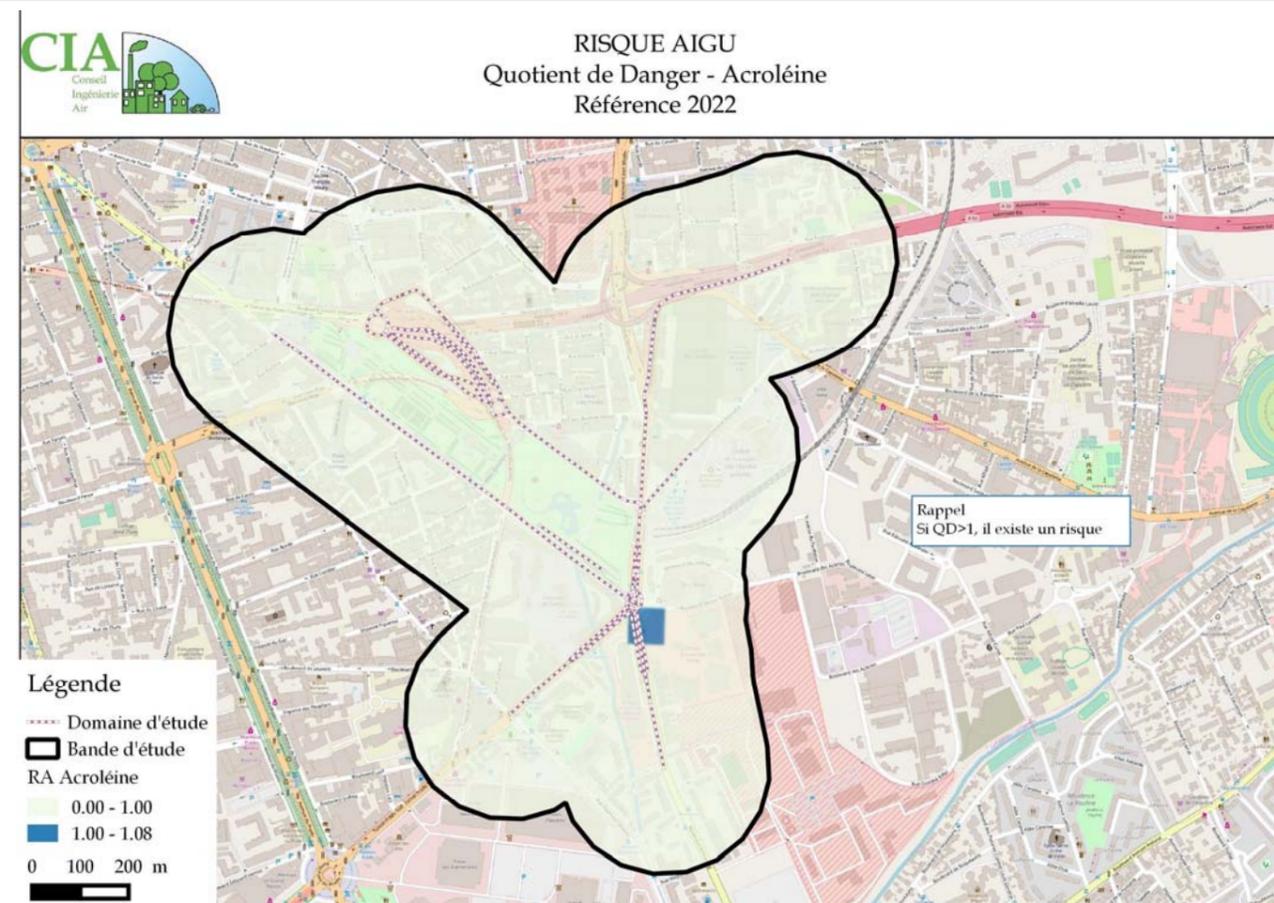
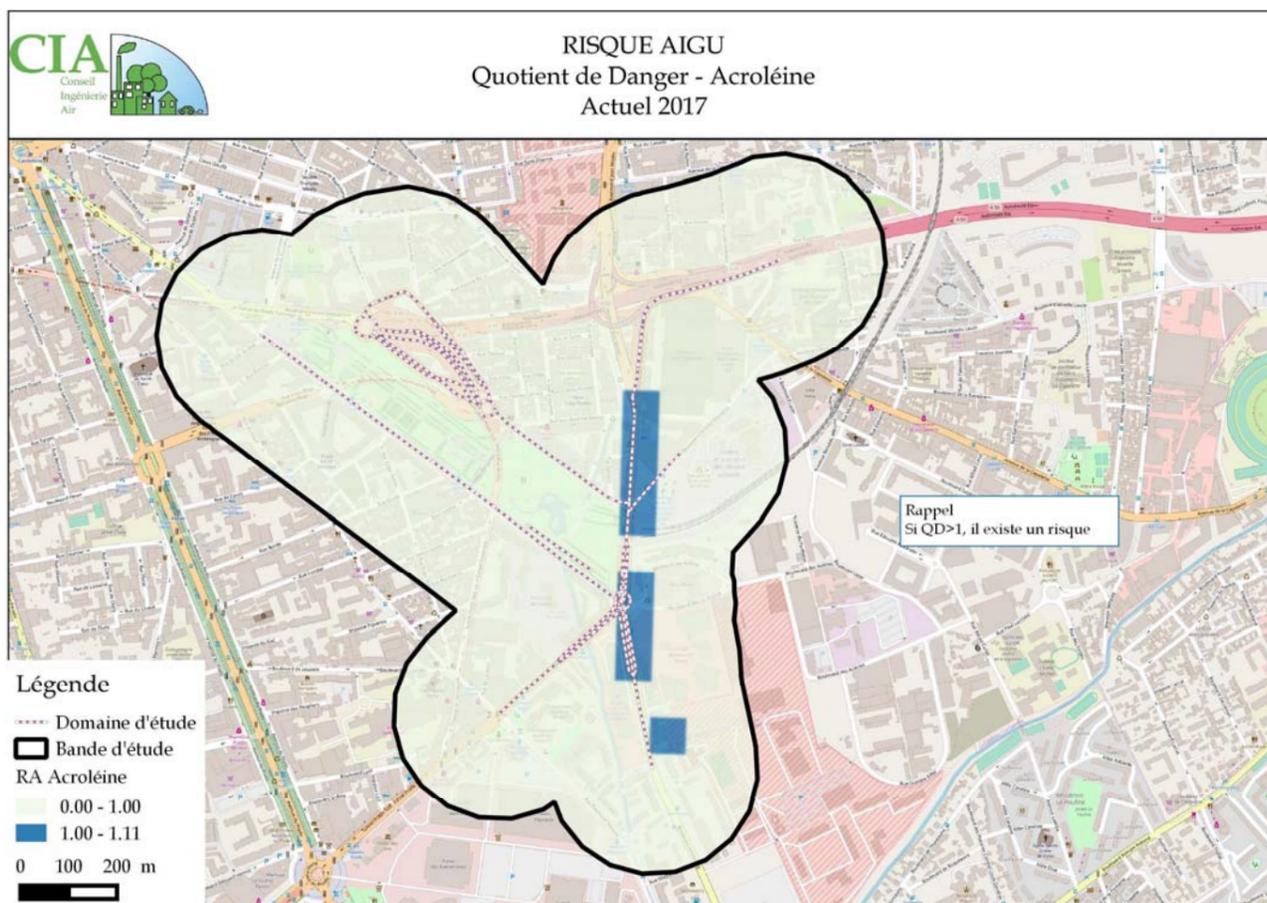
On note que la pollution de fond contribue pour une part importante aux quotients de danger des différents polluants.

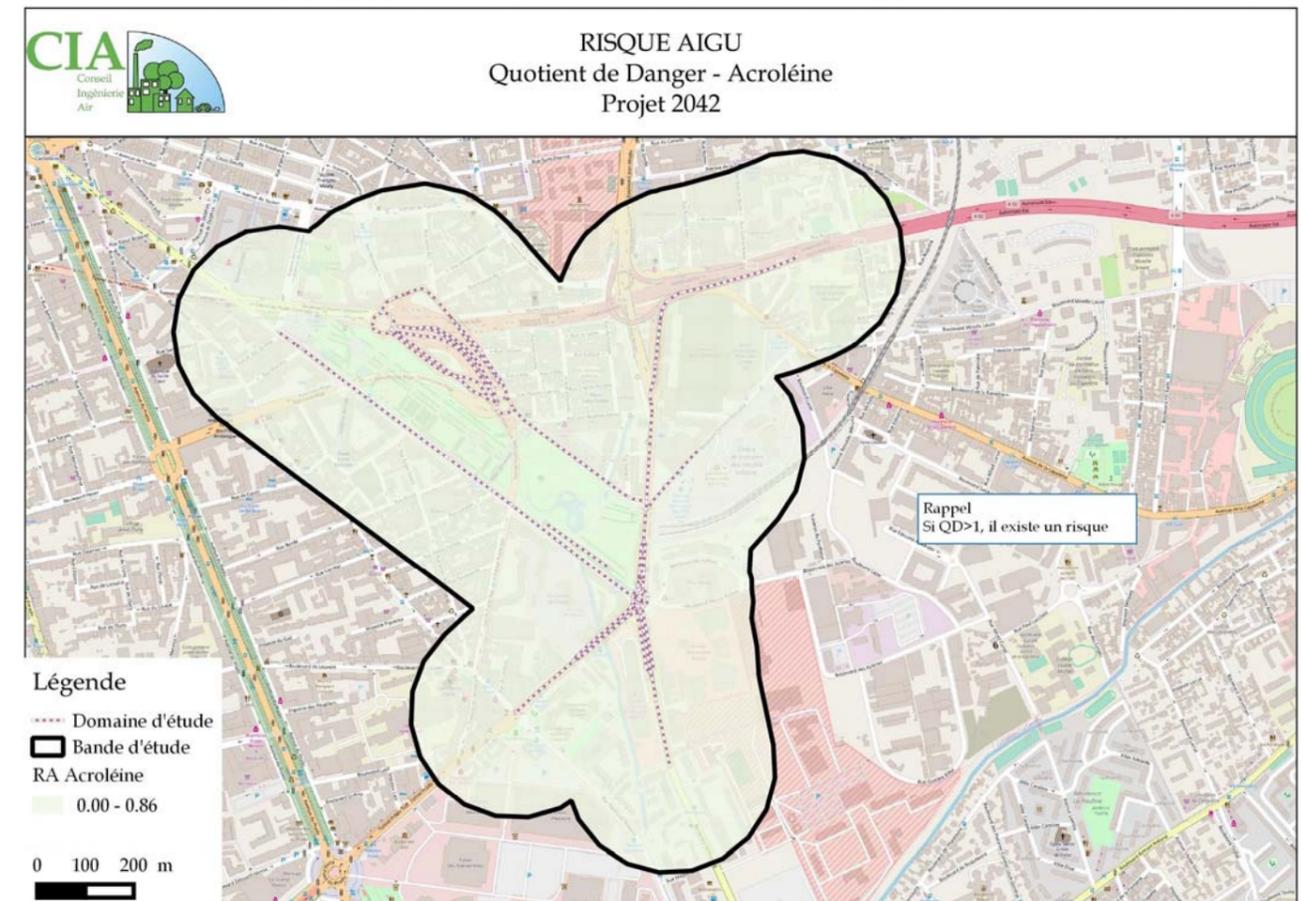
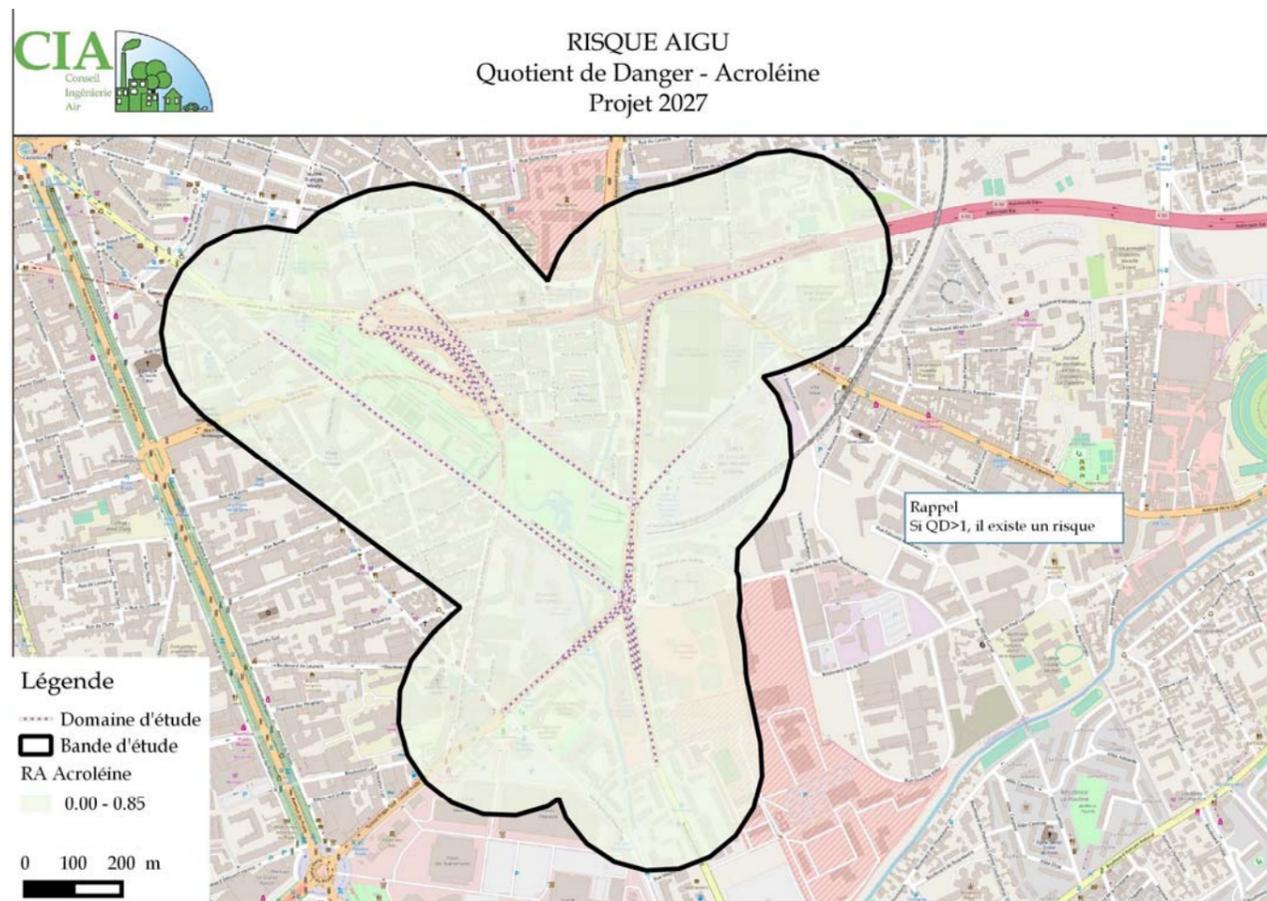
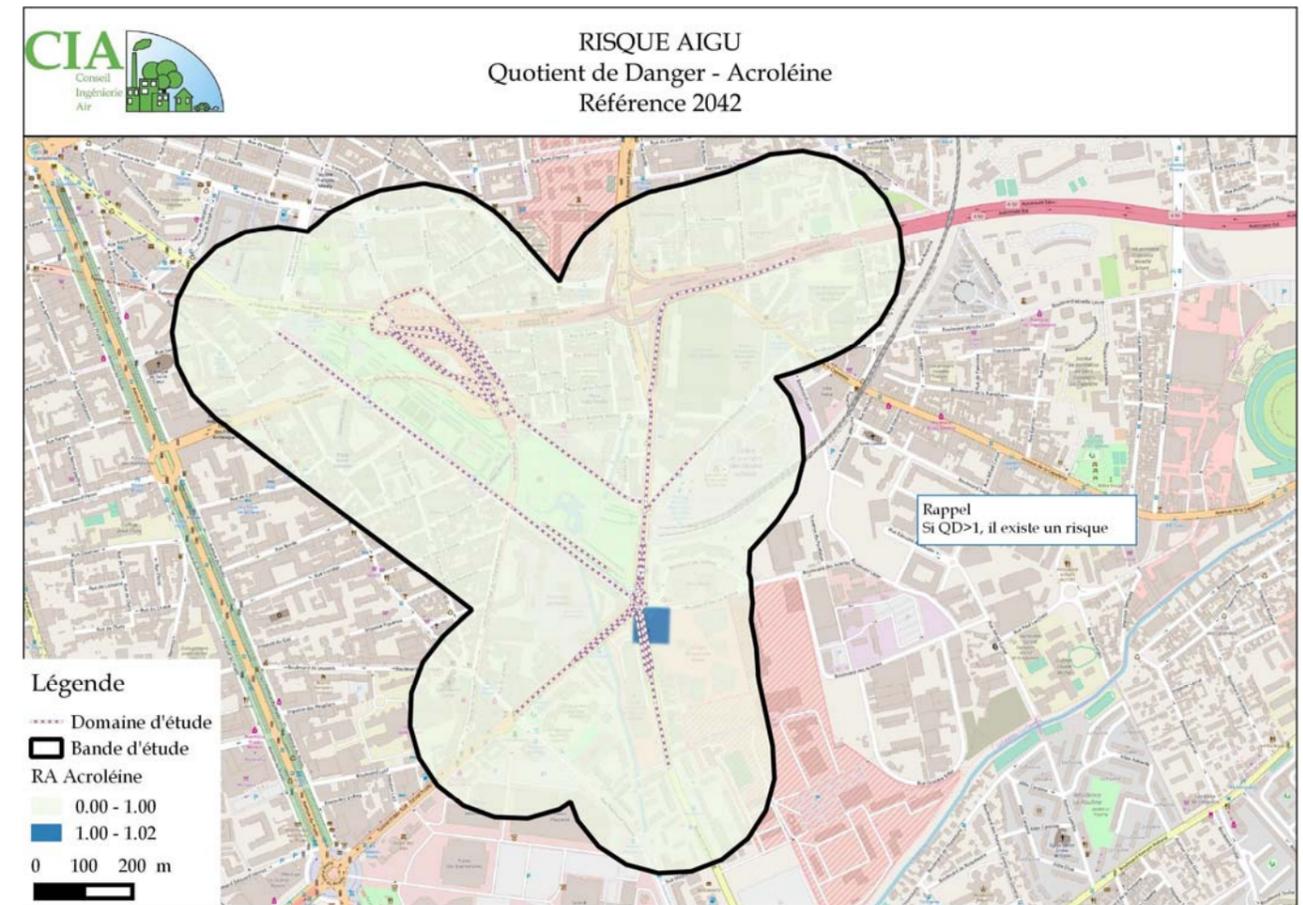
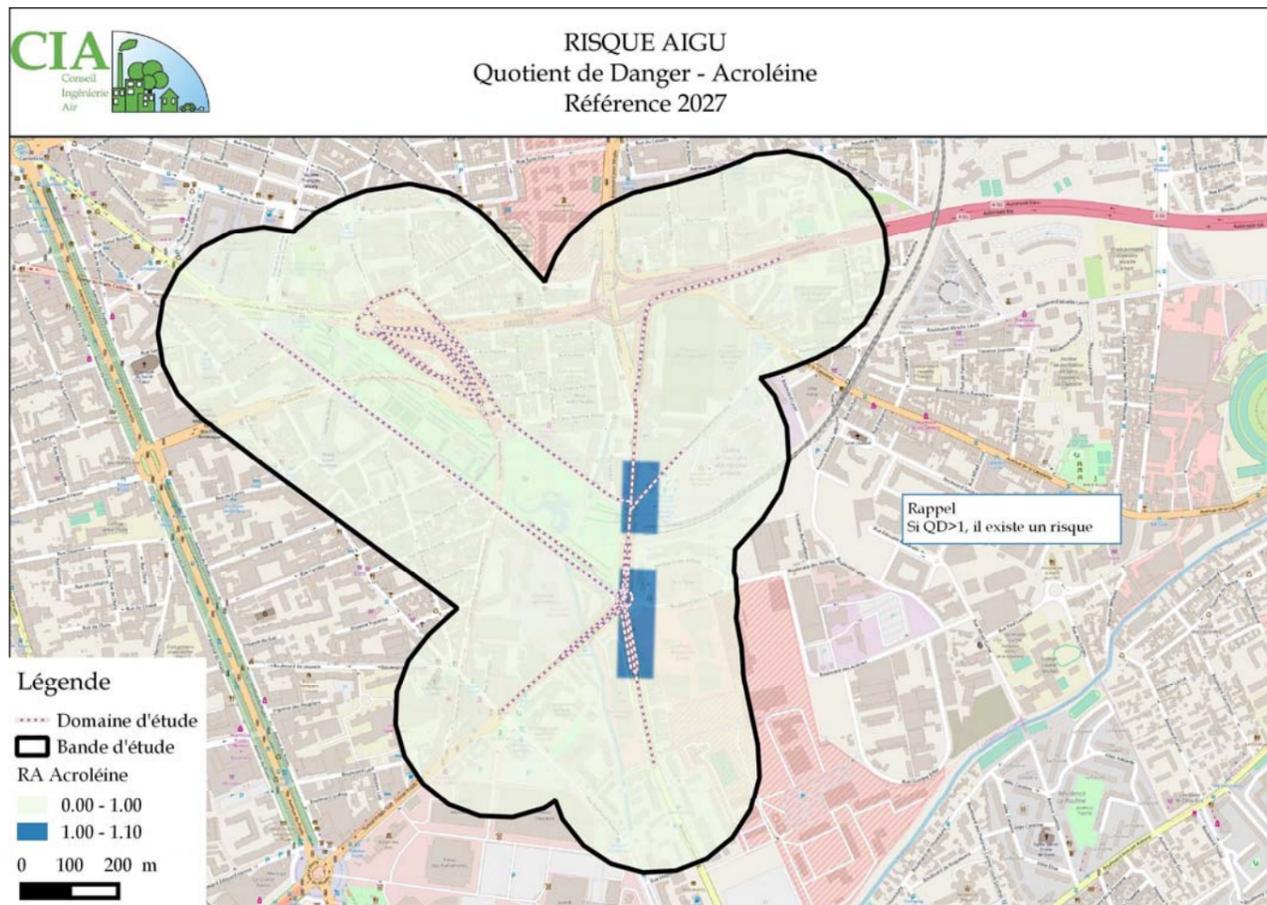
		benzène	NO ₂	Acroléine	SO ₂
QD pollution de fond seule		0.0267	0.103	0.00	0.083
2017	QD situation actuelle	5,6.10 ⁻³	0,31	1,27	0,04
2022	QD max Référence	4,17.10 ⁻³	0,31	1,08	0,04
	QD max Projet	3,4.10 ⁻³	0,29	0,86	0,03
2027	QD max Référence	3,97.10 ⁻³	0,31	1,10	0,04
	QD max Projet	3,13.10 ⁻³	0,29	0,85	0,03
2042	QD max Référence	3,67.10 ⁻³	0,30	1,02	0,04
	QD max Projet	3,15.10 ⁻³	0,29	0,86	0,03

Figure 54 : risque aigu - quotients de danger pour l'acroléine (2017, 2022, 2027,2042 réf et projet)

Cartographies par polluant en pages suivantes selon la disposition suivante :

Actuel 2017	REF2022	REF2027	REF2042
	PRO2022	PRO2027	PRO2042





4.3.2 Risque chronique avec effet de seuil

Les quotients de danger ont été calculés sur l'ensemble de la bande d'étude pour le risque chronique avec effet de seuil (risque systémique).

Dans un esprit de synthèse, le tableau suivant présente le résultat du quotient de danger obtenu le plus important (soit au droit de la concentration maximale) dans la bande d'étude et seules les représentations graphiques des polluants présentant un ratio de danger supérieur à 1 sont présentées. La valeur maximale permet de mettre en avant le risque le plus important rencontré dans l'aire d'étude.

On rappelle que lorsque le quotient de danger est supérieur à 1, un effet sur la santé est constatable.

Figure 55 : quotient de danger maximal dans la bande d'étude pour le risque systémique

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Scénario	QD max 2022	QD max 2027	QD max 2042
Benzène	Système immunologique	0,074	Actuel	2,68E-03		
			Sans projet	2,02E-03	1,93E-03	1,82E-03
			Avec Projet	1,69E-03	8,52E-01	1,63E-03
Acroléine	Epithélium nasal	0,00	Actuel	1,15		
			Sans projet	9,85E-01	8,19E-01	9,62E-01
			Avec Projet	8,19E-01	5,66E-01	8,47E-01
NO ₂	Appareil respiratoire	0,95	Actuel	7,27E-01		
			Sans projet	7,09E-01	6,63E-01	7,09E-01
			Avec Projet	6,54E-01	1,50E-01	6,77E-01
Particules diesel	Appareil respiratoire	3,68	Actuel	2,03E-01		
			Sans projet	1,84E-01	1,63E-01	1,81E-01
			Avec Projet	1,62E-01	4,92E-04	1,69E-01
Formaldéhyde	Epithélium nasal	0,040	Actuel	6,68E-04		
			Sans projet	5,65E-04	4,71E-04	5,48E-04
			Avec Projet	4,74E-04	3,99E-03	4,87E-04
1,3 butadiène	Ovaires	0,322	Actuel	5,39E-03		
			Sans projet	4,26E-03	3,71E-03	4,06E-03
			Avec Projet	3,83E-03	3,60E-03	3,81E-03
Acétaldéhyde	Epithélium nasal	0,327	Actuel	4,87E-03		
			Sans projet	4,13E-03	3,45E-03	4,01E-03
			Avec Projet	3,47E-03	3,28E-06	3,57E-03
Nickel	Appareil respiratoire	0,014	Actuel	4,44E-06		
			Sans projet	4,40E-06	4,08E-06	4,36E-06
			Avec Projet	4,08E-06	7,81E-08	4,12E-06

	Fonction atteinte	QD avec uniquement la concentration de fond	Scénario	QD max 2022	QD max 2027	QD max 2042
Cadmium	Reins	0,0001	Actuel	1,06E-07		
			Sans projet	1,03E-07	9,35E-08	1,02E-07
			Avec Projet	9,31E-08	0,00E+00	9,59E-08
Plomb	SNC et sang	0,0057	Actuel	0,00E+00		
			Sans projet	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
			Avec Projet	0,00E+00	00,00E+00	0,00E+00
NO ₂ +PM+Ni	Appareil respiratoire	4,64	Actuel	9,30E-01		
			Sans projet	8,93E-01	8,26E-01	8,89E-01
			Avec Projet	8,16E-01	8,56E-01	8,46E-01
Acr+For+Acé	Epithélium nasal	0,37	Actuel	1,16		
			Sans projet	9,90E-01	8,23E-01	9,67E-01
			Avec Projet	8,23E-01	8,15E-02	8,51E-01
PM _{2,5} et PM ₁₀	Système cardio-vasculaire	1,84	Actuel	1,09E-01		
			Sans projet	1,03E-01	9,39E-02	1,01E-01
			Avec Projet	9,34E-02	1,97E-03	9,76E-02

On notera que la pollution de fond seule conduit à un ratio de danger supérieur à 1 pour les particules diesel et les PM₁₀+PM_{2.5}.

Un ratio de danger supérieur à 1 signifie que des risques d'atteintes de la fonction respiratoire (effet des particules diesel en exposition chronique) sont possibles. En effet, la valeur de pollution de fond est très élevée car il a été choisi d'utiliser celle des PM_{2.5}. Ce choix est majorant car il prend en compte l'ensemble des particules inférieures à 2,5 microns qu'elles proviennent d'un moteur diesel ou non. Dans la réalité, l'ERS ne s'intéresse qu'aux particules diesel (les plus toxiques) mais qui ne représentent qu'une partie des particules fines émises, notamment par le trafic automobile. De ce fait, l'exposition est ici majorée.

Pour l'acroléine, on constate un ratio de danger supérieur à 1 à l'état actuel. On notera que la VTR étant très faible, les dépassements concernant l'acroléine sont fréquents. Cependant, on remarque qu'au fil du temps et avec le projet, la situation s'améliore et le ratio de danger est inférieur à 1.

En revanche, pour la plupart des polluants, (le benzène, le formaldéhyde, le 1,3-butadiène, l'acétaldéhyde, le nickel, le cadmium, le plomb et le NO₂), les quotients de danger sont inférieurs à 1. Il n'y a donc pas de risque pour la santé humaine lié à ces polluants en exposition chronique par voie respiratoire pris individuellement.

4.3.3 Effets sans seuil (ou cancérigènes)

Comme précédemment, le tableau ci-contre présente les Excès de Risque Individuel (ERI) maximaux calculés pour chaque polluant cancérigène dans la bande d'étude (sans la pollution de fond).

Seules les représentations graphiques des ERI présentant un risque sont données dans les pages suivantes (c'est-à-dire particules diesel et ERG)

Il est également présenté l'excès de risque global (ERG) dans la bande d'étude, en tenant compte de la pollution de fond mais également sans pollution de fond.

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

Concernant les particules diesel, les ERI calculés sont supérieurs à 10^{-5} . On notera que la situation projet améliore les ERI sans passer sous le seuil des 10^{-5} . Il existe donc un risque pour les poumons.

Les ERI calculés pour le chrome, le formaldéhyde et le benzo(a)pyrène liés à la pollution de fond seule sont supérieurs à 10^{-5} , les ERI calculés sont tous supérieurs au seuil d'acceptabilité de 10^{-5} . La pollution de fond entraîne un dépassement du seuil d'acceptabilité en étant responsable à elle seule d'ERI supérieurs à 10^{-5} . Toutefois, sans la pollution de fond, les Excès de Risques Individuels de ces polluants sont tous inférieurs à 10^{-5} .

Concernant les Excès de Risques Globaux, ils sont supérieurs à 10^{-5} pour tous les horizons. On notera toutefois qu'ils sont plus faibles en situation projet, signe d'une amélioration induite par le projet.

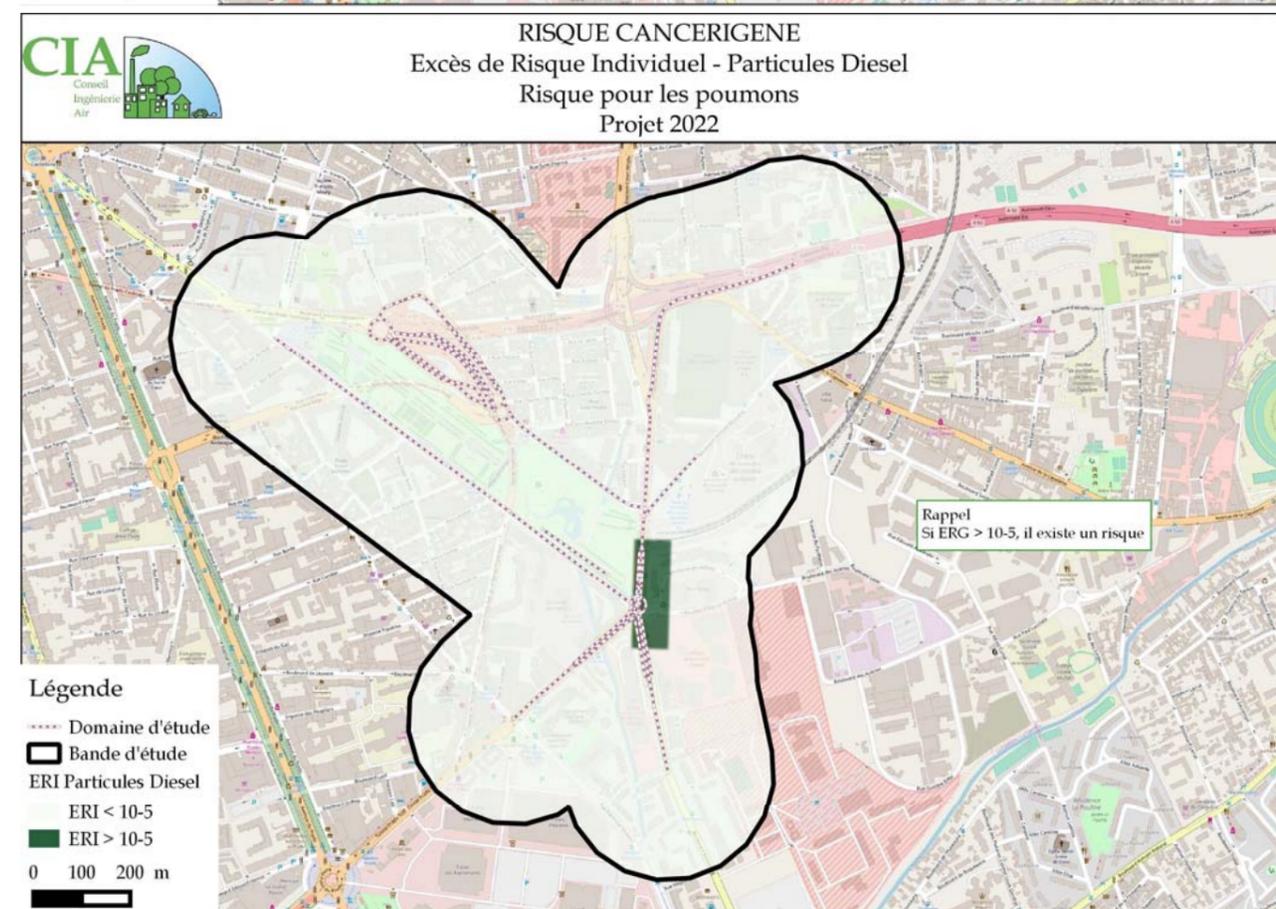
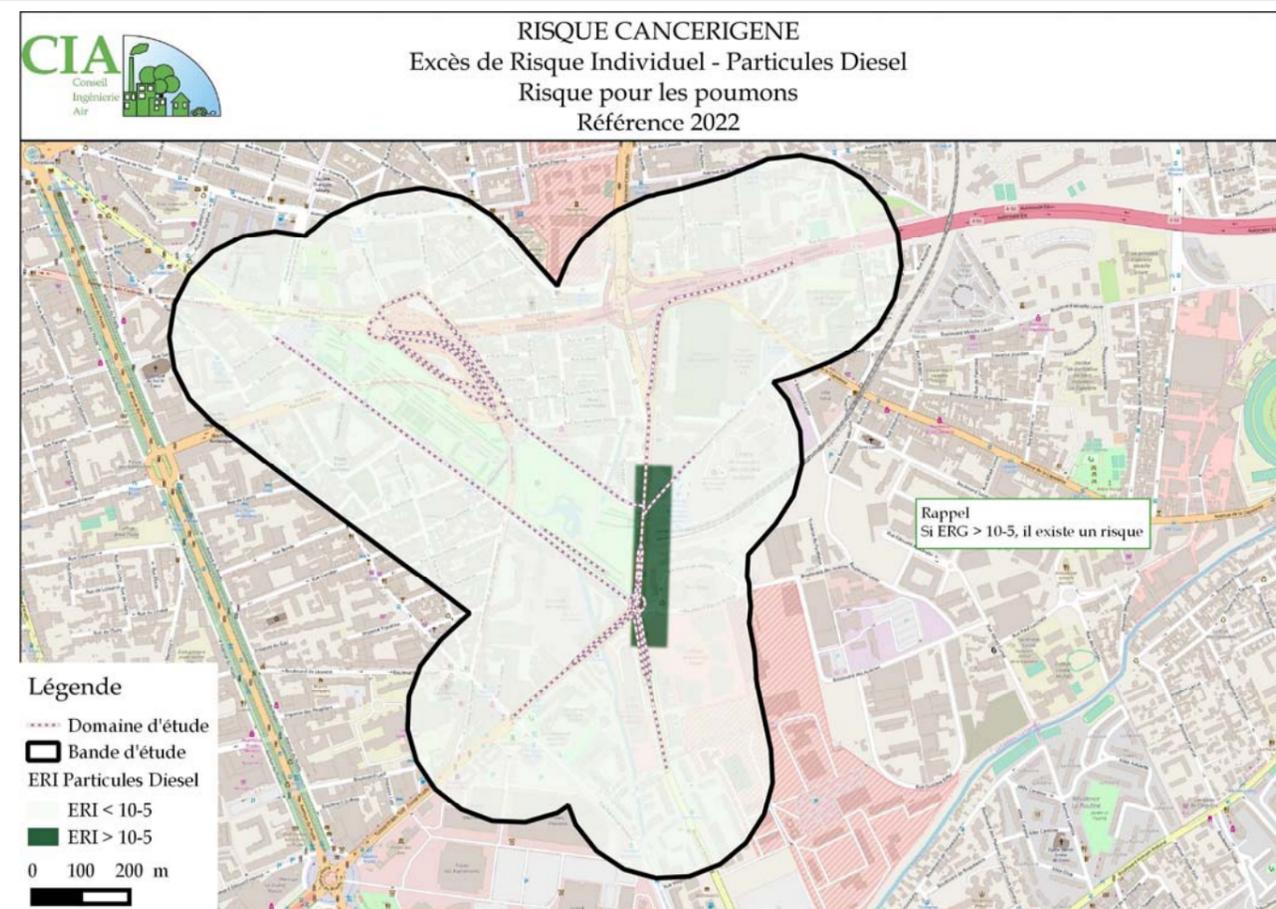
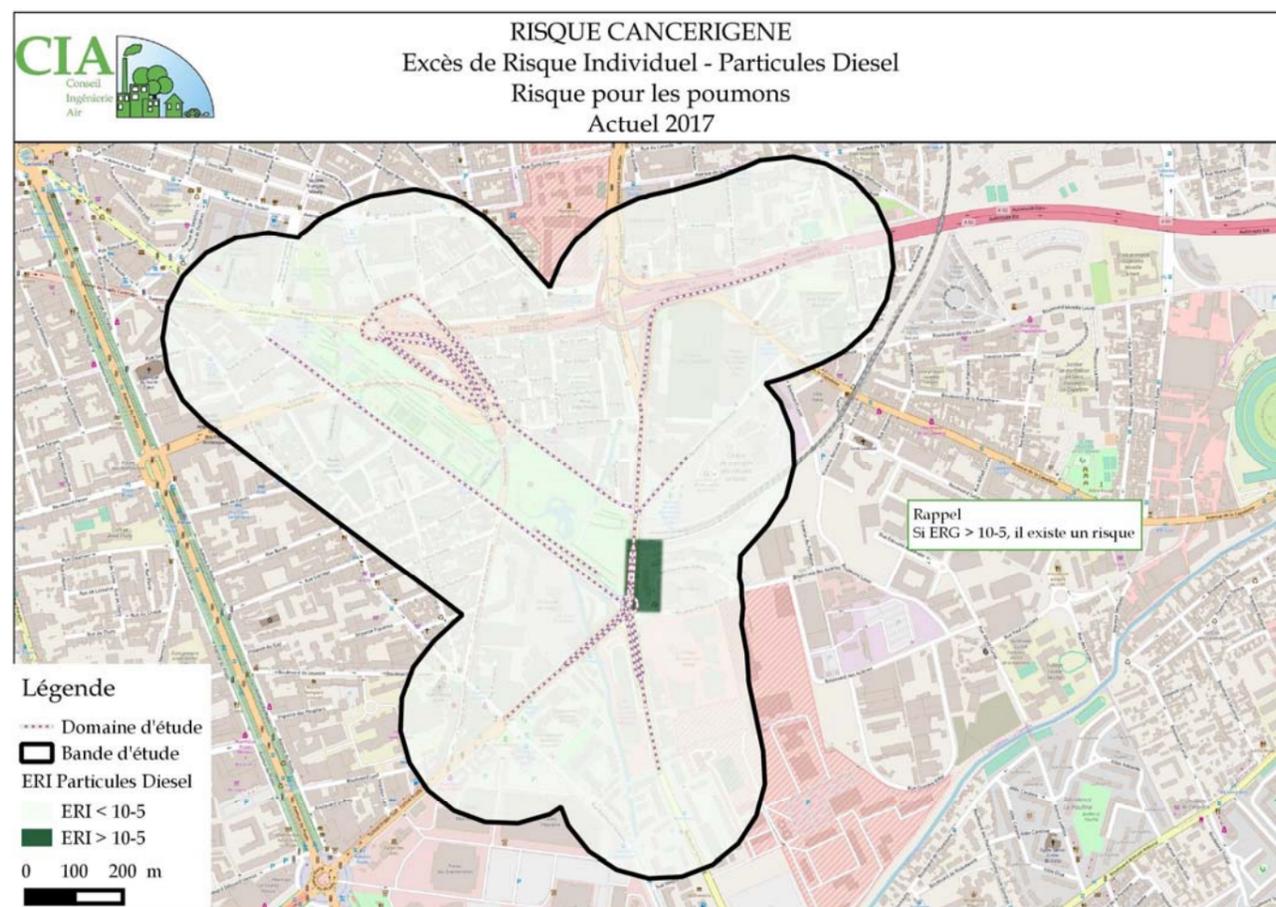
Figure 56 : ERI max pour le risque cancérigène dans la bande d'étude

	Fonction atteinte	ERI pollution de fond seule	Type de valeur	ERI max 2022	ERI max 2027	ERI max 2042
Benzène	Sang	8.21E-06	Actuel	2,98E-07		
			Sans Projet	2,25E-07	2,15E-07	2,03E-07
			Avec Projet	1,89E-07	1,75E-07	1,82E-07
Particules diesel	Poumons	2.68E-04	Actuel	1,48E-05		
			Sans Projet	1,34E-05	1,38E-05	1,32E-05
			Avec Projet	1,18E-05	1,19E-05	1,23E-05
Chrome	Poumons	1,23E-05	Actuel	1,37E-09		
			Sans Projet	1,34E-09	1,37E-09	1,33E-09
			Avec Projet	1,24E-09	1,24E-09	1,26E-09
Formaldéhyde	Epithélium nasal	2.72E-05	Actuel	4,57E-07		
			Sans Projet	3,87E-07	3,96E-07	3,75E-07
			Avec Projet	3,25E-07	3,23E-07	3,34E-07
1,3 butadiène	Sang	3.59E-06	Actuel	6,00E-08		
			Sans Projet	4,74E-08	4,72E-08	4,52E-08
			Avec Projet	4,27E-08	4,13E-08	4,25E-08
Acétaldéhyde	Epithélium nasal	3,41E-06	Actuel	5,07E-08		
			Sans Projet	4,30E-08	4,41E-08	4,18E-08
			Avec Projet	3,61E-08	3,59E-08	3,72E-08
Nickel	Poumons	2,35E-07	Actuel	7,44E-11		
			Sans Projet	7,38E-11	7,51E-11	7,31E-11
			Avec Projet	6,84E-11	6,84E-11	6,91E-11
Cadmium	Poumons	3.55E-08	Actuel	3,66E-11		
			Sans Projet	3,59E-11	3,68E-11	3,54E-11
			Avec Projet	3,23E-11	3,25E-11	3,33E-11
Benzo(a)pyrène	Poumons	3,55E-08	Actuel	1,18E-11		
			Sans Projet	1,16E-11	1,21E-11	1,15E-11
			Avec Projet	1,04E-11	1,06E-11	1,10E-11
Arsenic	Poumons	2,37E-08	Actuel	8,94E-12		
			Sans Projet	8,94E-12	8,94E-12	8,94E-12
			Avec Projet	9,11E-12	9,11E-12	9,11E-12
Excès de Risque Global		3.23E-04	Actuel	1,56E-05		
			Sans Projet	1,41E-05	1,45E-05	1,38E-05
			Avec Projet	1,24E-05	1,25E-05	1,29E-05

Figure 57 : risque cancérogène – Excès de Risque Individuel sans pollution de fond (2017, 2022, 2027, 2042, Réf et Projet)

Cartographies en pages suivantes selon la disposition suivante :

Actuel 2017	REF2022	REF2027	REF2042
	PRO2022	PRO2027	PRO2042



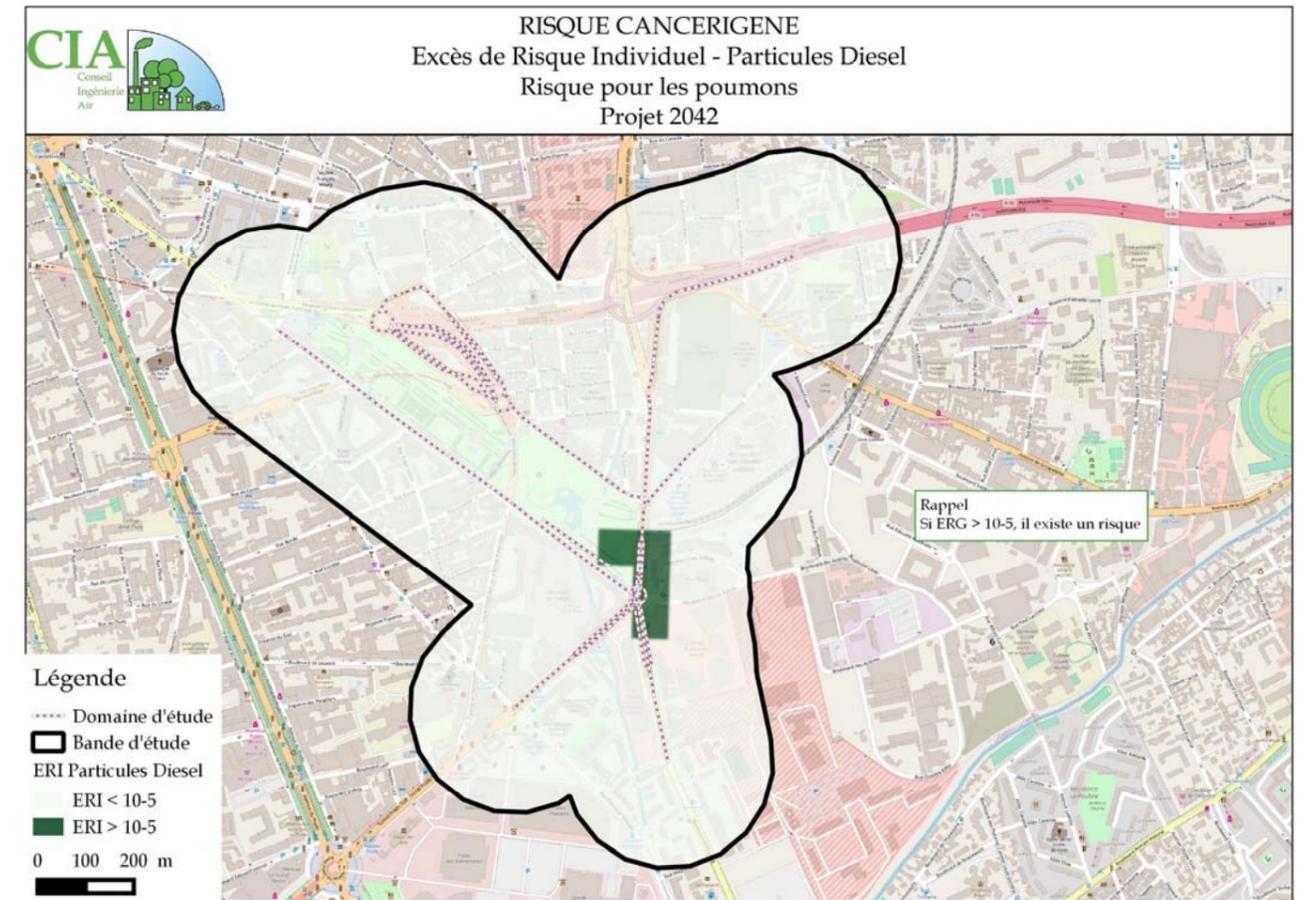
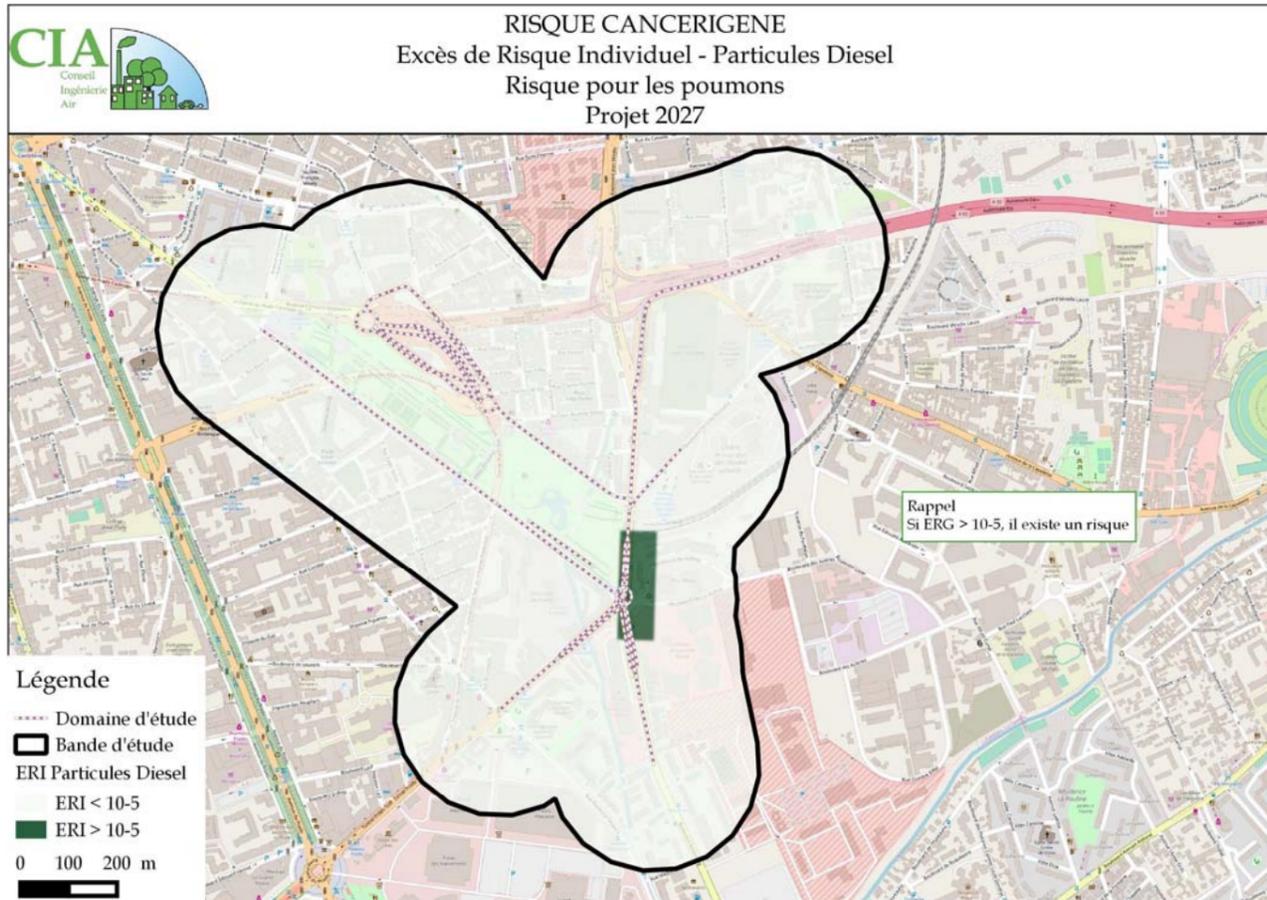
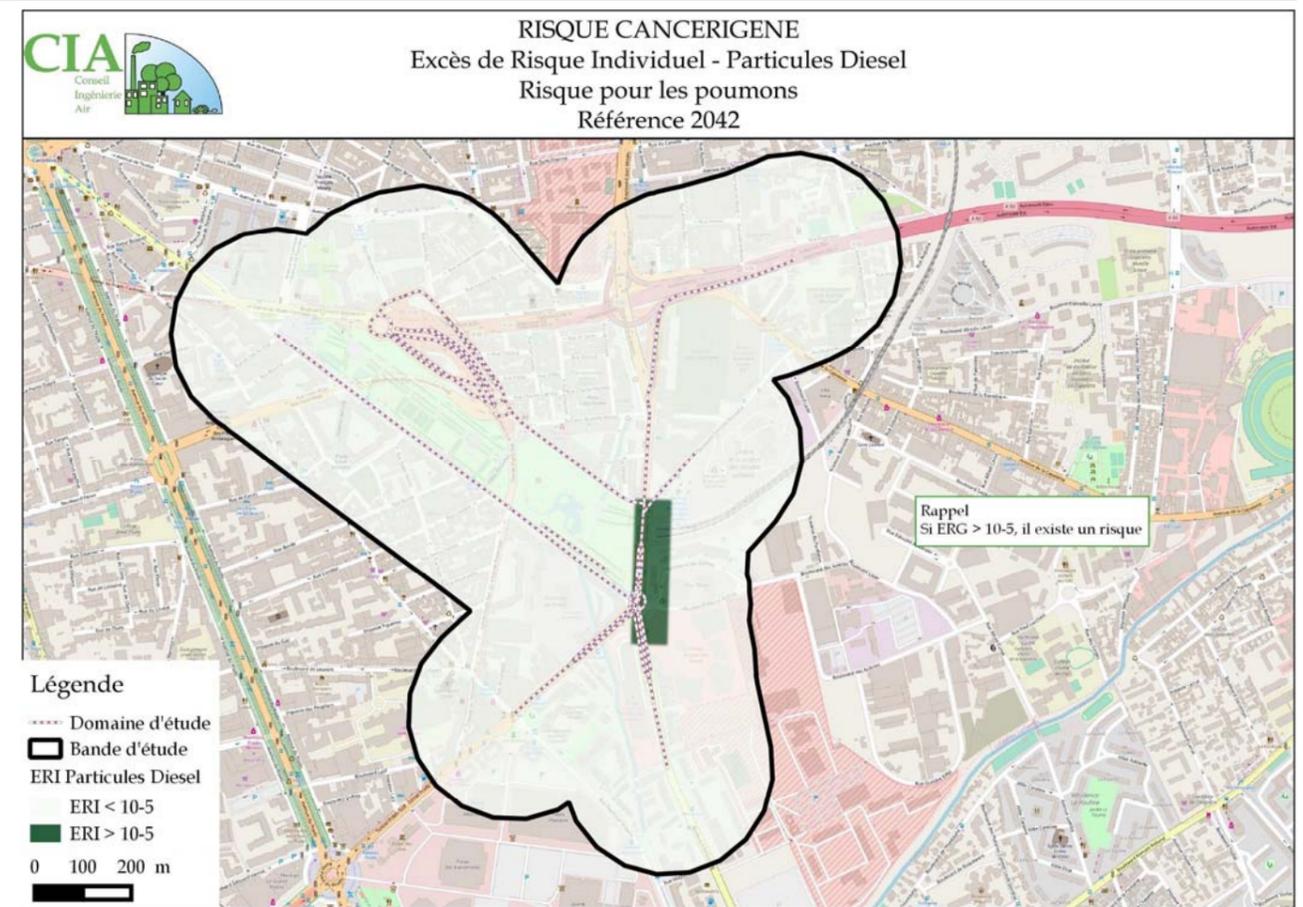
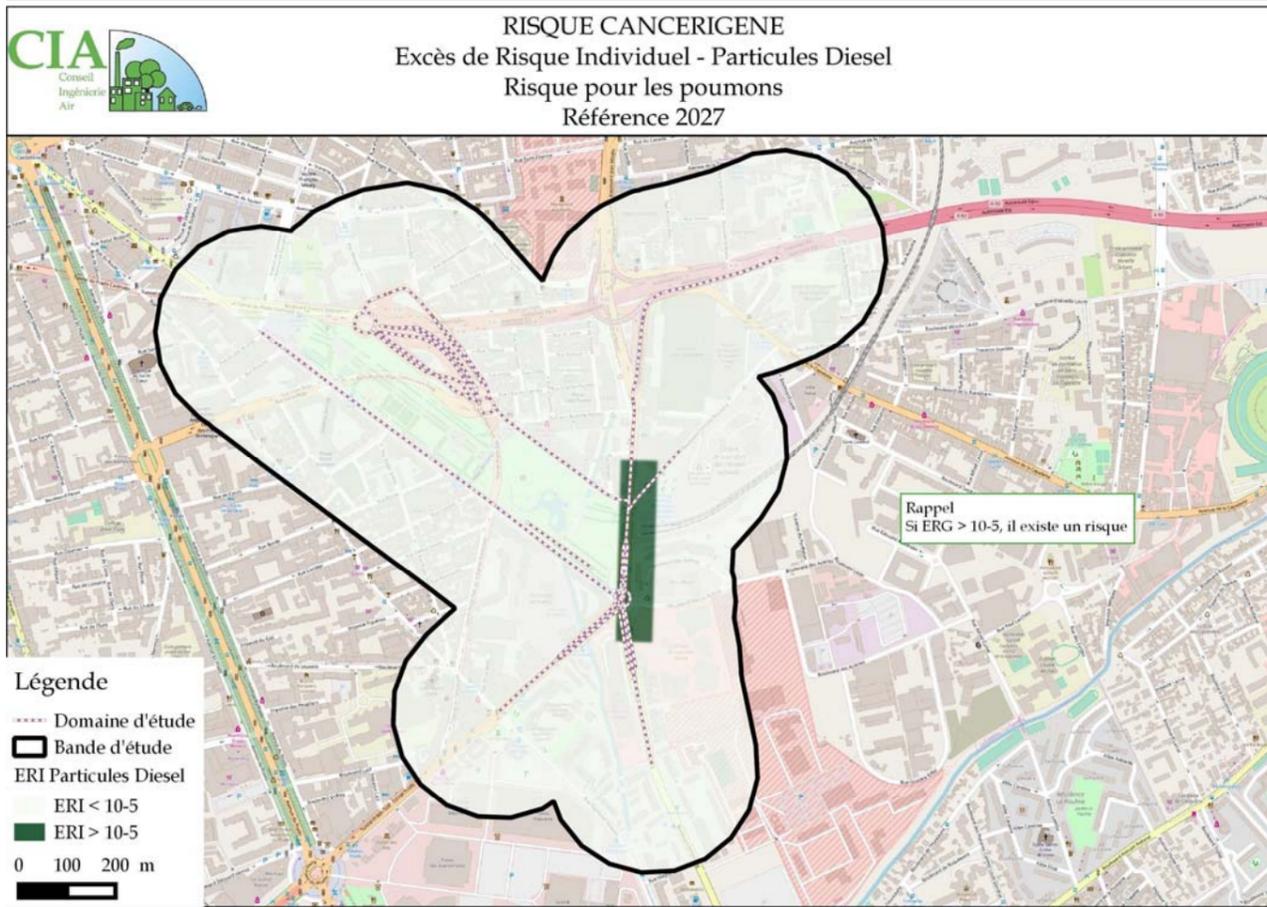
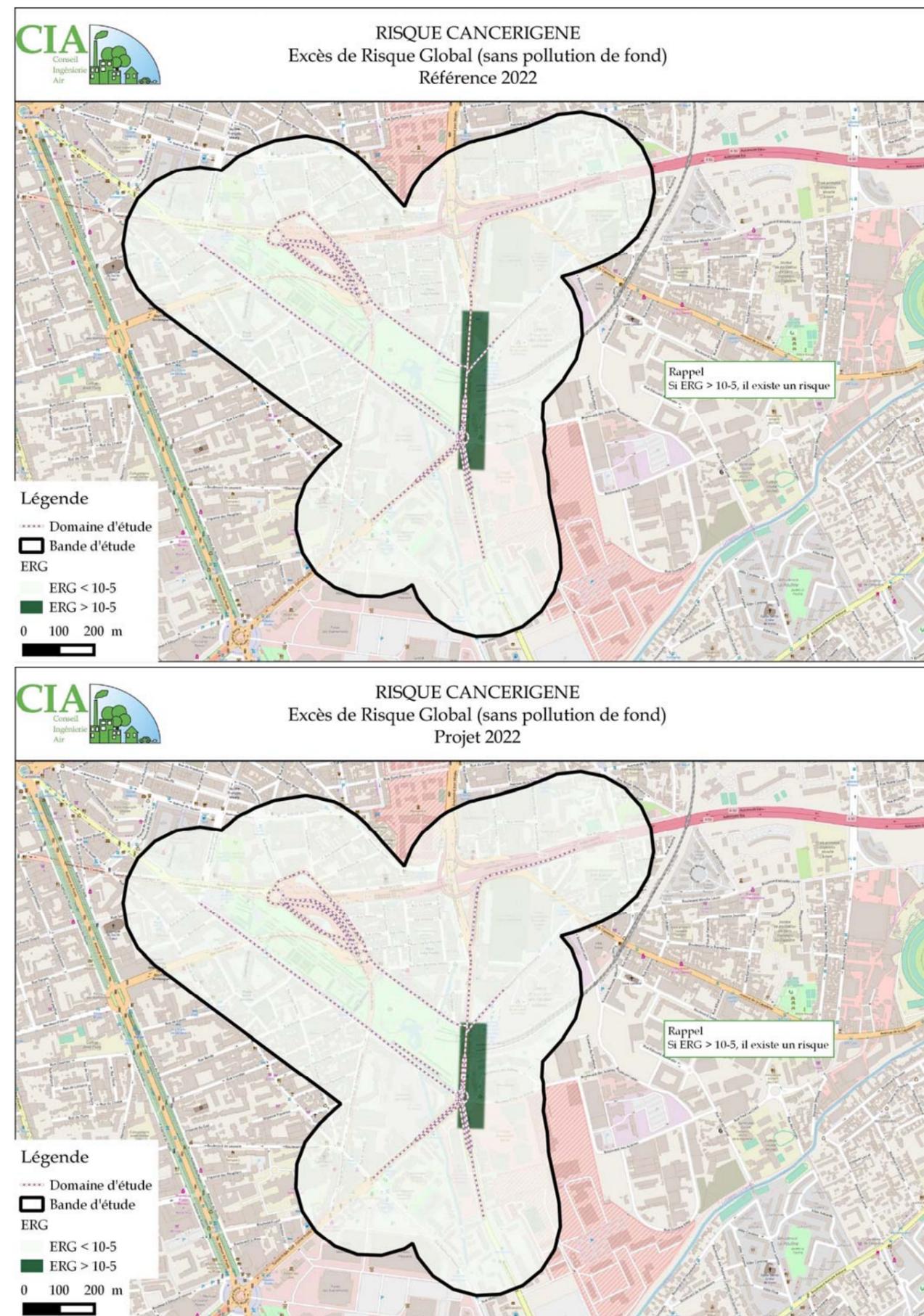
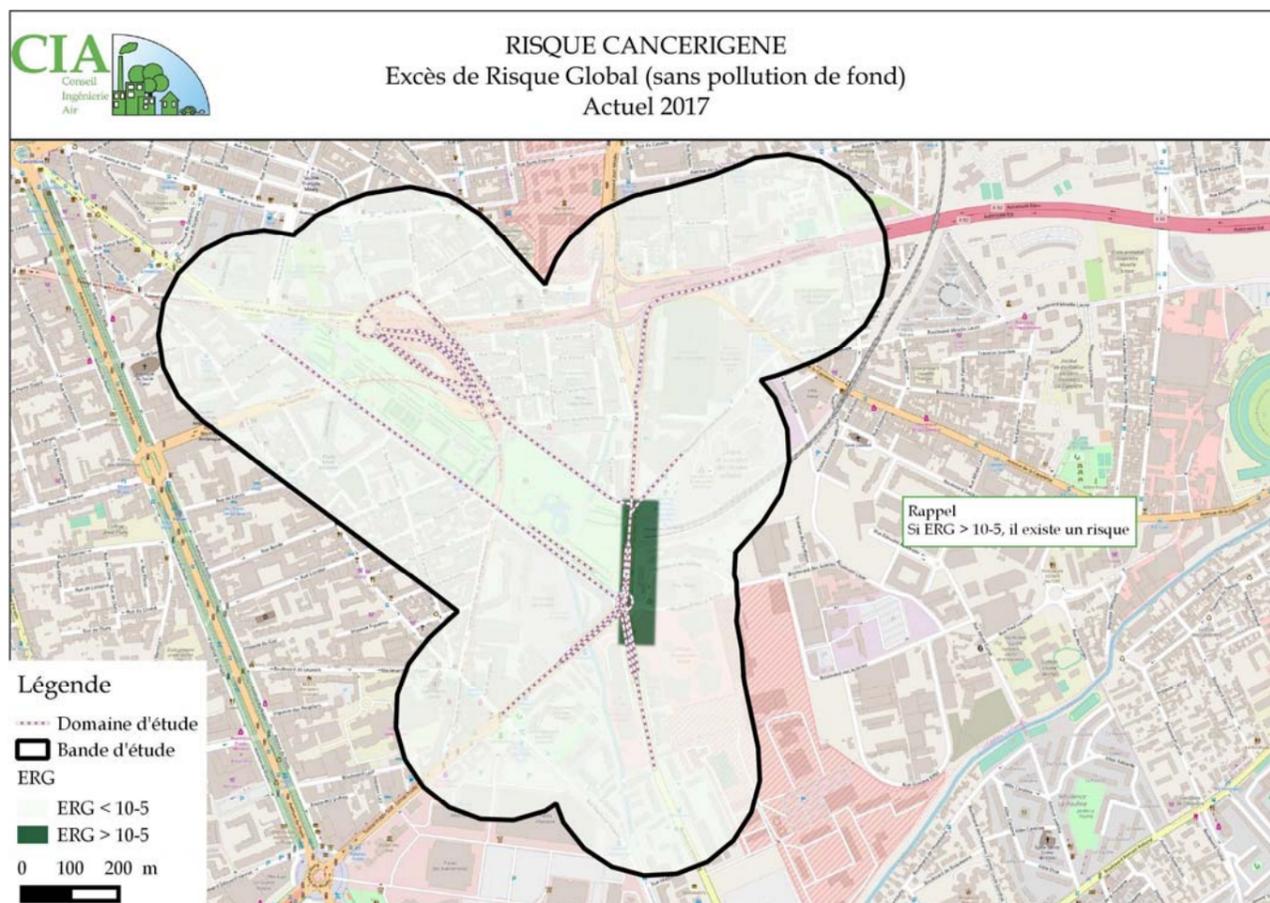
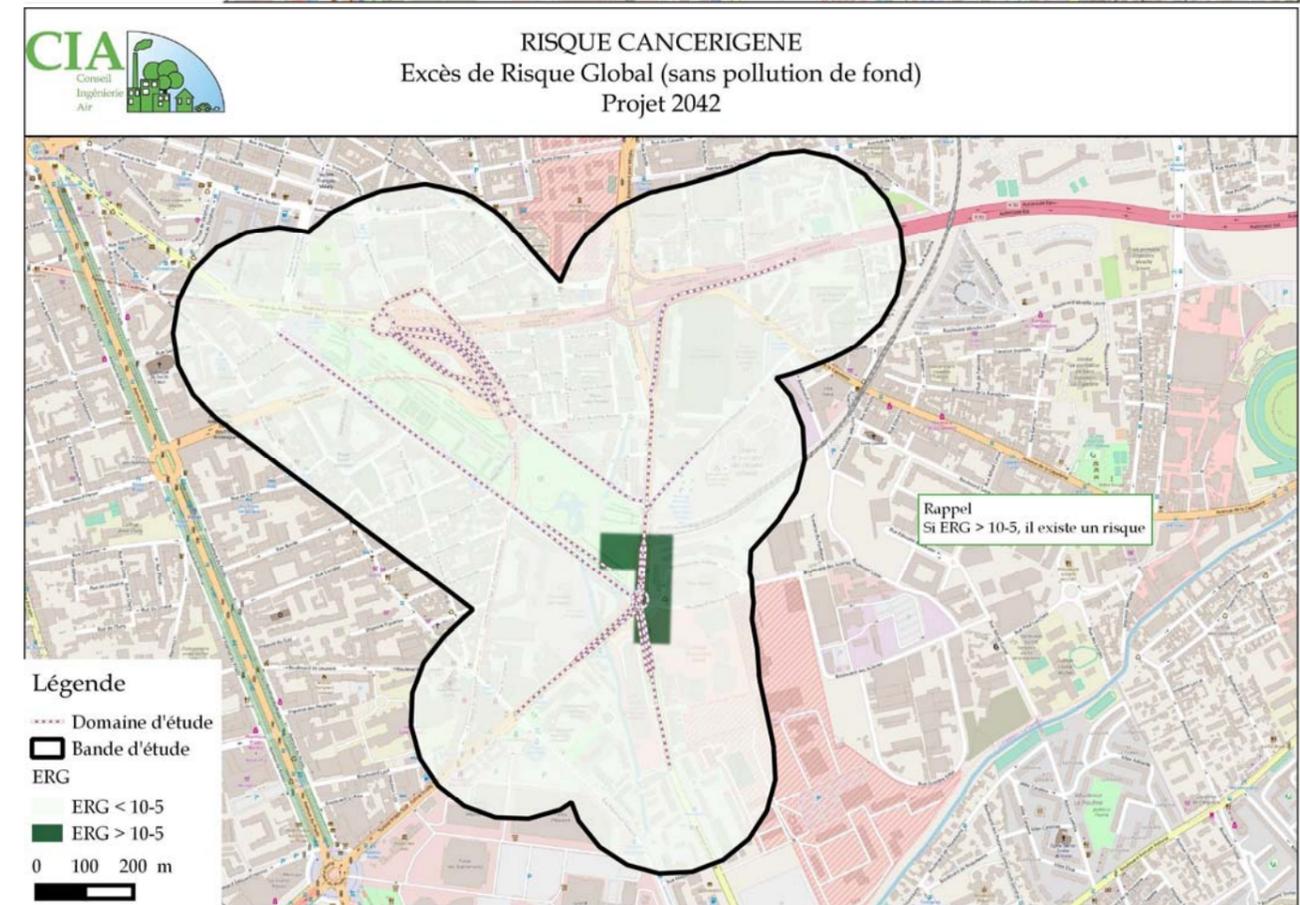
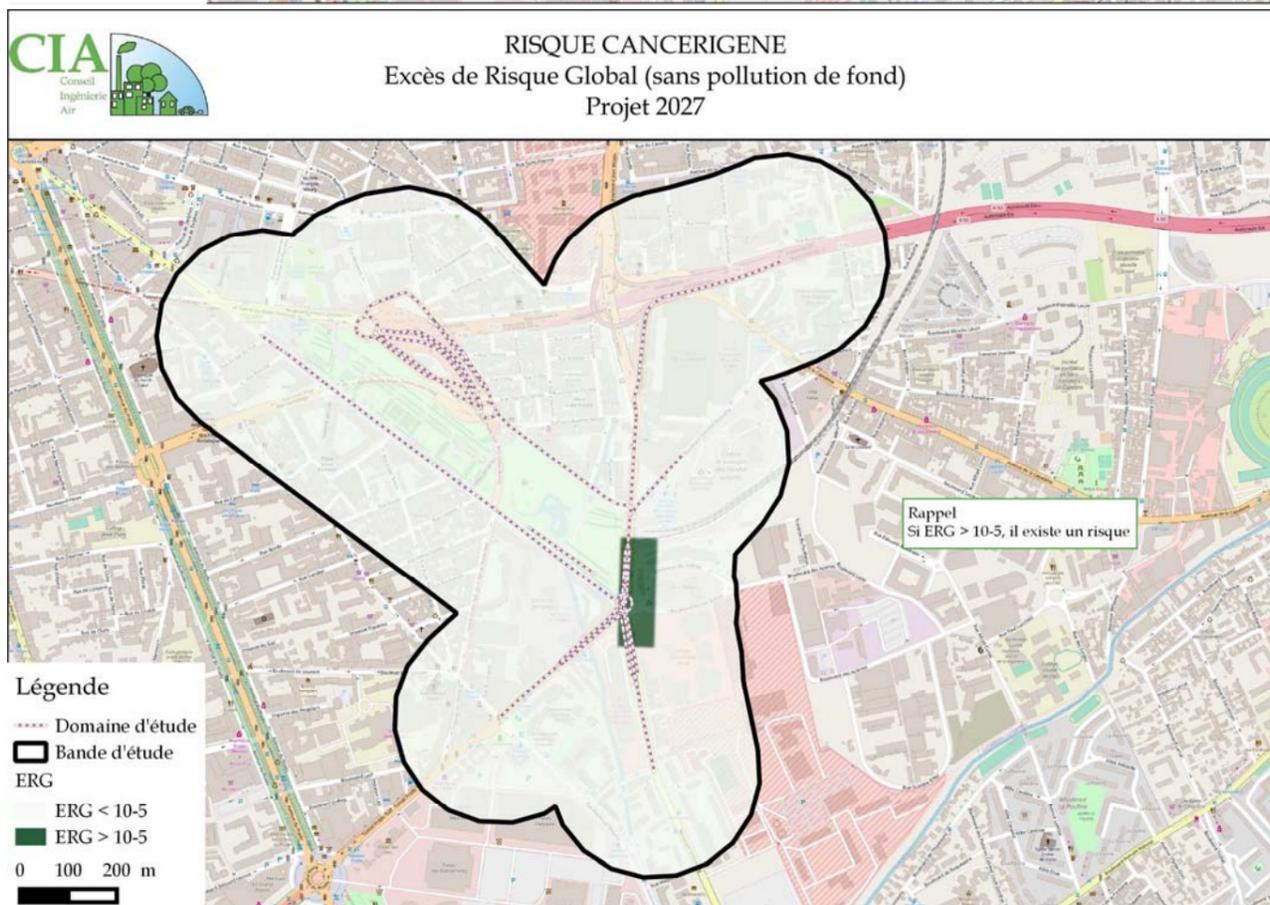
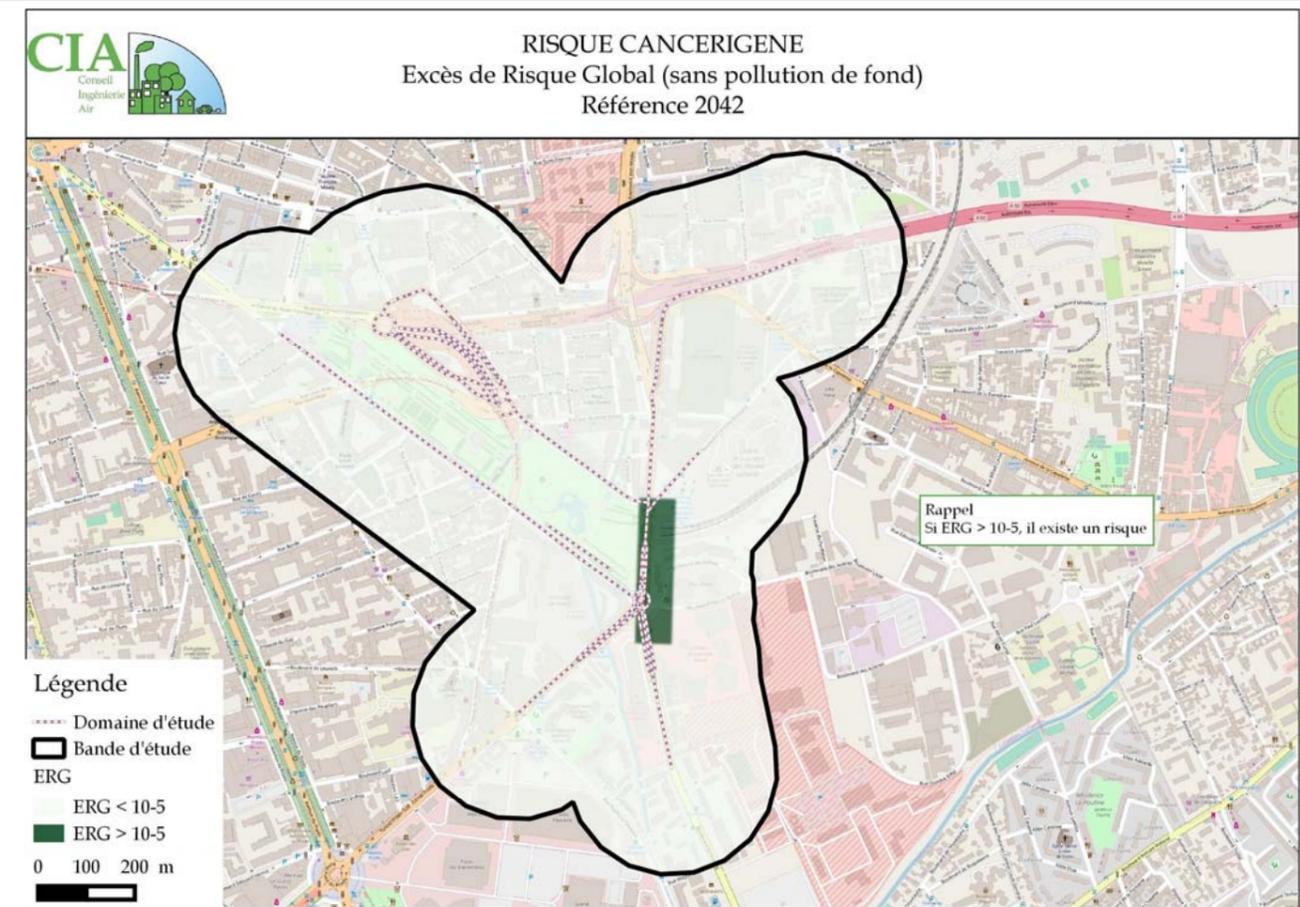
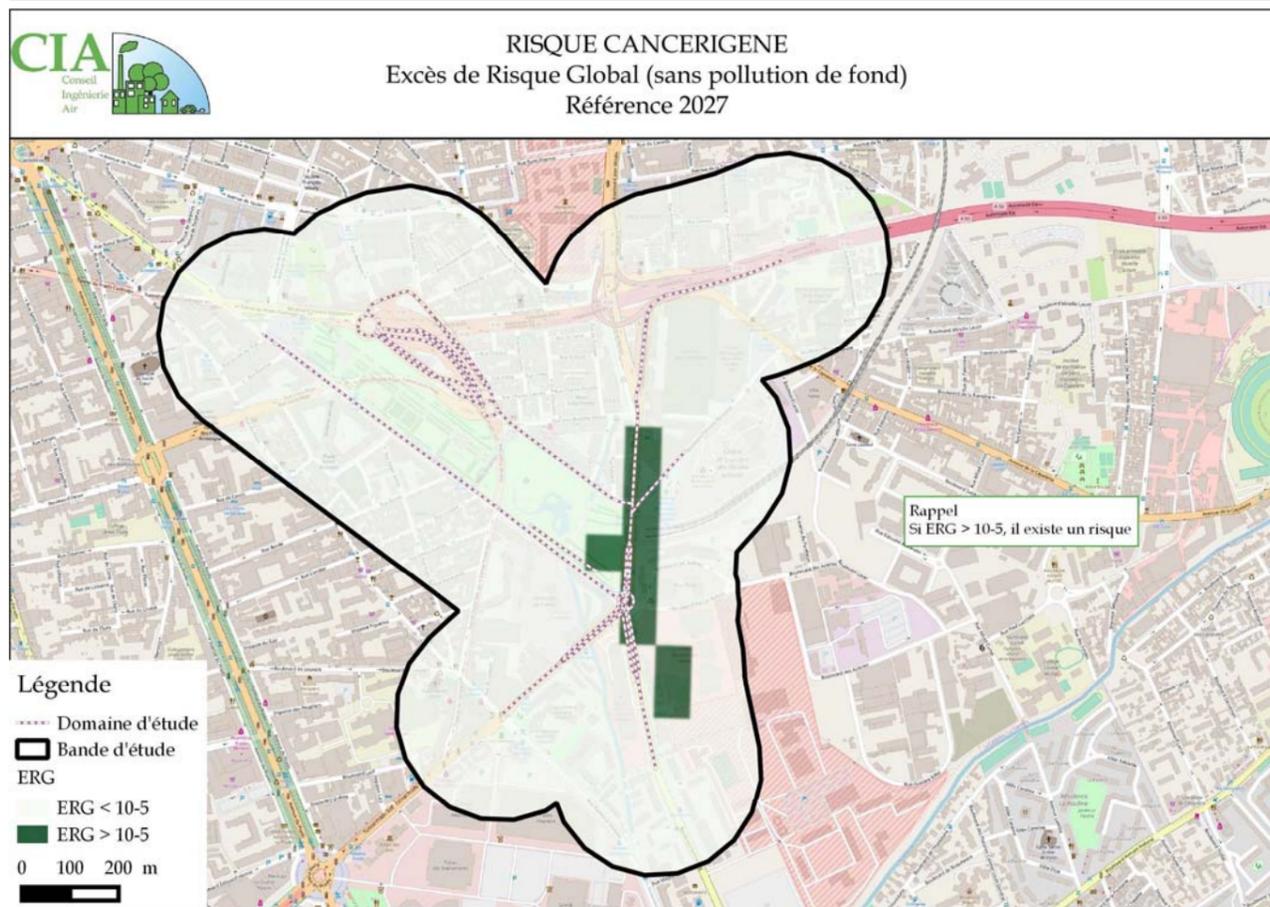


Figure 58 : risque cancérigène – Excès de Risque Global sans pollution de fond (2017, 2022, 2027, 2042, Réf et Projet)

Cartographies en pages suivantes selon la disposition suivante :

Actuel 2017	REF2022	REF2027	REF2042
	PRO2022	PRO2027	PRO2042





5 Analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances

L'article R122-5 du code de l'environnement précise que pour « les infrastructures de transport (...), l'étude d'impact comprend :

- une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité. Cette analyse comprendra les principaux résultats commentés de l'analyse socio-économique lorsqu'elle est requise par l'article L. 1511-2 du code des transports.
- une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ».

5.1 Monétarisation de l'effet de la pollution atmosphérique

Les coûts collectifs environnementaux sont les coûts liés à l'utilisation de biens et de services qui sont supportés par la collectivité dans son ensemble et non par un seul acteur ou consommateur. Les avantages induits sont le bénéfice que la collectivité tire de l'utilisation de ces biens et services.

Dans le cas des infrastructures de transports (routier, ferroviaire, aérien), ces coûts résultent principalement de :

- la pollution atmosphérique (transports routier et aérien),
- l'effet de serre (transports routier et aérien),
- l'accidentologie ou l'insécurité (transport routier),
- la congestion routière (temps passés dans les embouteillages),
- les nuisances sonores des infrastructures (transports routier et ferroviaire).

Conformément à l'instruction du 16 juin 2014 et à la note technique du 27 juin 2014, la monétarisation des coûts environnementaux dans les études air et santé des infrastructures de transport routier portent sur deux coûts collectifs : la pollution atmosphérique et l'effet de serre.

5.2 Coûts liés à la pollution de l'air

Les coûts liés à la pollution de l'air sont exprimés dans le tableau suivant :

Figure 59 : coûts liés à la pollution de l'air

Monétarisation des émissions directes en euro 2010	Coût total	Impact
Actuel2017	2 434 €	-
Référence2022	1 903 €	-21,8 % / Actuel
Projet2022	1 774 €	-6,8 % / Référence
Référence2027	1 529 €	-37,2 % / Actuel
Projet2027	1 373 €	-10,2 % / Référence
Référence2042	1 369 €	-43,7% / Actuel
Projet2042	1 272 €	-7,1% / Référence

Les coûts liés aux émissions directes diminuent de 22%, 37% et 44% entre la situation actuelle et la situation de référence 2022, 2027 et 2042 du fait de l'amélioration du parc automobile (réglementation plus stricte vis-à-vis des constructeurs).

Entre la situation projet et la situation de référence, aux mêmes horizons, le coût des émissions liées à la pollution de l'air diminue de 7%, 10% et 7%, du fait de la mise en place du tunnel de Schlœsing entraînant ainsi la diminution de la fréquentation de certains axes très empruntés par délestage de trafic.

5.3 Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel sont présentés ci-après :

Figure 60 : coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Monétarisation en € 2010	Coût journalier en €	Impact
Actuel (2017)	1 291 €	-
Référence2022	1 693 €	31,2 % / Actuel
Projet2022	1 551 €	-8,4 % / Référence
Référence2027	2 319 €	79,7 % / Actuel
Projet2027	2 041 €	-12 % / Référence
Référence 2042	4 212 €	226 % / Actuel
Projet 2042	3 899 €	-7,4 % / Référence

Les coûts liés à l'effet de serre additionnel augmentent de 31%, 80% et 226% entre la situation de référence 2022, 2027 et 2042 et l'état actuel 2017. Cela est directement lié à l'augmentation du coût de la tonne de CO₂.

Entre les situations de référence 2022, 2027 et 2042 et les situations projet 2022, 2027 et 2042, on observe une baisse du coût journalier respectivement de 8,5%, 12% et 7%, directement lié à la mise en place du projet de tunnel.

5.4 Coûts collectifs globaux

Figure 61 : coûts collectifs globaux

Monétarisation en € 2010	Coût journalier en €	Impact
Actuel (2017)	3 725 €	-
Référence2022	3 596€	-3,5 % / Actuel
Projet2022	3 325 €	-7,5% / Référence
Référence2027	3 849 €	3,3 % / Actuel
Projet2027	3 414 €	-11,3 % / Référence
Référence2042	5 581 €	49,8 % / Actuel
Projet2042	5 171 €	-7,4 % / Référence

D'une manière globale, les coûts diminuent de 4% au fil de l'eau entre la situation actuelle et la situation future sans projet 2022.

Aux horizons 2027 et 2042 au fil de l'eau, les coûts collectifs augmentent de 3% et 50%.

La réalisation du tunnel de Schlœsing permet une réorganisation du trafic qui se traduit par une diminution de 8, 11 et 7 % des coûts collectifs globaux journalier par rapport à la situation sans projet 2022, 2027 et 2042.