

9.5 Annexe 5. -Typologie des véhicules

Pour chacun de ces tronçons et pour l'année 2018, les flux (TMJA) sont connus avec la typologie suivante :

VL (Classe 1) : - Véhicules à 2 essieux et de hauteur (H) inférieure ou égale à 1,30m.

PL1 (Classe 2) : - Véhicules à 2 essieux de hauteur supérieure à 1 m 30, à l'exception des autocars de longueur hors tout supérieure à 8 m 50

- Véhicules ou ensembles à plus de 2 essieux de hauteur inférieure à 1 m 30

PL2 (Classe 3) : - Véhicules ou ensembles à plus de 2 essieux de hauteur supérieure à 1 m 30

- Autocars de longueur hors tout supérieure à 8 m 50.

Une telle classification est basée sur des classes de tarification de péage et n'a évidemment rien à voir avec une classification basée sur la puissance du moteur qui engendre les polluants atmosphériques. Il est donc nécessaire d'interpréter au mieux cette classification pour la rendre compatible avec la classification internationale utilisée dans COPERT 4. Après examen des types de véhicules pris en compte et de l'importance relative de chaque sous-classe de véhicule dans chaque classe, on propose d'utiliser les définitions suivantes :

- VL : Véhicules de tourisme, 4X4, taxis, , on considérera que la cylindrée médiane des moteurs de cette classe est inférieure à 2 litres compte tenu du très grand nombre de VT (véhicules de tourisme) de cylindrée moyenne (entre 1,4 l et 2 l)
- PL1 : VUL < 3,5t, minibus, camions entre 3,5t et 16 t, autobus, autocars
- PL2 : gros camions et semi-remorques > 16 t avec une valeur médiane du PTC de l'ordre de 20 à 25 t.

On observe cependant une ambiguïté sur la définition de « Véhicule Utilitaire Léger » (VUL). Dans la typologie « péage » les VUL ne sont pas clairement répertoriés. Dans la typologie COPERT, les VUL (Light Duty Vehicles ou LDV) sont clairement des véhicules (non tourisme) de masse inférieure à 3,5 t. Compte tenu des pourcentages présentés dans les comptages et les enquêtes :

- VT : environ 62 % (y compris les taxis)
- VUL : environ 12 %
- C2E (camions à 2 essieux) : environ 12 %
- C3E (camions 3 essieux), petites et grands autocars : environ 14 %

Il pourrait se faire que ces véhicules soient répartis entre le groupe VL et le groupe PL1. Mais la démonstration n'est pas possible faute d'informations plus précises.

Afin de prendre en compte cette difficulté et compte tenu que les VUL de la typologie COPERT sont plutôt de petits véhicules qui peuvent être mus par un moteur à essence, on propose d'inclure ces VUL dans la catégorie PL1 de la façon suivante :

LDV < 3,5 t : 35 % du nombre total des PL1 – véhicules à essence

HDV entre 3,5 et 7,5 t : 65 % du nombre total de PL1 – véhicules diesel

Bien entendu cette hypothèse demanderait d'être confirmée à l'aide d'informations complémentaires.

Pour l'année 2008 et pour la route actuelle, les comptages ont été retranscrits sous forme de la typologie « péage » de la façon suivante :

	Types inclus	Poste 1	Poste 2
VL	VT+taxis	10676	13252
PL1	VUL+C2E+GA+PA	3303	5242
PL2	C+3E	1311	1966
Total		15290	20460

VL : Véhicule Léger

PL1 : Poids Lourd entre 3,5t et 16 t

PL2 : Poids Lourd supérieur à 16 t

9.6 Annexe 6 : Hypothèses de calcul pour le programme COPERT

Application du programme COPERT

Le programme de calcul COPERT 4 ne permet pas de calculer directement les émissions par une section de voie routière. Le programme COPERT 4 est en effet plutôt destiné à estimer les émissions à l'échelle d'un pays ou d'une région mais pas sur un axe routier limité. COPERT est basé sur la connaissance d'un kilométrage annuel effectué par chaque type de véhicule.

Il est donc nécessaire de recourir à un artifice.

Exemple :

*Supposons que sur un tronçon routier de 10 km, le TMJA d'un type X est de 5000 véhicules (soit 1825000 véhicules par an). Le trafic supporté par ce tronçon est donc de 1825000 x 10 veh.km par an (soit 18250000 veh.km par an). Ce trafic est équivalent au trafic réalisé par une flotte de 1825 véhicules faisant chacun 10000 km/an **exclusivement sur ce tronçon** .*

Cette flotte est appelée « parc automobile équivalent ».

Entrée des données dans COPERT

Les **températures** sont utiles pour estimer les émissions de COV par évaporation. Ces températures sont les températures moyennes mensuelles mini et maxi.

Les valeurs des **tensions de vapeur** de l'essence entre l'été et l'hiver (RVP en kPa) sont respectivement de 65 d'avril à septembre inclus et de 80 pour les autres mois.

La **teneur en soufre** dans le gasoil a été pris égal à 0,005 % (50 ppm)

En ce qui concerne la typologie des véhicules et comme expliqué ci-dessus :

VL : Véhicules de cylindrée comprise entre 1,4 et 2 litres pour l'essence et inférieur à 2 litres pour les véhicules diesel

50 % essence et 50 % gasoil en 2018

En 2018, huit pourcent des véhicules (essence et gasoil) seront aux normes EURO 4 , tous les autres seront EURO 2 en moyenne

PL1 : afin de rester compatible avec la typologie de COPERT, on admet que les PL1 à essence sont des VUL (Light Duty Vehicule < 3,5 t - EURO 2) et que les PL1 diesel sont des poids lourds (Heavy Duty Trucks < 7,5 t - EURO 2)

PL2 : poids lourds fonctionnant tous au gasoil (Heavy Duty Trucks entre 20 et 26 t – EURO 2)

Les **vitesse de circulation** sont les suivantes :

VL : 110 km/h sur autoroute et 80 sur la route existante

PL1 : 90 km/h sur autoroute et 60 sur la route existante

PL2 : 90 km/h sur autoroute et 60 sur la route existante

Exemple de données d'entrée pour le programme COPERT pour le tronçon T 1 dans le scénario de 2018 avec ACR :

Type de véhicule	Equivalence COPERT	Detail TMJA	Total annuel	Trafic veh.km	Parc équivalent	Vitesse km/h
VL	VL essence EURO 4	234,8	85702	857020	86	110
	VL essence EURO 2	2700,2	985573	9855730	986	110
	VL gasoil EURO 4	234,8	85702	857020	86	110
	VL gasoil EURO 2	2700,2	985573	9855730	986	110
PL1	LDV essence EURO 2	721	263165	2631650	263	90
	HDV gasoil EURO 2	1339	488735	4887350	489	90
PL2	HDV gasoil EURO 2	2755	1005575	10055750	1006	90
Total		10685	0 3900025	0 39000250	0 3900	
					10000 km/an	

Les tableaux suivants précisent simplement les valeurs utilisées pour le TMJA dans le programme COPERT 4 afin de calculer les émissions.

Type de véhicule	Equivalence COPERT	Detail TMJA					
		T 4 2008 sans ACR	T 5 2008 sans ACR	T 4 2018 avec ACR	T 5 2018 avec ACR	T 4 2018 sans ACR	T 5 2018 sans ACR
VL	VL essence EURO 4	0	0	3000	3293	3339	3591
	VL essence EURO 2	5872	7289	34495	37872	38394	41297
	VL gasoil EURO 4	0	0	3000	3293	3339	3591
	VL gasoil EURO 2	4804	5963	34495	37872	38394	41297
PL1	LDV essence EURO 2	1321	1835	2338	1876	3213	2702
	HDV gasoil EURO 2	1982	3407	4342	3484	5967	5018
PL2	HDV gasoil EURO 2	1311	1966	4205	3395	7125	6105
Total		15290	20460	85875	91085	85875	91085

Type de véhicule	Equivalence COPERT	Detail TMJA	Detail TMJA	Detail TMJA
		T 1 2018 avec ACR	T 2 2018 avec ACR	T 3 2018 avec ACR
VL	VL essence EURO 4	234,8	339	297,8
	VL essence EURO 2	2700,2	3898,5	3424,7
	VL gasoil EURO 4	234,8	339	297,8
	VL gasoil EURO 2	2700,2	3898,5	3424,7
PL1	LDV essence EURO 2	721	875	826
	HDV gasoil EURO 2	1339	1625	1534
PL2	HDV gasoil EURO 2	2755	2920	2710
Total		10685	13845	12515

9.7 : Annexe 7 : Tableaux des émissions

SYNTHESE EMISSIONS CO2

Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	1576	1365	3795	2888	16963	18880	3982	20692	22564
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	157	135	377	0	1646	1833	0	2008	2191
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	1624	1406	3911	2736	16074	17889	3773	19607	21380
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	131	113	316	0	1354	1508	0	1653	1802
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	571	417	1245	1011	1789	2457	1561	1596	2297
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1718	1251	3739	1886	4132	5679	3604	3685	5308
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	6270	3982	11710	2860	9163	15532	4764	8221	14782
Total en t/an			12047	8669	25093	11380	51120	63778	17684	57462	70323
Total en g/s			381,99298	274,89956	795,70350	360,87179	1621,01305	2022,39318	560,74440	1822,09903	2229,94012
Total en g/m/s			0,0381993	0,04581659	0,04187913	0,04009687	0,18011256	0,22471035	0,05607444	0,1822099	0,22299401

SYNTHESE EMISSIONS NOx

Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	1,8	1,6	4,4	3,1	18,4	20,4	4,3	22,4	24,4
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,3	0,3
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	7,5	6,5	18,0	11,0	64,4	71,7	15,1	78,6	85,7
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,6	0,5	1,4	0,0	4,4	4,9	0,0	5,3	5,8
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,4	0,3	0,9	0,6	1,0	1,4	0,9	0,9	1,3
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	18,0	13,1	39,1	21,3	46,6	64,0	40,6	41,5	59,8
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	72,8	46,2	135,9	33,8	108,2	183,4	56,2	97,0	174,5
Total en t/an			101,1	68,2	199,9	69,7	243,2	346,1	117,2	246,1	351,9
Total en g/s			3,20641	2,16357	6,33924	2,20982	7,71107	10,97366	3,71593	7,80486	11,15960
Total en g/m/s			0,00032064	0,00036059	0,00033364	0,00024554	0,00085679	0,0012193	0,00037159	0,00078049	0,00111596

SYNTHESE EMISSIONS CO

Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	9,15717722	7,93126708	22,0570952	11,5451187	67,8223355	75,4831712	15,9201741	82,7310399	90,2123247
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,62282642	0,53592041	1,4991287	0	3,34380131	3,72401019	0	4,08045602	4,45048073
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,46225404	0,40037013	1,11344152	1,33085082	7,81814488	8,70123926	1,8351805	9,53672933	10,3991262
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,01741973	0,01498907	0,04192889	0	0,27856555	0,31024001	0	0,33993482	0,37076085
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	3,4684966	2,5321344	7,5568386	3,0630418	5,4203136	7,4458735	4,728659	4,8345245	6,9588922
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	2,32630793	1,69359023	5,06174159	3,00057915	6,5726972	9,03400176	5,7338256	5,86288277	8,44402613
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	12,7673666	8,10968915	23,8468011	5,73911844	18,3891475	31,1723347	9,56075879	16,498301	29,6676471
Total en t/an			29	21	61	25	110	136	38	124	151
Total en g/s			0,91393	0,67282	1,93991	0,78256	3,47682	4,30844	1,19795	3,92833	4,77243
Total en g/m/s			9,1393E-05	0,00011214	0,0001021	8,6951E-05	0,00038631	0,00047872	0,0001198	0,00039283	0,00047724

SYNTHESE EMISSIONS CH4

Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,10846	0,09394	0,26125	0,24512099	1,43997462	1,60262618	0,33801028	1,75650981	1,91534922
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	0	0,01925622	0,02144576	0	0,02349846	0,02562935
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,03462674	0,0299111	0,0834062	0,08572978	0,50362354	0,56051007	0,11821732	0,61433006	0,66988331
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,02893	0,02112	0,06303	0,05514905	0,09759094	0,13406047	0,08513793	0,087044	0,12529253
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,02934	0,02136	0,06384	0,12733066	0,27891478	0,38336113	0,24331696	0,24879355	0,3583253
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,21126	0,13419	0,39459	0,29321854	0,93952391	1,59263249	0,48847079	0,84291826	1,51575617
Total en t/an			0,41262	0,30060	0,86612	0,80655	3,27888	4,29464	1,27315	3,57309	4,61024
Total en g/s			0,01308	0,00953	0,02746	0,02558	0,10397	0,13618	0,04037	0,11330	0,14619
Total en g/m/s			1,3084E-06	1,5887E-06	1,4455E-06	2,8417E-06	1,1553E-05	1,5131E-05	4,0371E-06	1,133E-05	1,4619E-05

SYNTHESE EMISSIONS PM2,5

Sector	Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018	
		avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,06403787	0,05546485	0,15424943	0,15554193	0,91373828	1,0169491	0,21448498	1,11459621	1,21538802
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,00497485	0,00428069	0,01197436	0	0,06953455	0,07744102	0	0,08485333	0,09254802
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,62369147	0,54019525	1,50229943	0,90785193	5,33321828	5,9356291	1,25188498	6,50556621	7,09385802
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,02787493	0,02398541	0,06709432	0	0,29919715	0,33321754	0	0,36511165	0,39822078
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,02570166	0,01876319	0,05599639	0,06719431	0,11890605	0,163341	0,10373314	0,10605553	0,15265803
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,36565531	0,26620305	0,7956181	0,52160949	1,14257316	1,57043717	0,99674686	1,01918167	1,46787801
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1,78804774	1,13574802	3,33970348	0,71887708	2,30340894	3,90462008	1,1975725	2,06656312	3,71614418
Total en t/an			2,89998	2,04464	5,92694	2,37107	10,18058	13,00163	3,76442	11,26193	14,13670
Total en g/s			0,09196	0,06484	0,18794	0,07519	0,32282	0,41228	0,11937	0,35711	0,44827
Total en g/m/s			9,1958E-06	1,0806E-05	9,8917E-06	8,354E-06	3,5869E-05	4,5809E-05	1,1937E-05	3,5711E-05	4,4827E-05

SYNTHESE EMISSIONS PM10

Sector	Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018	
		avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,08923882	0,07729204	0,21495151	0,24308556	1,42801739	1,58931833	0,33520352	1,74192414	1,89944459
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,00717291	0,00617204	0,01726502	0	0,11423671	0,12722607	0	0,13940358	0,15204501
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,64889242	0,56202244	1,56300151	0,99539556	5,84749739	6,50799833	1,37260352	7,13289414	7,77791459
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,03007299	0,02587676	0,07238498	0	0,34389931	0,38300259	0	0,4196619	0,45771777
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,03873884	0,02828082	0,08440059	0,11683264	0,20674532	0,28400562	0,18036376	0,18440175	0,26543085
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,4137565	0,3012215	0,90027999	0,69522185	1,52286691	2,09314105	1,32850381	1,35840582	1,95644612
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1,90538344	1,21027835	3,55886232	0,84423958	2,7050925	4,58553334	1,40641304	2,42694396	4,36418978
Total en t/an			3,13326	2,21114	6,41115	2,89478	12,16836	15,57023	4,62309	13,40364	16,87319
Total en g/s			0,09935	0,07011	0,20330	0,09179	0,38586	0,49373	0,14660	0,42503	0,53505
Total en g/m/s			9,9355E-06	1,1686E-05	1,07E-05	1,0199E-05	4,2873E-05	5,4859E-05	1,466E-05	4,2503E-05	5,3505E-05

SYNTHESE EMISSIONS PM exhaust

Sector	Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018	
		avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,018734	0,016226	0,045125	0,0354936	0,2085088	0,2320608	0,048944	0,2543432	0,2773432
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,0010234	0,0008806	0,0024633	0	0,0082346	0,00917092	0	0,01004872	0,01095996
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,5783876	0,5009564	1,393175	0,7878036	4,6279888	5,1507408	1,086344	5,6453132	6,1558132
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,02392348	0,02058532	0,05758326	0	0,2378972	0,26494744	0	0,29030704	0,31663272
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,004997	0,003648	0,010887	0,0079856	0,0141312	0,019412	0,012328	0,012604	0,0181424
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,30397945	0,22130201	0,6614195	0,35420332	0,77587393	1,06641859	0,67684935	0,6920839	0,99677492
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1,61827996	1,02791342	3,02261238	0,5837288	1,87036999	3,17055478	0,97242987	1,67805099	3,01751219
Total en t/an			2,54932	1,79151	5,19327	1,76921	7,74300	9,91331	2,79690	8,58275	10,79318
Total en g/s			0,08084	0,05681	0,16468	0,05610	0,24553	0,31435	0,08869	0,27216	0,34225
Total en g/m/s			8,0839E-06	9,4681E-06	8,6672E-06	6,2335E-06	2,7281E-05	3,4928E-05	8,8689E-06	2,7216E-05	3,4225E-05

SYNTHESE EMISSIONS FC (fuel consumption)											
Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	498,178791	431,485484	1199,97427	913,053035	5363,77241	5969,63446	1259,05706	6542,83675	7134,49891
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	49,5537315	42,6392573	119,274679	0	520,41264	579,586463	0	635,061922	692,650732
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	512,344211	443,75452	1234,09483	863,27771	5071,36496	5644,19828	1190,41924	6186,1523	6745,55984
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	41,3839154	35,6094156	99,610122	0	427,26023	475,842103	0	521,38761	568,668184
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	180,681	131,904	393,651	319,641	565,632	777,0075	493,455	504,5025	726,189
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	542,117362	394,670308	1179,57643	595,112978	1303,58081	1791,738	1137,20514	1162,80139	1674,72654
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1978,11631	1256,47746	3694,71227	902,232678	2890,91259	4900,52598	1503,02335	2593,65728	4663,97774
Total en t/an			3802	2737	7921	3593	16143	20139	5583	18146	22206
Total en g/s			120,57253	86,77513	251,16989	113,94335	511,88913	638,58869	177,04084	575,41856	704,15623
Total en g/m/s			0,01205725	0,01446252	0,01321947	0,01266037	0,05687657	0,0709543	0,01770408	0,05754186	0,07041562

SYNTHESE EMISSIONS SO2											
Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,05123442	0,04437545	0,12340948	0,08632777	0,5071365	0,56441983	0,11904192	0,61861523	0,67455598
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,00413839	0,00356094	0,00996101	0	0,04272602	0,04758421	0	0,05213876	0,05686682
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,05421174	0,03946703	0,11795764	0,0595113	0,13035808	0,1791738	0,11372051	0,11628014	0,16747265
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,19781163	0,12564775	0,36947123	0,09022327	0,28909126	0,4900526	0,15030233	0,25936573	0,46639777
Total en t/an			0,30740	0,21305	0,62080	0,23606	0,96931	1,28123	0,38306	1,04640	1,36529
Total en g/s			0,00975	0,00676	0,01969	0,00749	0,03074	0,04063	0,01215	0,03318	0,04329
Total en g/m/s			9,7475E-07	1,126E-06	1,0361E-06	8,3172E-07	3,4152E-06	4,5142E-06	1,2147E-06	3,3181E-06	4,3293E-06

SYNTHESE EMISSIONS BENZENE											
Sector		Technology	T 1 - 2018	T 2 - 2018	T 3 - 2018	T 4 - 2008	T 4 - 2018	T 4 - 2018	T 5 - 2008	T 5 - 2018	T 5 - 2018
			avec ACR	avec ACR	avec ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR	sans ACR	avec ACR	sans ACR
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,03637767	0,03150764	0,08762369	0,07002296	0,41135315	0,45781732	0,09655836	0,50177678	0,54715196
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,00235776	0,00202877	0,00567506	0	0,02290012	0,02550399	0	0,02794512	0,03047924
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0,00722856	0,00626084	0,01741158	0,01853792	0,10890188	0,12120283	0,02556292	0,13284069	0,14485333
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0,00034546	0,00029726	0,00083152	0	0,00418789	0,00466407	0	0,0051105	0,00557393
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0,0049168	0,00358945	0,01071227	0,01156508	0,02046539	0,02811327	0,01785392	0,01825364	0,02627458
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,02966408	0,02159594	0,06454516	0,0446981	0,09791013	0,13457493	0,08541389	0,08733639	0,12578637
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0,16597171	0,10542338	0,31000083	0,08048118	0,25787588	0,4371379	0,13407305	0,23136004	0,41603727
Total en t/an			0,24686	0,17070	0,49680	0,22531	0,92359	1,20901	0,35946	1,00462	1,29616
Total en g/s			0,00783	0,00541	0,01575	0,00714	0,02929	0,03834	0,01140	0,03186	0,04110
Total en g/m/s			7,8279E-07	9,0216E-07	8,2913E-07	7,9382E-07	3,2541E-06	4,2597E-06	1,1398E-06	3,1856E-06	4,1101E-06

9.8 Annexe 8 : Argumentaires santé

Poussières ou particules en suspension

A) Propriétés intrinsèques de la substance

Propriétés physico-chimiques et origine

Selon la norme européenne EN 481, la partie inhalable des particules peut être décomposée en plusieurs fractions en fonction du diamètre aérodynamique médian (Dae 50). On distingue ainsi la fraction extrathoracique (entre 10 et 100 µm), la fraction thoracique (Dae 50 = 10 µm), dite PM10, la fraction trachéo-bronchique (entre 4 et 10 µm) et la fraction alvéolaire dont le Dae 50 est de 4 µm.

L'évolution des techniques analytiques permet maintenant à l'intérieur de la fraction alvéolaire de mesurer les particules fines, PM 2,5, correspondant à un Dae 50 de 2,5 µm.

Voies d'exposition et absorption

La taille des particules, telle que définie ci-dessus de façon normative, détermine le niveau de pénétration des poussières dans les voies respiratoires et conditionne les effets car les particules de grande taille sont généralement précipitées sur la muqueuse de l'oropharynx et dégluties, alors que les particules de petite taille, les PM 10, peuvent atteindre les voies respiratoires distales, où elles sont éliminées par phagocytose. Ce sont les PM 2,5 qui vont pénétrer le plus profondément dans l'arbre respiratoire et atteignent les alvéoles pulmonaires. Ces particules fines ont souvent une plus grande acidité que les particules de taille plus importante et la réaction inflammatoire qu'elles produisent, en augmentant la perméabilité épithéliale, facilite le passage des polluants dans le courant lymphatique ou sanguin.

B) Valeurs guides

L'Union Européenne a fixé des valeurs de référence pour la qualité de l'air de 50 µg/m³/jour en valeur journalière, valeur qui ne doit pas être dépassée plus de 35 fois par année civile et de 40 µg/m³ en moyenne annuelle. Le 26 septembre 2006, les eurodéputés ont voté pour une «valeur cible» annuelle de 20 µg/m³ pour les PM-2,5. Cependant, les 20 µg/m³ ne sont définis que comme une «valeur cible», et non pas une «valeur limite».

Pour les PM2,5, l'OMS fixe une valeur guide de 10 µg/m³ en moyenne annuelle et 25 µg/m³ en moyenne journalière (Air Quality Guidelines – Global Update 2005).

Pour les PM10, l'OMS fixe une valeur guide de 20 µg/m³ en moyenne annuelle et 50 µg/m³ en moyenne journalière (Air Quality Guidelines – Global Update 2005).

C) Profil toxicologique

Classement

Absence de classement pour les poussières

Effets cancérigènes

Il n'a jamais été rapporté d'effets cancérigènes susceptibles d'être liés à l'exposition aux poussières.

Effets Mutagènes

Il n'a jamais été rapporté d'effets mutagènes susceptibles d'être liés à l'exposition aux poussières.

Effets sur la reproduction

Il n'a jamais été rapporté d'effets reprotoxiques susceptibles d'être liés à l'exposition aux poussières.

Autres effets toxiques

Les études sur les effets à long terme sont encore peu nombreuses mais les principaux effets reconnus sont les suivants : réduction de la durée de vie, augmentation des cas de bronchites chez les enfants, réduction des capacités respiratoires chez les adultes et les enfants. L'OMS considère actuellement que ce type d'effets peut être observé pour des concentrations annuelles moyennes inférieures à 20 µg/m³ de particules PM_{2,5} et inférieures à 30 µg/m³ de particules PM₁₀. Mais l'OMS ne donne pas de valeur guide en l'état actuel des connaissances.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs

réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS (INERIS-DRC-01-05590-00DF253, Déc.2004)

Les poussières ou particules en suspension (PM)				
Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	valeur	Source
Inhalation	Réduction de la durée de vie Syst. respiratoire	homme	50 µg/m ³	UE
		homme	objectif de qualité de l'air = 30 µg/m ³ *	CSHPF (2001)
		homme	RfC = 15 µg/m ³	US-EPA

Monoxyde de carbone (CAS n°630-08-0)

A) Propriétés intrinsèques de la substance

Propriétés physico-chimiques et origine

L'oxyde de carbone (CAS n°630-08-0) peut apparaître lors de nombreuses opérations industrielles ou domestiques : métallurgie du fer et autres métaux, synthèses chimiques, utilisation des moteurs à explosion, utilisation d'appareils de chauffage à charbon, à gaz et à hydrocarbures liquides.

Dans les conditions ordinaires de température et de pression, le monoxyde de carbone (CO) se présente sous la forme d'un gaz incolore, inodore, de densité voisine de l'air (0,968), de solubilité égale à 2,3%. Il est soluble dans certains solvants organiques tels que l'acétate d'éthyle, l'éthanol ou l'acide acétique.

Voies d'exposition et absorption

Le monoxyde de carbone est absorbé par les poumons et il diffuse à travers les membranes alvéolo-capillaires. Il peut traverser les barrières méningée et placentaire.

Entre 80% et 90% du monoxyde de carbone absorbé se fixe sur l'hémoglobine dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle pour l'oxygène. Le monoxyde de carbone forme rapidement de la carboxyhémoglobine (COHb), diminuant ainsi fortement les capacités de transport et de libération d'oxygène du sang ; la carboxyhémoglobine est un biomarqueur d'exposition au monoxyde de carbone.

Métabolisation

L'oxyde de carbone est éliminé essentiellement par ventilation pulmonaire. Après arrêt de l'exposition, la concentration en carboxyhémoglobine diminue avec une demi-vie de 3 à 5 heures.

B) Valeurs guides

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 10 µg/m³ pour le maximum journalier (décret 2002-213 de février 2002).

Les valeurs guides recommandées par l'OMS (Air Quality Guidelines for Europe) sont de 100 mg/m³, 60 mg/m³, 30 mg/m³ et 10 mg/m³, pour des durées d'exposition respectives de 15 minutes, 30 minutes, 1 heure et 8 heures.

C) Profil toxicologique

Classement

Les symboles classant le monoxyde de carbone sont :

F+ (extrêmement inflammable)

T (toxique).

Les phrases de risque qui le représentent sont :

R12 (extrêmement inflammable),

R61 (risque pendant la grossesse d'effet néfaste pour l'enfant),

R48/23 (risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation),

Effets cancérogènes

Il n'a jamais été rapporté d'effets cancérogènes susceptibles d'être liés à l'exposition au monoxyde de carbone.

Effets Mutagènes

Il n'a jamais été rapporté d'effets mutagènes susceptibles d'être liés à l'exposition au monoxyde de carbone.

Effets sur la reproduction

Le monoxyde de carbone est reprotoxique de catégorie 1, d'après la directive 67/548/CEE. Il est classé R61 (risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant).

Le monoxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène. Il est cependant nettement fœtotoxique.

Des excès de mortalité périnatale, des réductions de poids à la naissance et des modifications du comportement des jeunes enfants ont été associés à des taux de COHb compris entre 2% et 10%, chez les mères en cours de grossesse.

Autres effets toxiques

Les premiers signes d'une intoxication chronique peuvent être céphalées, vertiges et asthénie parfois associés à des troubles digestifs.

Des effets neuro-comportementaux (incoordination motrice, troubles de la démarche, affaiblissement de la vigilance et troubles cognitifs), ont été observés à partir de concentrations de COHb de l'ordre de 5% dans le sang.

Une élévation de la concentration atmosphérique en oxyde de carbone a dans certains cas été liée à l'augmentation de la mortalité spécifique par infarctus du myocarde.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS (INERIS-DRC-01-05590-00DF253, Déc.2004)

Il n'a été trouvée aucune VTR disponible dans les bases de données pour une exposition chronique au monoxyde de carbone

Benzène (CAS n°71-43-2)

A) Propriétés intrinsèques de la substance

Le benzène est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,88 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 4.68 ppmV (INRS, 2004). Le facteur de conversion est 1ppmV = 3,25 mg/m³. La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, volcans) ou anthropique.

L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanation lors du remplissage des réservoirs), comme sous produit du pétrole, il entre dans la composition des essences. La fabrication du benzène et ses diverses utilisations libèrent également du benzène à l'atmosphère.

Parmi les composés des hydrocarbures, le benzène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques). Il est soluble (1860 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 6031 Pa (10° C) et constante de Henry de 0.56 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu aérobie.

Voies d'exposition et absorption

La principale voie d'exposition au benzène est l'inhalation, puis dans une moindre mesure, l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption sont de 50% par inhalation (donnée sur l'homme), 97% du benzène ingéré est absorbé (donnée sur animaux), tandis que par contact cutané l'absorption est limitée (0,4 mg/cm²/h donnée sur l'homme) et reste secondaire par rapport à d'autres voies d'exposition.

B) valeurs guides

La concentration admissible dans les eaux de boisson en France est de 1 µg/l (décret 21-12-2001). En Europe, l'OMS en 2004 donne pour valeur guide dans les eaux de boisson une concentration en benzène de 10µg/l.

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 2 µg/m³ (décret 2002-213 de février 2002).

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

C) Profil toxicologique

Classement

Les symboles classant le benzène sont :

F (facilement inflammable)

T (toxique).

Les phrases de risque qui le représentent sont :

R45 (peut causer le cancer)

R11 (facilement inflammable)

R48/23/24/25 (toxique : risque d'effets graves en cas d'exposition prolongée, par contact avec la peau et par ingestion).

Effets cancérogènes

Le benzène est actuellement le seul hydrocarbure aromatique monocycliques (HAM) considéré comme cancérogène pour l'homme. Il a été placé dans le groupe 1 par le CIRC-IARC en 1987, dans la classe A par l'USEPA en 1998 et en catégorie 1 par l'UE.

Effets Mutagènes

Le benzène est génotoxique et induit des aberrations chromosomiques et des micronoyaux in vivo chez l'animal. Chez l'homme, aucune relation ne peut actuellement être établie entre les types de lésions chromosomiques observées in vitro et les effets sur la santé.

Effets sur la reproduction

Le benzène a été montré foetotoxique chez l'animal. Des études expérimentales ont montré des faibles poids de naissances, des malformations osseuses et des dommages de la moelle osseuse.

Chez l'homme, Aucun effet sur le développement du fœtus ou sur la fertilité masculine n'est reconnu pour une exposition au benzène. Chez la femme, bien que quelques études suggèrent une fréquence accrue des avortements chez les femmes exposées au benzène, aucun élément ne permet de conclure à une tératogénicité ou à une foetotoxicité.

Autres effets toxiques

La cible principale du benzène après une exposition à long terme est le système sanguin, avec des conséquences sur la moelle osseuse, une diminution des globules rouges, une anémie ou plus rarement une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs), une thrombopénie (plaquettes). Ces manifestations sont réversibles après cessation de l'exposition.

A un stade plus important cette toxicité hématologique peut se manifester par une aplasie médullaire, dépression totale de la reproduction des cellules sanguines. Ces atteintes ont été décrites dans plusieurs études épidémiologiques, notamment chez des travailleurs exposés à de fortes concentrations de benzène.

Le Syndrome psycho-organique (troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, insomnie, diminution des performances intellectuelles correspondant à des effets sur le système nerveux central) a été décrit lors d'exposition chronique au benzène. Ce syndrome est également noté pour le toluène et les sylènes.

Par ailleurs, des effets cardio-vasculaires ont été décrits lors de l'exposition par inhalation aux vapeurs de benzène.

Enfin, la myelotoxicité et la génotoxicité pourraient résulter de l'action synergique des divers composés issus du métabolisme hépatique du benzène (INCHEM, 1996).

Peu d'informations relatives aux autres effets toxiques du benzène sont disponible chez l'homme.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Les tableaux ci-après présentent dans un premier temps les VTR correspondant aux effets cancérogènes du benzène et dans un second temps les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS : version 2, janvier 2004).

Benzène (71-43-2)				
Voie d'exposition	Type d'effets considérés	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Leucémies	homme	ERU _i = 2,2 à 7,8.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	US EPA (2000)
		homme	ERU _i = 6.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	OMS (1997)
		homme	CR = 5.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	RIVM (2001)
		homme	CT _{0,05} = 15 mg/m ³ , correspond à ERU _i = 3 10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada (1991)

Benzène (71-43-2)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe Critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Cellules sanguines	homme	300	RfC = $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	US EPA (2003)
		Cellules sanguines, nerveuses, immunitaires	homme	10	REL = $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	OEHHA (2002)
Subchronique	Inhalation	Système nerveux	souris	90	MRL = $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR (1997)

Dioxyde d'azote (CAS n°10102-44-0)

A) Propriétés intrinsèques de la substance

Les oxydes d'azote NO et NO₂ désignés sous le terme générique NO_x sont des gaz composés d'au moins une molécule d'azote et une molécule d'oxygène. Le NO₂ est un gaz rouge brun à l'odeur âcre et piquante. Le dioxyde d'azote NO₂ présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire en raison de son caractère oxydant. En comparaison, le NO est 5 fois moins toxique.

Le dioxyde d'azote peut se former par combinaison de l'oxygène et de l'azote de l'air lors des phénomènes naturels (orages, éruptions volcaniques). Par ailleurs, les principales sources de NO₂ dans l'air extérieur sont les moteurs à essence (45%) suivi par la combustion du fuel et du charbon (35%).

Le dioxyde d'azote, à température ordinaire, est un liquide très volatil (pression de vapeur de 96 KPa à 20°C), plus lourd que l'air, d'odeur très irritante, perceptible dès 0,2 ppm (0,38 mg/m³). Il réagit lentement avec l'eau en donnant de l'acide nitreux (HNO₂) et de l'acide nitrique (HNO₃).

Voies d'exposition et absorption

Les oxydes d'azote pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, mais les passages cutanés sont également possibles. Le dioxyde d'azote, de par sa solubilité, peut être absorbé à tous les niveaux du tractus respiratoire.

Chez l'homme, l'absorption de dioxyde d'azote est de 81-90% pendant une respiration normale et de 90% pendant une respiration forcée.

B) Valeurs guides

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 40 µg/m³ en moyenne annuelle (Décret 2002-213 de février 2002). Le seuil de recommandation et d'information est de 200 µg/m³ en moyenne horaire et les seuils d'alerte sont de 400 µg/m³ en moyenne horaire et 200 µg/m³ en moyenne horaire si la procédure d'information et de recommandation pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain. L'OMS (Air quality guidelines, Global update 2005) donne une valeur guide de 40 µg/m³ pour une durée d'exposition d'une année et 200 µg/m³ pour une durée d'exposition d'une heure.

C) Profil toxicologique

Classement

Le symbole classant le dioxyde d'azote est T+ (très toxique).

Les phrases de risque qui le représentent sont :

R26 (très toxique par inhalation),

R37 (irritant pour les voies respiratoires)

Effets cancérigènes

Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme agent cancérigène [Groupe 3 de l'UE ou groupe D de l'US EPA].

Effets Mutagènes

Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme agent mutagène par l'Union Européenne.

In vivo, le dioxyde d'azote induit des mutations et des aberrations chromatidiennes dose-dépendantes dans les cellules pulmonaires de rat. Les tests d'aberrations chromosomiques dans les lymphocytes et les spermatozoïdes et sur les micronoyaux de la moelle osseuse de souris ont tous été négatifs.

Effets sur la reproduction

Le dioxyde d'azote n'est pas classé comme agent reprotoxique par l'Union Européenne.

Chez le rat, des expositions au dioxyde d'azote induisent des déviations neurocomportementales dose-dépendantes, à savoir un développement neuromoteur précoce perturbé, des déficits de coordination, un retard de développement de la locomotion et de l'activité. La réduction d'activité motrice persiste dans la période suivant le sevrage.

Autres effets toxiques

Chez l'animal, l'exposition chronique au NO₂ provoque des œdèmes pulmonaires, un épaississement de la paroi alvéolaire et une perte ciliaire de l'épithélium bronchique à des doses de l'ordre de 1 mg/m³.

Des études expérimentales chez des sujets humains volontaires sains ont montré que le NO₂ provoque surtout des lésions sur les petites voies aériennes (bronchioles) et une résistance bronchique accrue à des doses faibles. Mais les réponses sont souvent très variables selon les individus y compris pendant une durée d'exposition longue. Globalement, les études épidémiologiques temporelles mettent en évidence des liens

étroits entre une augmentation des niveaux de NO₂ et les admissions hospitalières pour exacerbation de problèmes respiratoires chroniques dont l'asthme mais la quantification des effets propres à NO₂ reste difficile du fait principalement de la présence dans l'air d'autres polluants comme les poussières ayant des propriétés de synergie avec le NO₂.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS (INERIS-DRC-01-05590-00DF253, Déc.2004)

Il n'a été trouvée aucune VTR disponible dans les bases de données pour une exposition chronique au dioxyde d'azote

Dioxyde de Soufre (CAS n°7446-09-05)

A) Propriétés intrinsèques de la substance

Propriétés physico-chimiques et origine

Le dioxyde de soufre (CAS n°7446-09-05) peut être d'origine naturelle (océans et volcans) mais sa principale source est anthropique car il provient de la combustion de combustibles fossiles (pétrole et charbon) pour le chauffage et la production d'énergie.

Dans l'industrie, il sert essentiellement à la production d'acide sulfurique.

Le dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux est gazeux dans les conditions normales de pression et de température. C'est un gaz incolore, plus lourd que l'air (densité de vapeur : 2,26), qui présente une forte odeur piquante, perceptible dès 1,1 ppm (3,14 mg/m³). Il est soluble dans l'eau (11,3% à 20°C).

Voies d'exposition et absorption

Le dioxyde de soufre pénètre dans l'organisme par inhalation. Fortement soluble, il est rapidement hydraté, dissocié en sulfite et bisulfite et absorbé dans le tractus respiratoire supérieur (nez et pharynx). La pénétration dans les voies respiratoires inférieures est limitée dans le cas d'une respiration calme par le nez et augmente en cas de respiration profonde par la bouche. 90% sont absorbés à forte concentration et 5% ou moins pour des concentrations inférieures à 1 ppm.

Le dioxyde de soufre absorbé passe dans le sang et est rapidement distribué dans tout l'organisme.

B) Valeurs guides

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 50 µg/m³ en moyenne annuelle (Décret 2002-213 de février 2002). Le seuil de recommandation et d'information est de 300 µg/m³ en moyenne horaire et le seuil d'alerte est de 500 µg/m³ en moyenne horaire, dépassé pendant trois heures consécutives.

Les valeurs guides recommandées par l'OMS en 2000 (Air Quality Guidelines for Europe, 2000) sont de 50 µg/m³ en moyenne annuelle et de 125 µg/m³ sur 24 heures.

La valeur guide sur 24 h a été abaissée en 2005 dans le document OMS (Air Quality Guidelines, global update, 2005), à 20 µg/m³.

C) Profil toxicologique

Classement

Le symbole classant le dioxyde de soufre est :
T (toxique).

Les phrases de risque qui le représentent sont :

R23 (toxique par inhalation),

R36/37 (irritant pour les yeux et les voies respiratoires)

Effets cancérogènes

Le CIRC classe le dioxyde de soufre dans le groupe 3, en raison de preuves très limitées chez l'animal. Il n'est pas classé par l'Union Européenne.

Le dioxyde de soufre est suspecté de jouer un rôle de co-cancérogène (avec le benzo(a)pyrène) dans le développement de cancer broncho-pulmonaire. Cependant, aucune donnée épidémiologique ne permet de le considérer comme directement cancérigène.

Effets Mutagènes

Le dioxyde de soufre n'est pas classé comme agent mutagène par l'Union Européenne.

In vivo, tous les tests de mutagenèse réalisés sont négatifs à l'exception d'une expérimentation de mutation létale récessive chez la drosophile.

Effets sur la reproduction

Le dioxyde de soufre n'est pas classé comme agent reprotoxique par l'Union Européenne.

Une baisse du poids de naissance et une augmentation des réflexes de développement ont pu être observées lors d'études expérimentales chez la souris.

Autres effets toxiques

Chez l'homme, les études expérimentales ont montré que l'exposition à des concentrations ambiantes courantes jusqu'à environ 3 mg/m^3 n'entraînaient pas d'effet chez les sujets sains.

Une exposition prolongée entraîne une augmentation du nombre de pharyngite et de bronchite chronique.

En exposition moyenne et longue durée au SO_2 , les études récentes montrent des effets sur la mortalité respiratoire et cardiovasculaire et sur les admissions hospitalières d'urgence, pour déficience ou obstruction respiratoire, à des niveaux d'exposition correspondant à des concentrations moyennes annuelles à $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ et des concentrations journalières inférieures à $125 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. De telles observations sont relevées même en absence de poussières contrairement aux observations anciennes liées à la pollution par la combustion du charbon.

D) Relation Dose/effet et Dose/réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS (INERIS-DRC-01-05590-00DF253, Déc.2004)

Il n'a été trouvée aucune VTR disponible dans les bases de données pour une exposition chronique au dioxyde de soufre

9.9 Annexe 9 : Présentation du logiciel de modélisation ADMS 4

Le modèle mathématique de dispersion qui sera utilisé pour cette étude, ADMS 4, est un modèle de trajectoire 3D à dispersion gaussienne, spécialement développé pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles.

Le modèle permet principalement de déterminer la trajectoire précise des panaches industriels et de quantifier avec précision la redistribution des effluents autour des sites industriels. Les sources d'émission prises en compte peuvent être ponctuelles (des cheminées par exemple), mais aussi surfaciques et volumiques (sources diffuses, ateliers émetteurs, stockage), linéiques (trafic routier) et/ou provenant de « jets ». Ces émissions peuvent bien sûr être variables dans le temps.

Ce logiciel est particulièrement adapté à la problématique étudiée, car il permet de répondre aux 3 questions essentielles qui se posent lors de cette étude :

- **une bonne restitution des concentrations en micro-organismes ;**
- **la prise en compte de phénomènes souvent « pointés du doigt » par le public, les associations et l'administration : présence d'un relief, de bâtiments importants, météorologie spécifique, ...**
- **la reconnaissance et la validation du modèle.**

ADMS fait partie de la nouvelle génération des modèles gaussiens. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

1. Description verticale de la couche atmosphérique (entre la surface et 2000 mètres d'altitude)

L'un des points forts du modèle ADMS est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère par les classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue (analyse d'échelle permettant notamment de caractériser le niveau de **turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions**). Cette nouvelle approche présente deux avantages majeurs :

- une description continue de l'atmosphère, et non plus sous forme de classes limitant le nombre de situations météorologiques ;
- une description verticale de l'atmosphère, prenant en compte la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire. La couche atmosphérique n'est donc plus considérée comme une couche homogène et les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

2. Pré-processeur météorologique

ADMS intègre un pré-processeur météorologique, qui **recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques** (vent, température, turbulence), à partir des données de surface fournies par une station sur site ou du réseau de Météo France et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Une fois les profils verticaux établis, ADMS peut simuler la dispersion des panaches.

3. ADMS travaille en mode séquentiel horaire

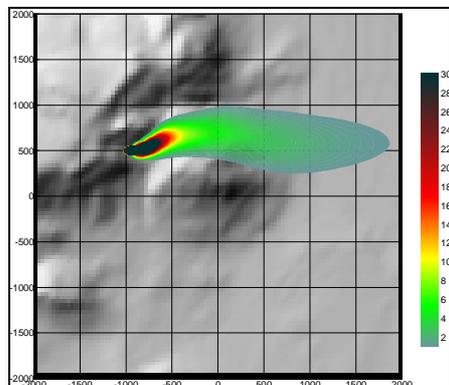
Contrairement à de nombreux logiciels gaussiens qui travaillent à partir d'une rose des vents, ADMS 3 intègre des **fichiers météorologiques réels**. Il effectue un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique horaire (de façon automatique et transparente pour l'utilisateur), et cela sur du long-terme (jusqu'à 5 années). De plus, le pré-processeur intégré à ADMS tient compte des conditions météorologiques passées, ce qui permet **de prendre en compte l'évolution diurne de la couche atmosphérique** (situation convective par exemple), ce qui n'est pas le cas des gaussiens classiques.

4. Prise en compte du relief et de l'occupation des sols

ADMS intègre un modèle fluide diagnostique, FLOWSTAR, qui **calcule les champs de vent et de turbulence en 3D** (résolution horizontale de l'ordre de 100 mètres, sur 10 niveaux verticaux) et pour chaque

situation météorologique horaire. Il utilise les données topographiques directement disponibles auprès de l'IGN, et les données d'occupation des sols issues de la base CORINE Land Cover de l'IFEN.

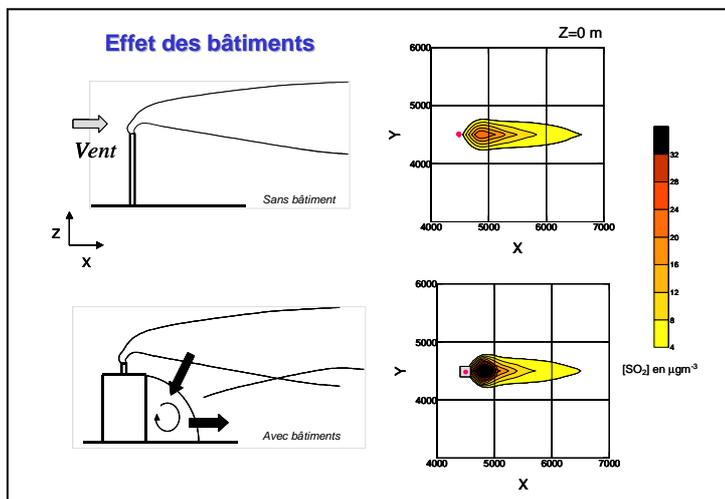
Les modèles gaussiens « classiques » ne prennent généralement en compte le relief que de façon très grossière, en ré-évaluant de façon approximative la hauteur des panaches par rapport au sol. Le vent reste néanmoins constant sur tout le domaine d'étude. La modification de la trajectoire d'un panache liée à la présence d'une colline n'est pas envisageable, contrairement à ce qui est calculé par ADMS (exemple de résultat ci-dessous).



Dispersion d'un panache par ADMS sur un relief complexe.

5. Un module de bâtiment

Un module de bâtiment (« Buildings Option ») permet de prendre en compte l'influence des bâtiments d'un site industriel sur la dispersion des panaches. A titre d'exemple, un exutoire situé en toiture d'un bâtiment industriel de 30 mètres, sera considéré comme une cheminée de 30 mètres de hauteur placée sur un terrain plat par les modèles gaussiens « classiques ». Au contraire, ADMS peut prendre en compte l'influence des bâtiments susceptibles de fortement perturber la dispersion (rabattement de panache, zones de recirculation...).



Effet d'un bâtiment industriel sur la dispersion d'un panache

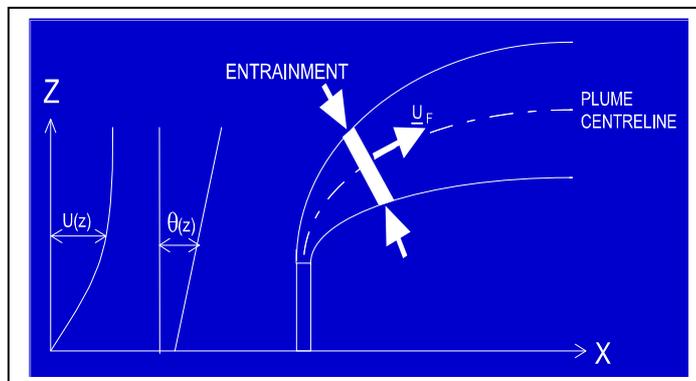
6. Un modèle intégral de trajectoire de panache

Afin de tenir compte des effets de vitesse et de température en sortie de cheminée sur l'élévation des panaches, beaucoup de modèles utilisent une simple « sur-hauteur » estimée empiriquement (formules de Holland, Briggs...).

ADMS utilise un **modèle lagrangien** qui calcule précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée, en fonction des paramètres d'émission (vitesse et température) et des conditions atmosphériques (profils de vent et de température). **Ce modèle améliore nettement la précision des concentrations**

calculées. Il prend également en compte les effets de sillage des cheminées (turbulence), lorsque celles-ci ont un diamètre important.

Remarque : ce sont principalement ces phénomènes turbulents induits par les bâtiments, la turbulence en sortie de cheminée et les effets de sillage qui font que les modèles gaussiens « classiques » ne sont pas valides dans un rayon inférieur à 100 mètres de la source, ce qui n'est pas le cas de ADMS dont le module bâtiment a par exemple été complètement validé par des tests en soufflerie.



Modèle intégral de trajectoire utilisé dans ADMS

Grâce à ses performances techniques, le modèle ADMS est considéré par l'INERIS¹ et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique.

7. Les autres modules intégrés au logiciel

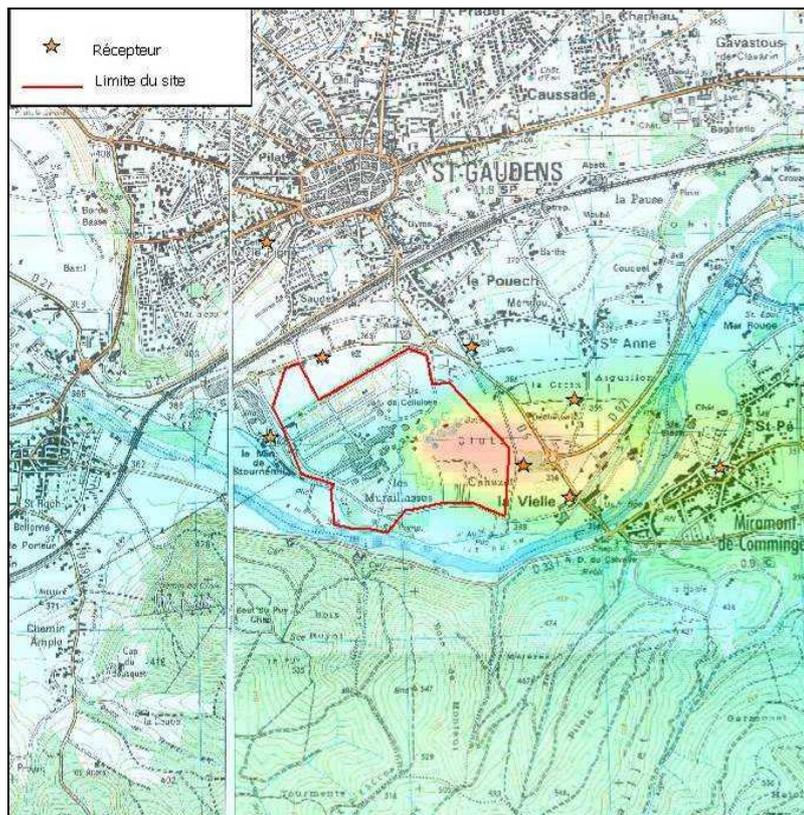
Outre ses avantages techniques, ADMS intègre dans sa version de base de nombreux modules permettant de faire des calculs spécifiques, qui ne sont souvent pas proposés par les autres modèles de sa catégorie.

- Un module de côte, permettant de prendre en compte l'**interface terre/mer** lorsque les sites sont situés en bordure de mer ;
- Un module permettant d'entrer des **profils temporaires d'émission** (exemple : arrêt des installations la nuit ou le week-end), mais également des données horaires d'émission ;
- Un module permettant de calculer les **nuisances visuelles** des panaches (condensation des panaches en fonction des conditions météorologiques) ;
- La dispersion de **micro-organismes** pouvant constituer un risque sanitaire pour les populations (comme dans le cas des légionnelles), en prenant en compte les conditions de température et d'humidité dans le panache

8. Le rendu des résultats

A titre d'exemple, nous vous présentons ci-dessous le type de cartes de résultats qu'il est possible d'obtenir.

¹ Guide méthodologique « Évaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement », INERIS 2003



9. Validations de l'outil ADMS 3

ADMS a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit »¹, ...

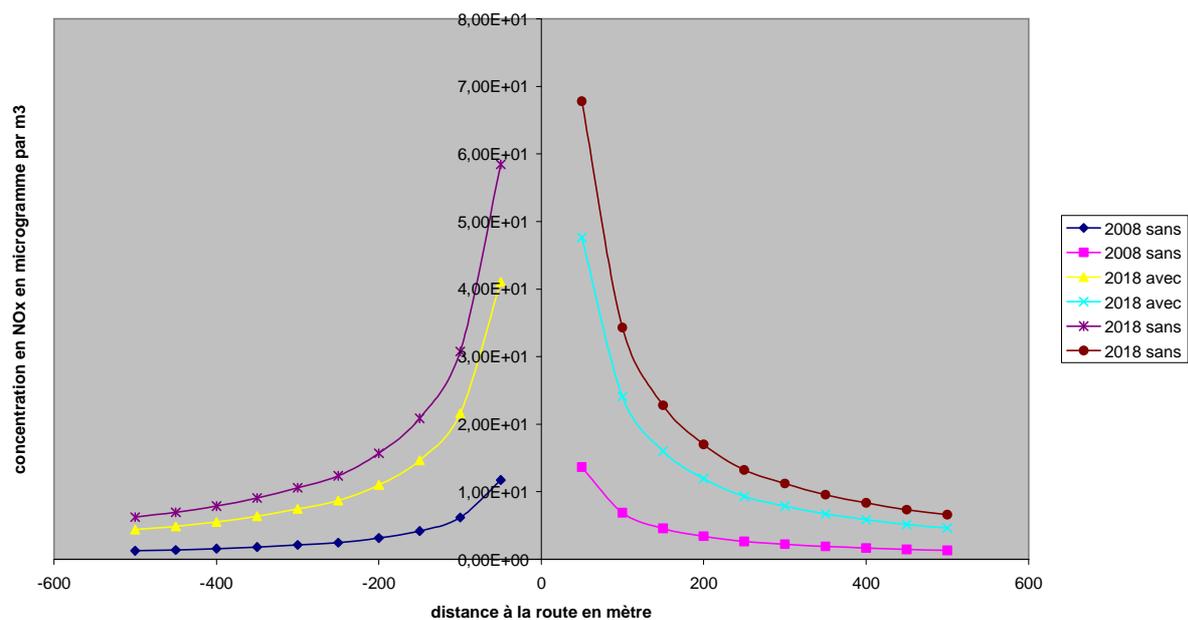
¹ Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), *Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites*. HC Report P020, API, 1220 L, St. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999.

9.10 Annexe 10 : Justification du choix de modèle de stabilité

Pour les trois modèles de stabilité : stable, neutre et instable, une modélisation sans changer les autres paramètres a été faite afin de les comparer et de savoir quel modèle représente la situation le plus défavorable pour l'impact sanitaire.

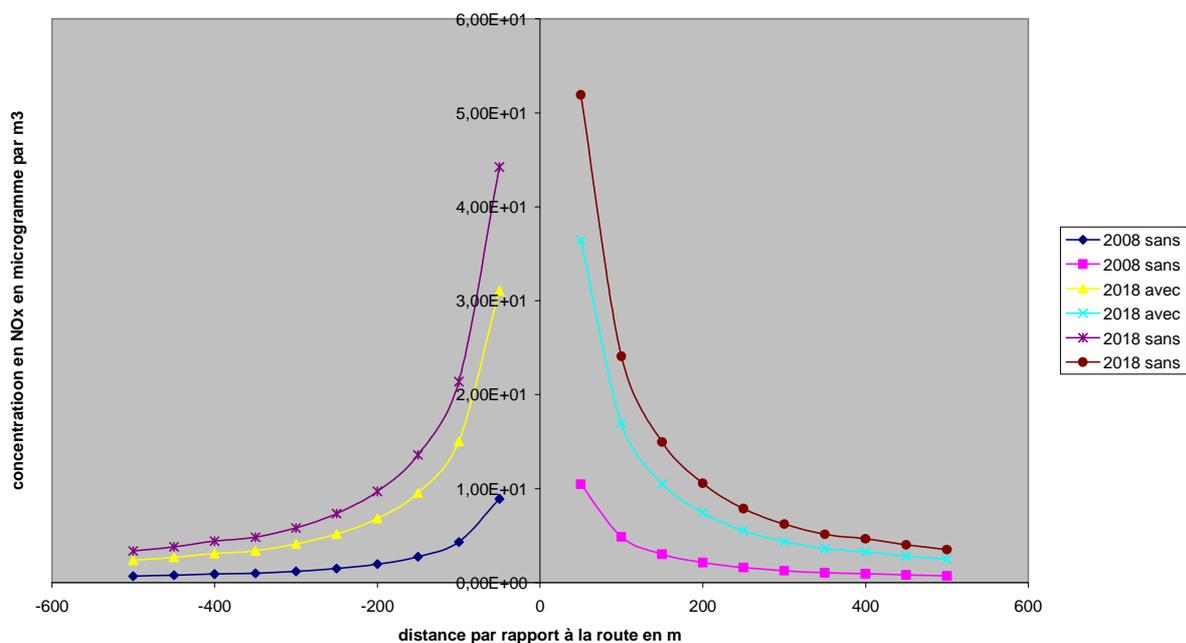
Le graphique suivant montre le profil de concentration des NOx pour des conditions météorologiques neutres.

Profil de concentration en NOx de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo neutre



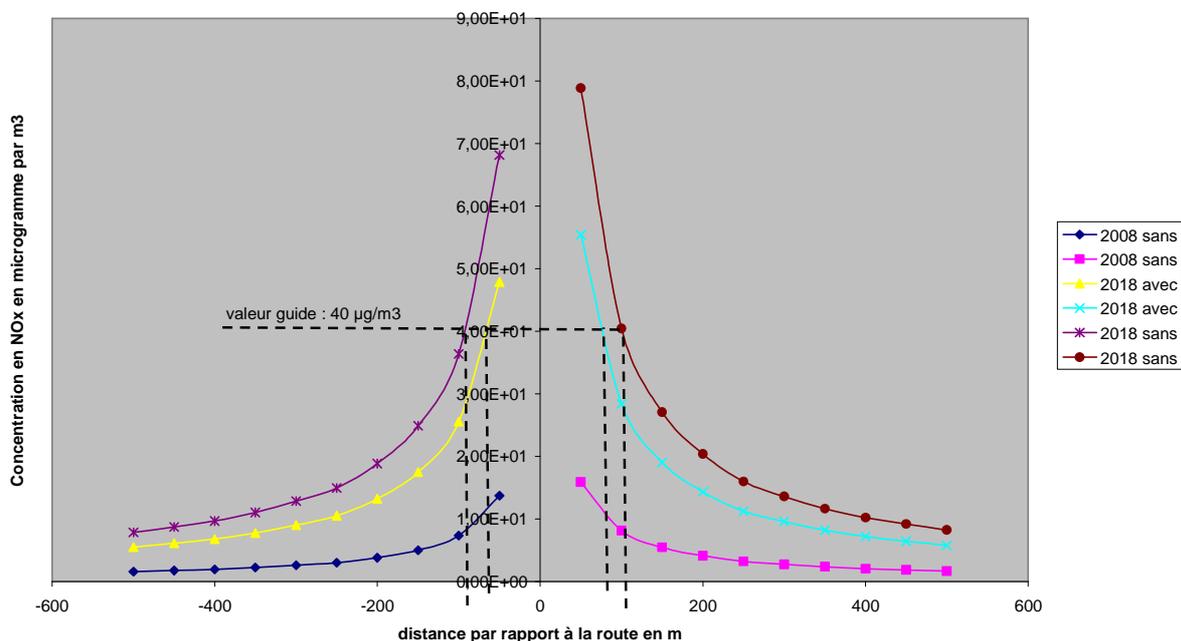
Le graphique suivant montre le profil de concentration des NOx pour des conditions météorologiques instables.

Profil de concentration en NOx de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo instable



Le graphique suivant montre le profil de concentration des NOx pour des conditions météorologiques stables.

Profil de concentration en NOx de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo stable

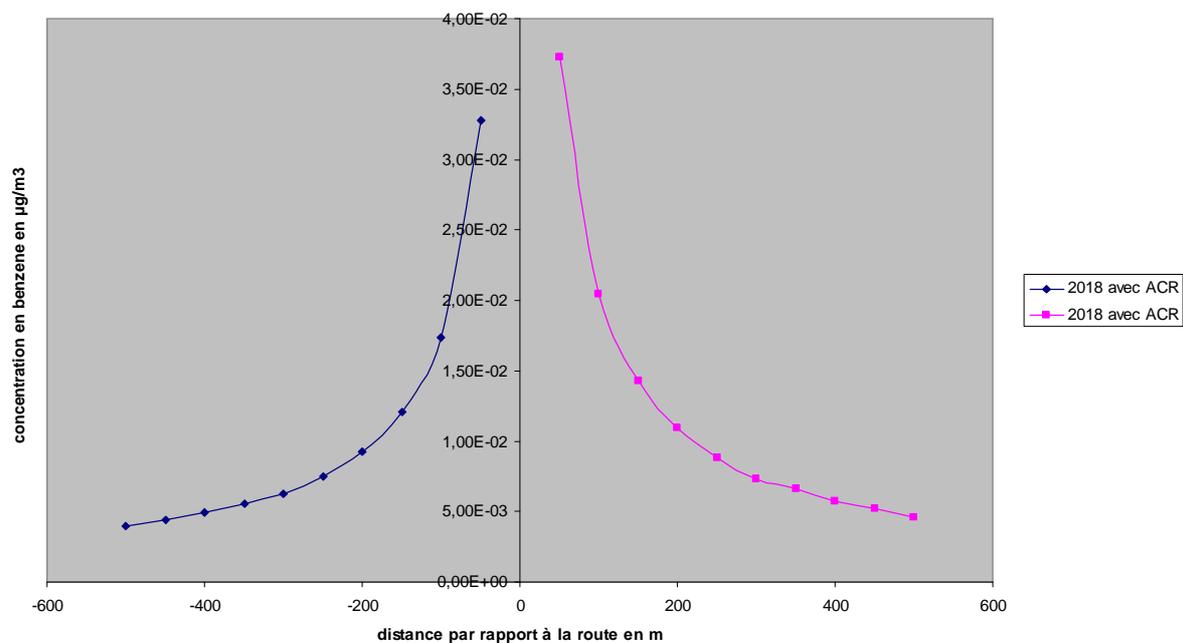


Le modèle où les concentrations sont les plus fortes, donc le plus défavorable pour l'impact sanitaire est le modèle stable. Il sera donc retenu pour les modélisations des concentrations dans la suite de l'étude.

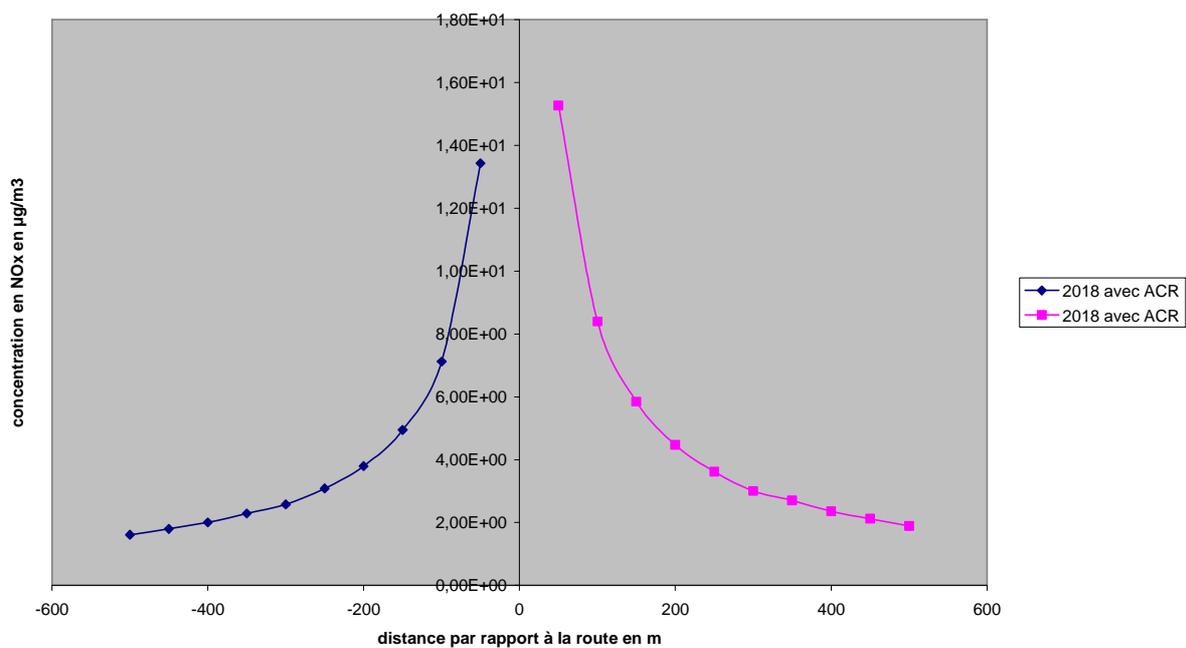
9.11 Annexe 11 : Résultats de la modélisation

Les graphiques suivants représentent les profils de concentrations le long du tronçon T 1 pour les polluants retenus : benzène, NOx, PM2.5 et SO2.

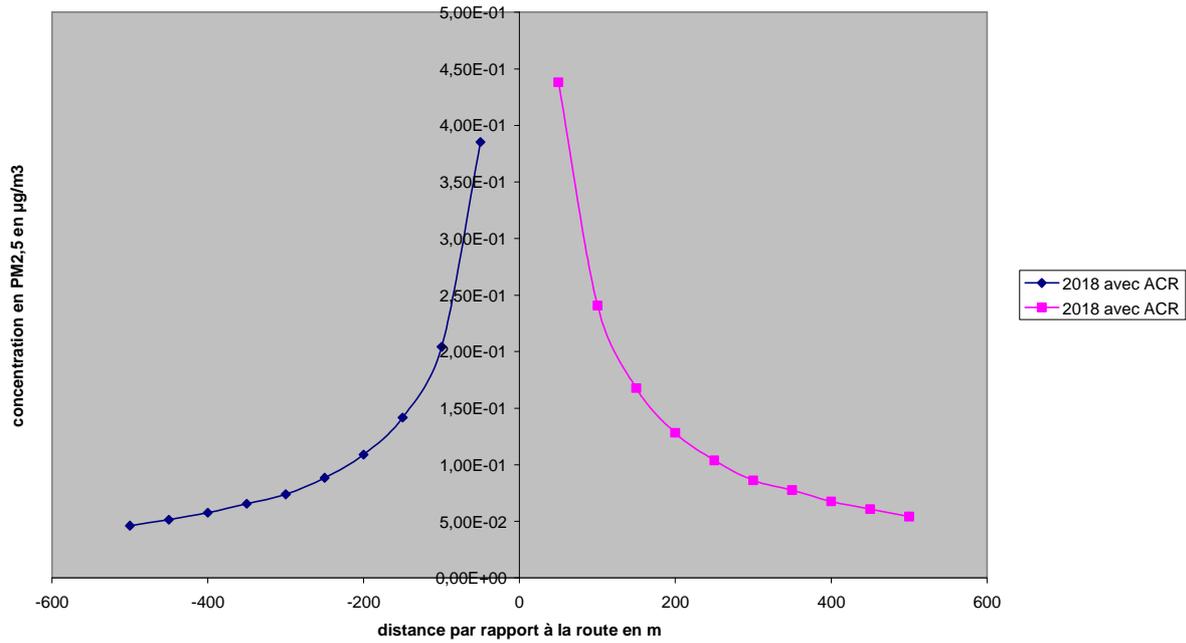
Profil de concentration en Benzène de part et d'autre de la route : T1 transect "b" météo stable



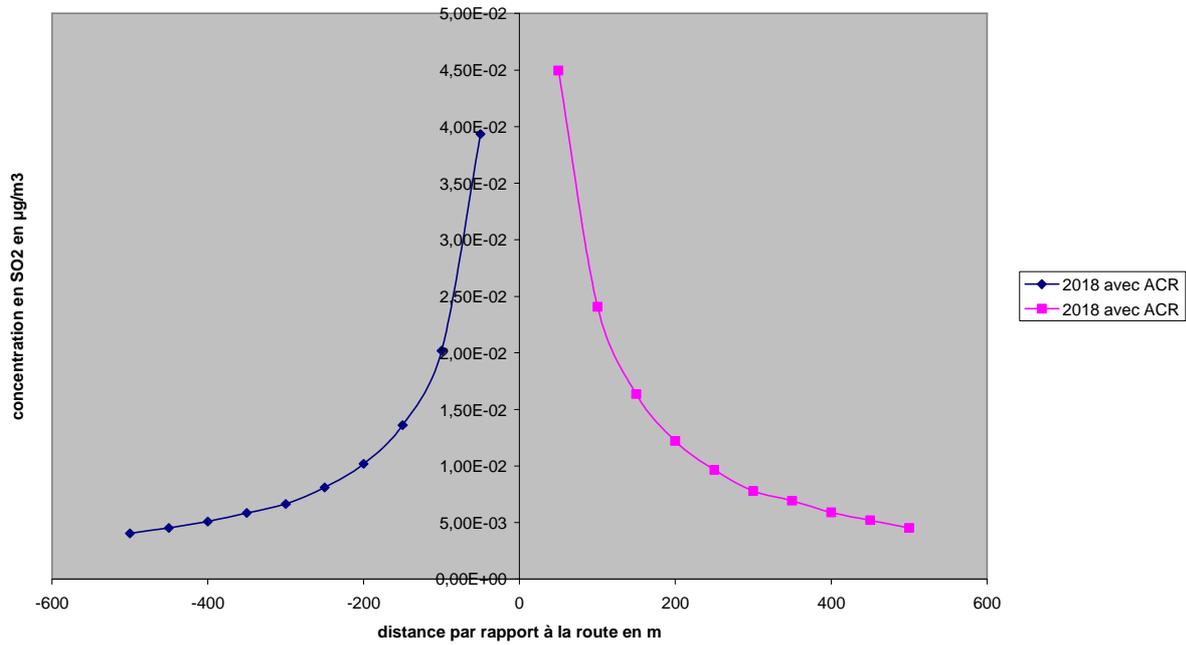
Profil de concentration de NOx de part et d'autre de la route : T1 transect "b" météo stable



Profil de concentration de PM2,5 de part et d'autre de la route : T1 transect "b" météo stable

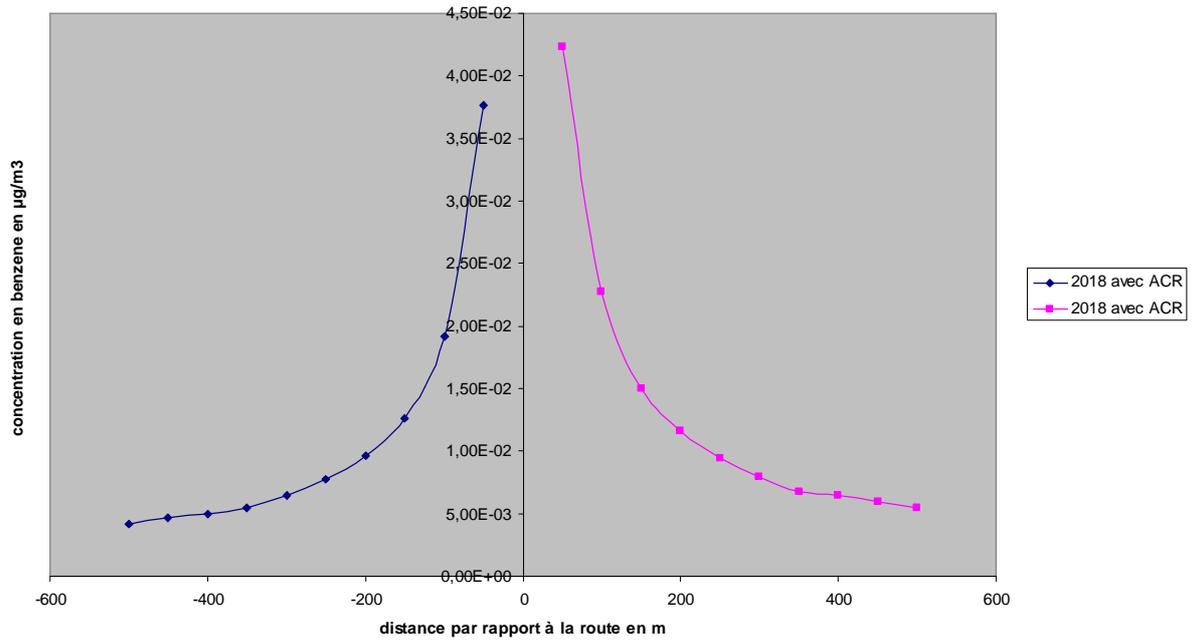


Profil de concentration en SO2 de part et d'autre de la route : T1 transect "b" météo stable

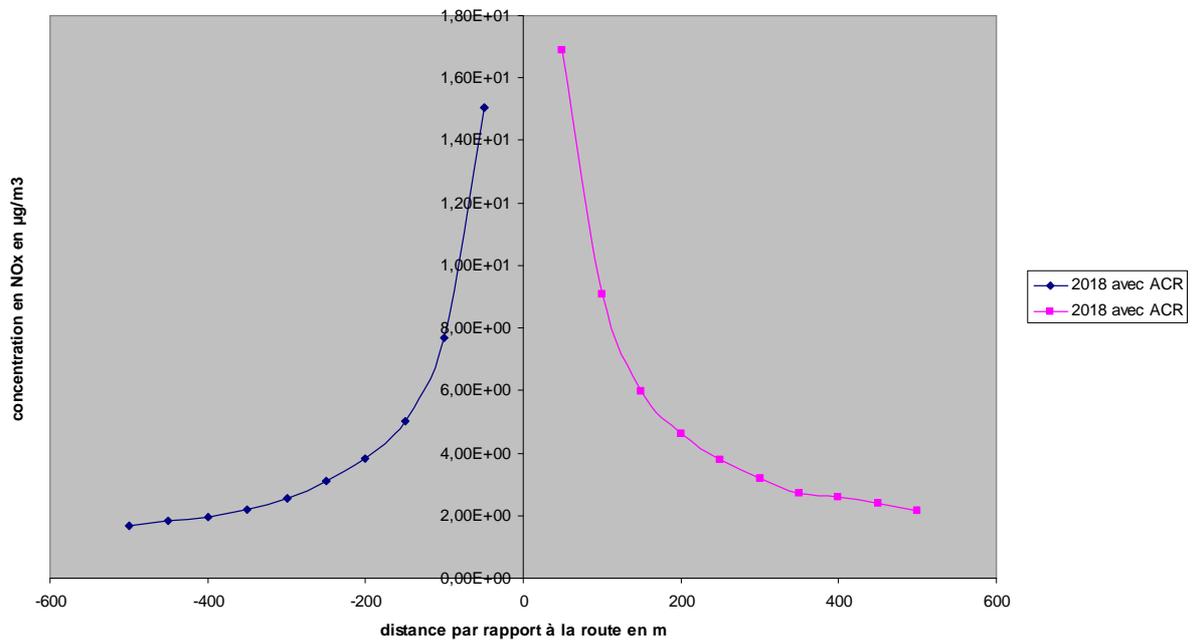


Les graphiques suivants représentent les profils de concentrations le long du tronçon T 2 pour les polluants retenus : benzène, NOx, PM2.5 et SO2.

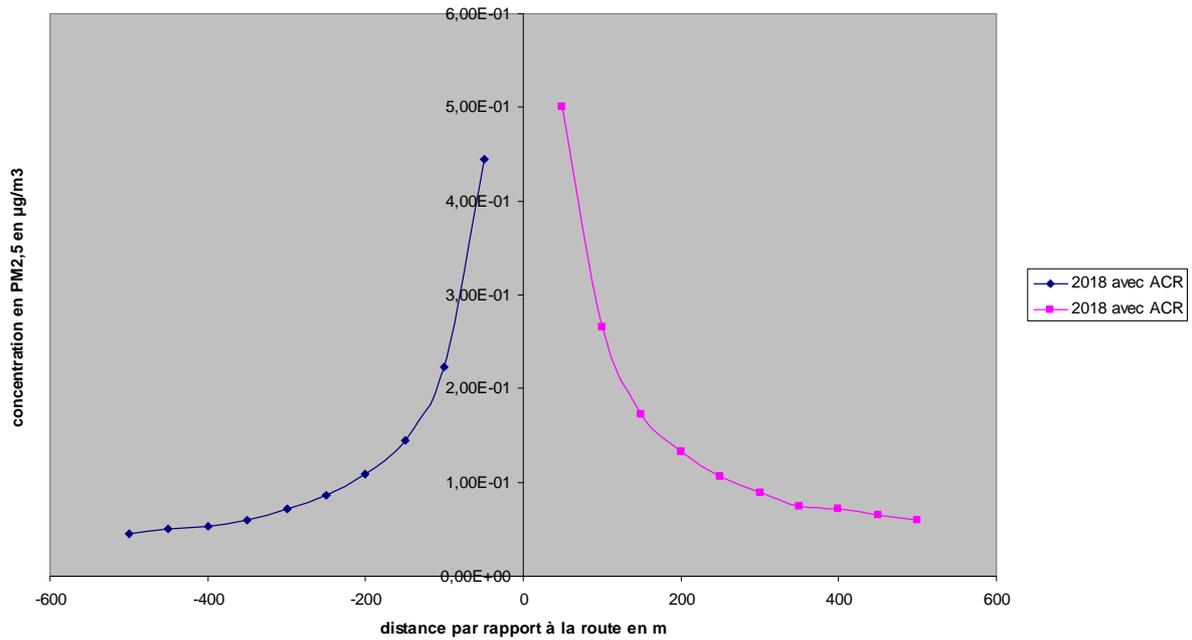
Profil de concentration en Benzène de part et d'autre de la route : T2 transect "b" météo stable



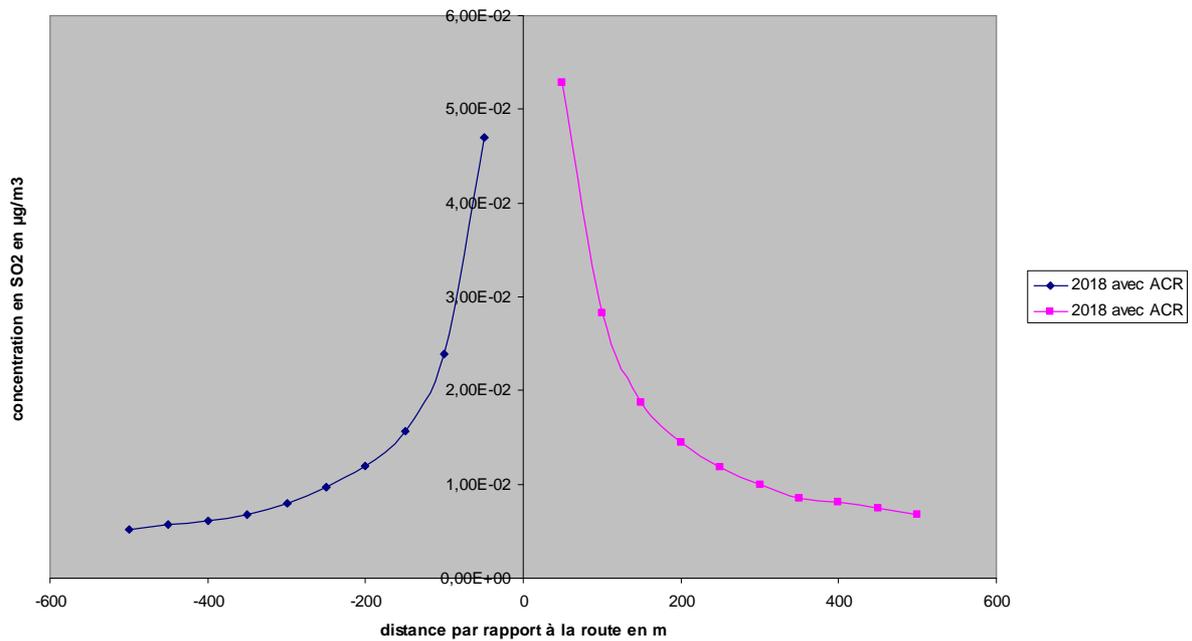
Profil de concentration de NOx de part et d'autre de la route : T2 transect "b" météo stable



Profil de concentration de PM2,5 de part et d'autre de la route : T2 transect "b" météo stable

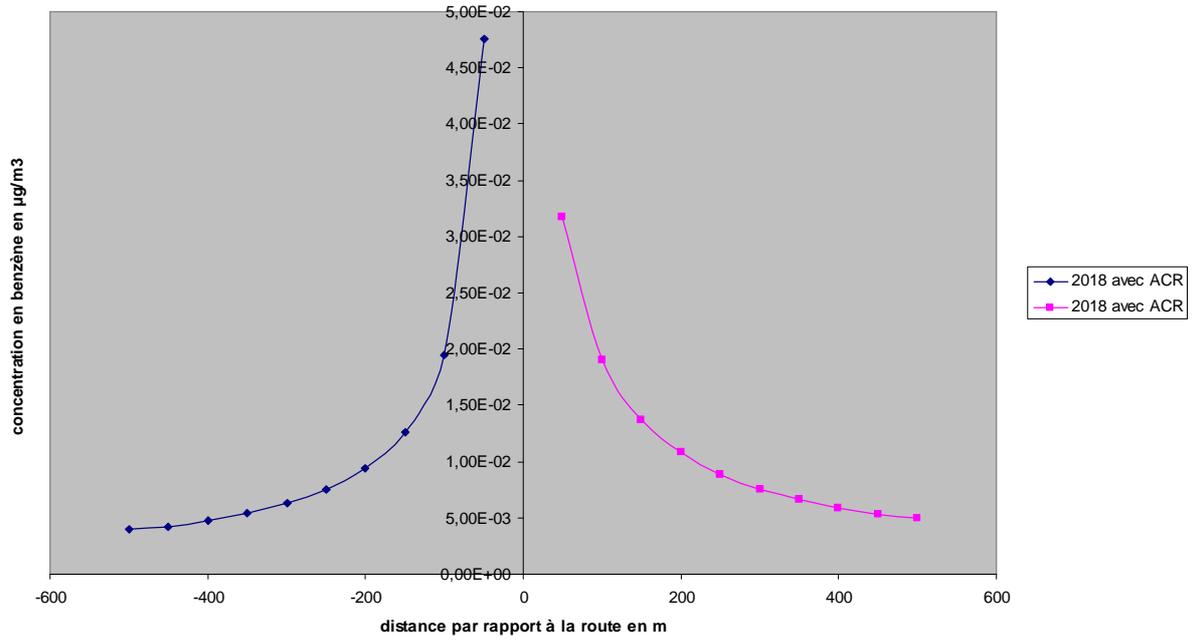


Profil de concentration en SO2 de part et d'autre de la route : T2 transect "b" météo stable

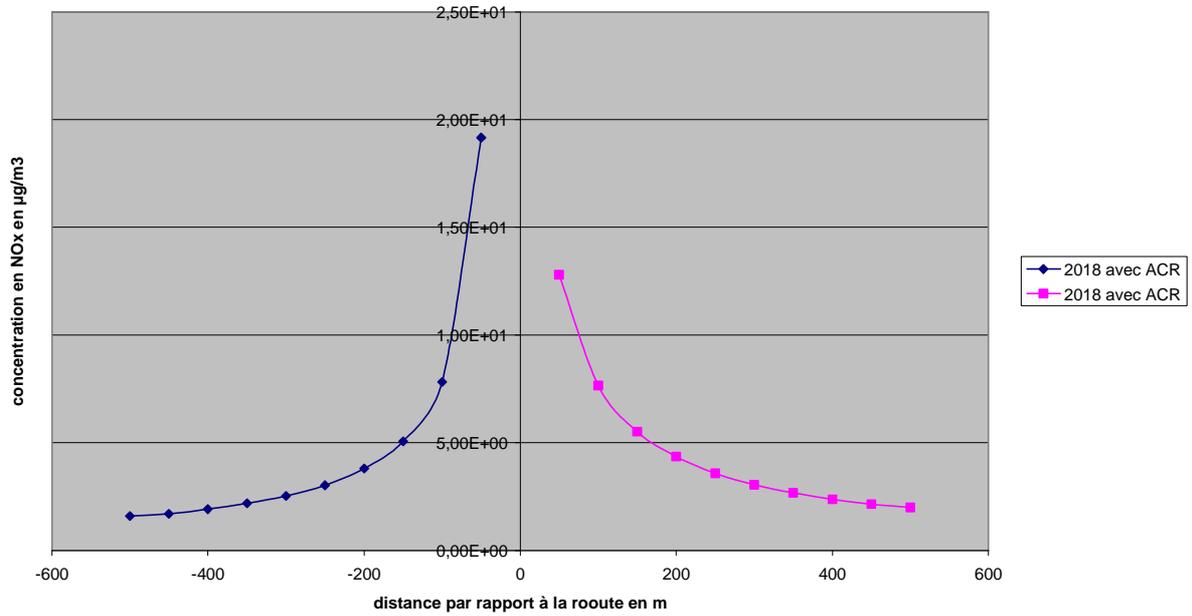


Les graphiques suivants représentent les profils de concentrations le long du tronçon T 3 pour les polluants retenus : benzène, NOx, PM2.5 et SO2.

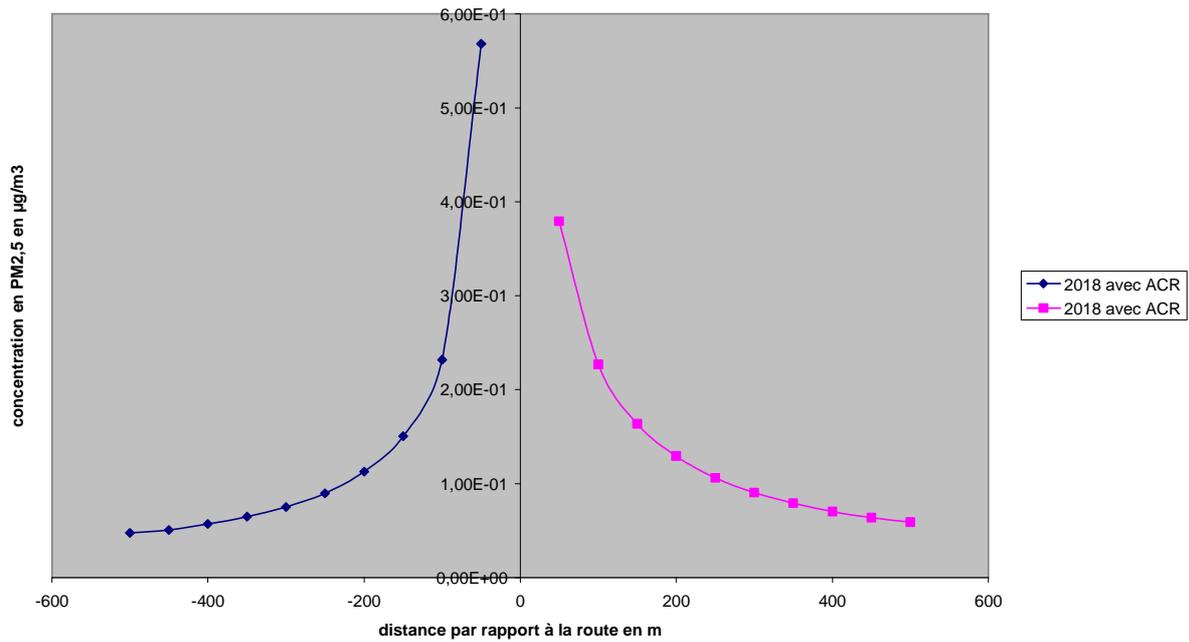
Profil de concentration en benzène de part et d'autre de la route : T3 transect "b" météo stable



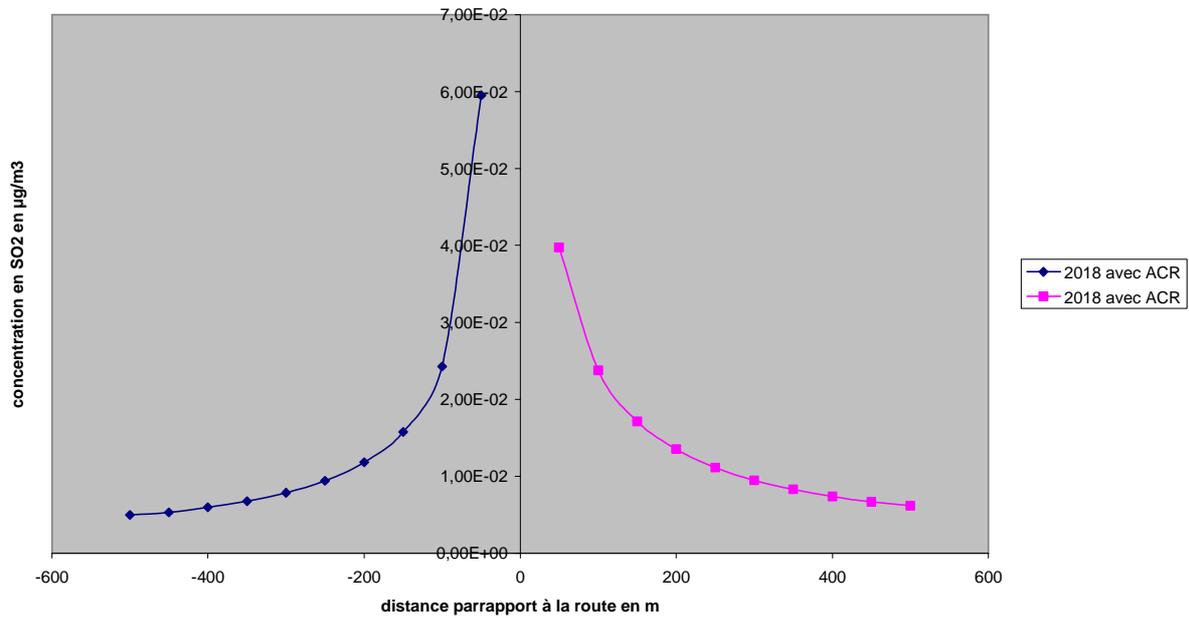
Profils de concentration des NOx de part et d'autres de la route : T3 transect "b" météo stable (là où max)



Profil de concentration des PM2,5 de part et d'autre de la route : T3 transect "b" météo stable

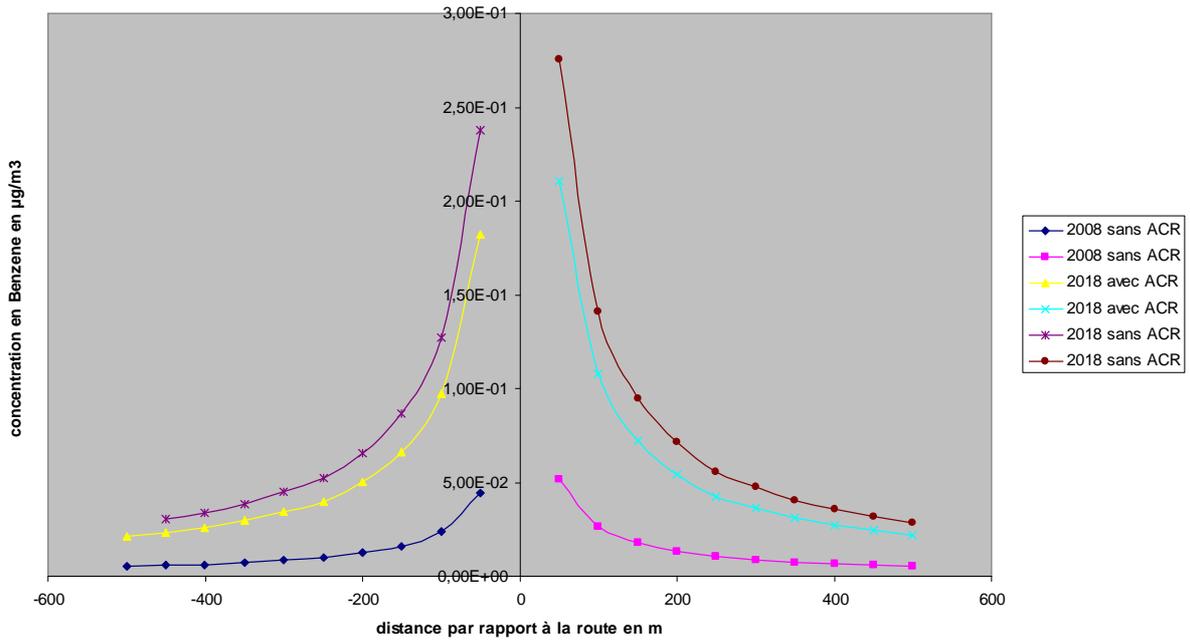


Profil de concentration en SO2 de part et d'autre de la route : T3 transect "b" météo stable (là où max)

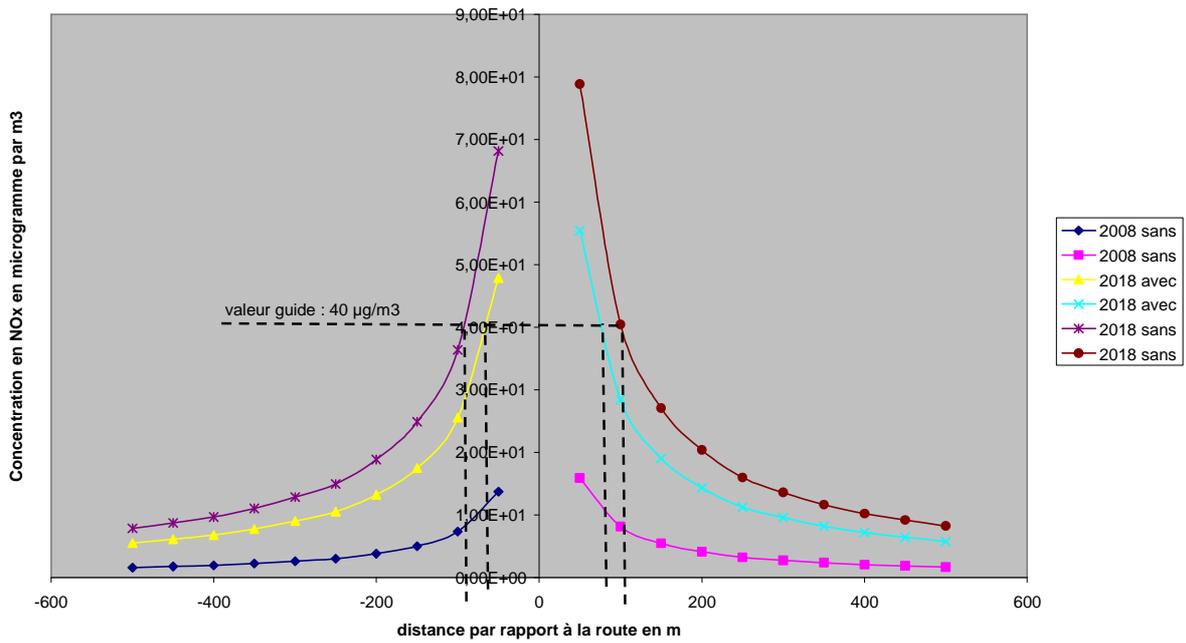


Les graphiques suivants représentent les profils de concentrations le long du tronçon T 4 pour les polluants retenus : benzène, NOx, PM2.5 et SO2.

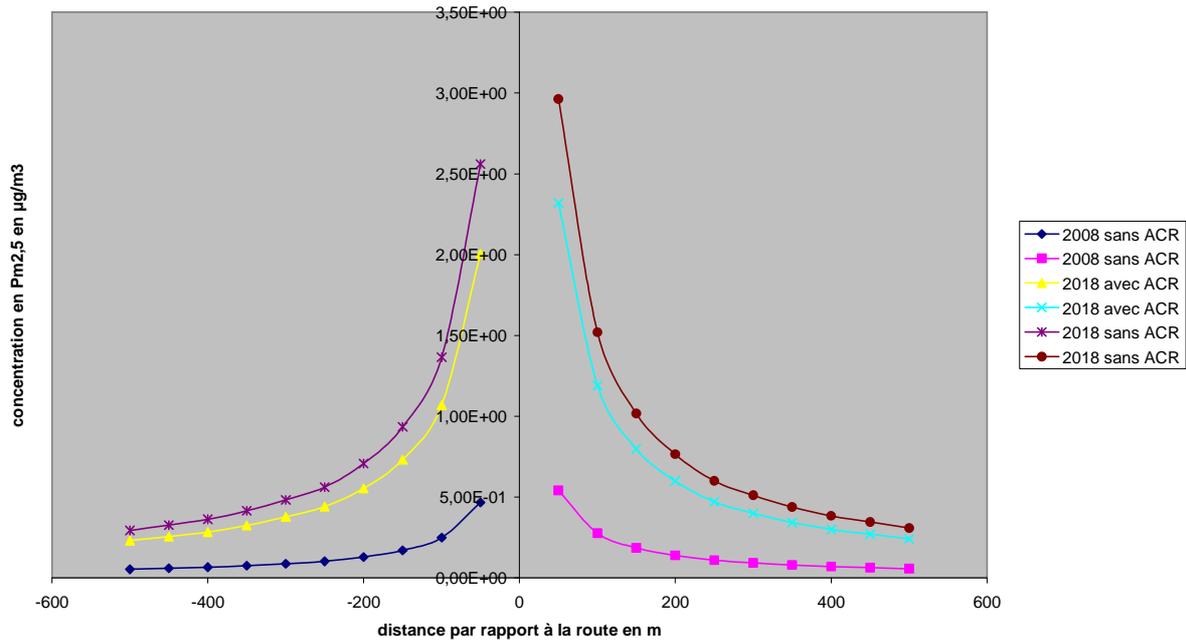
Profils des concentrations en Benzene de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo stable



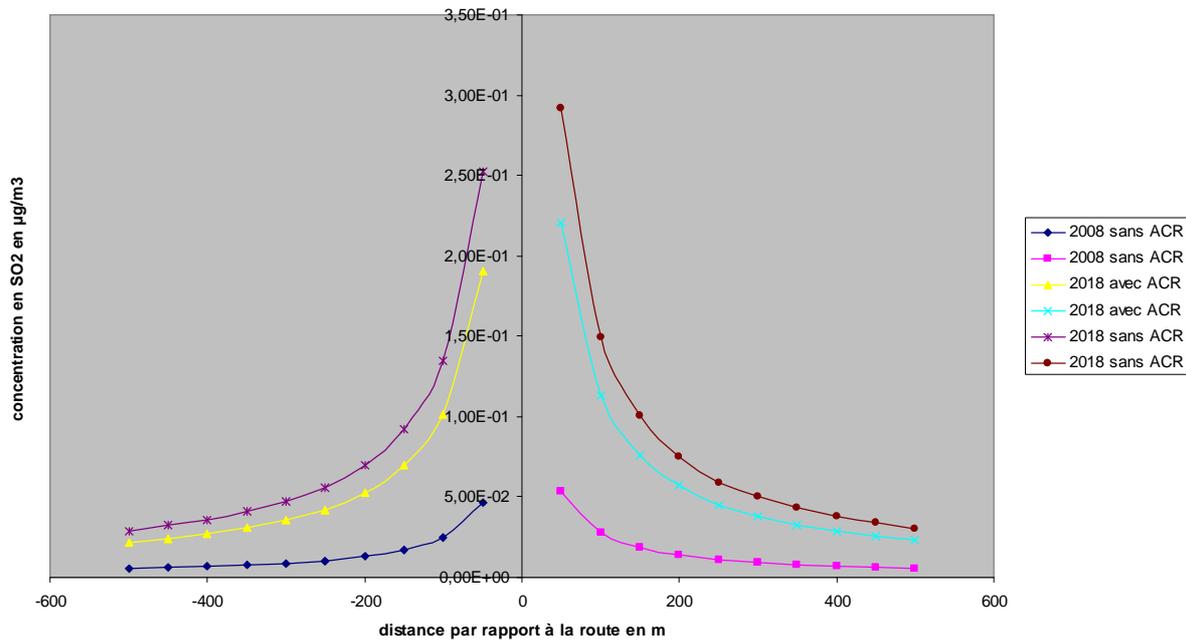
Profil de concentration en NOx de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo stable



Profils des concentrations en PM_{2,5} de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo stable

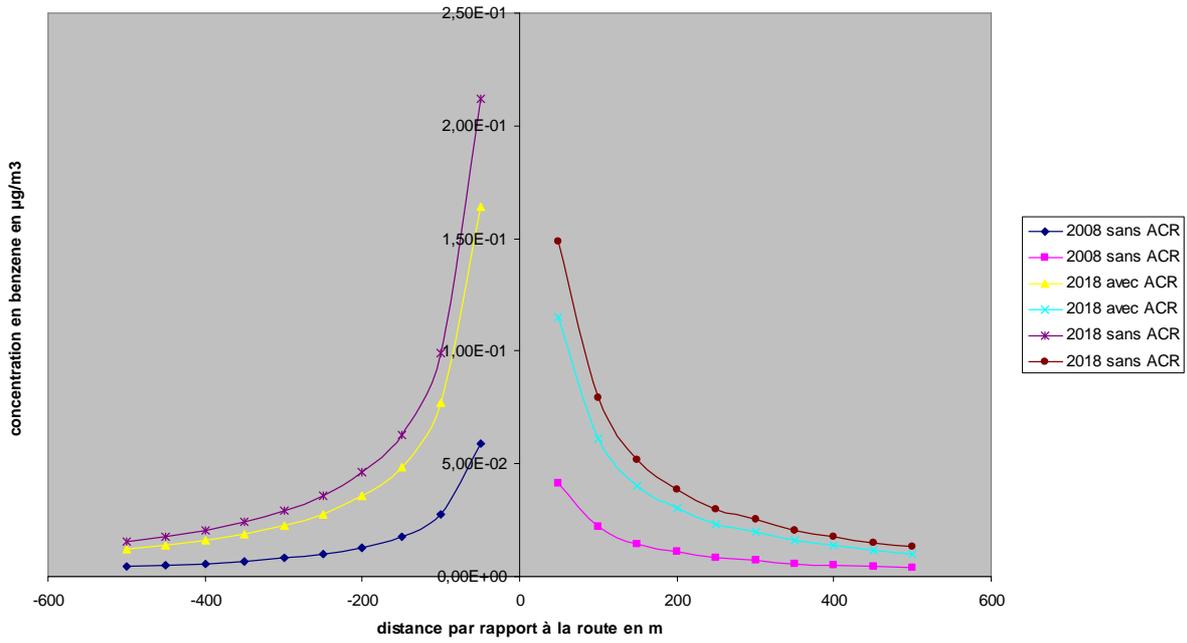


Profils des concentrations en SO₂ de part et d'autre de la route : T4 transect "a" météo stable

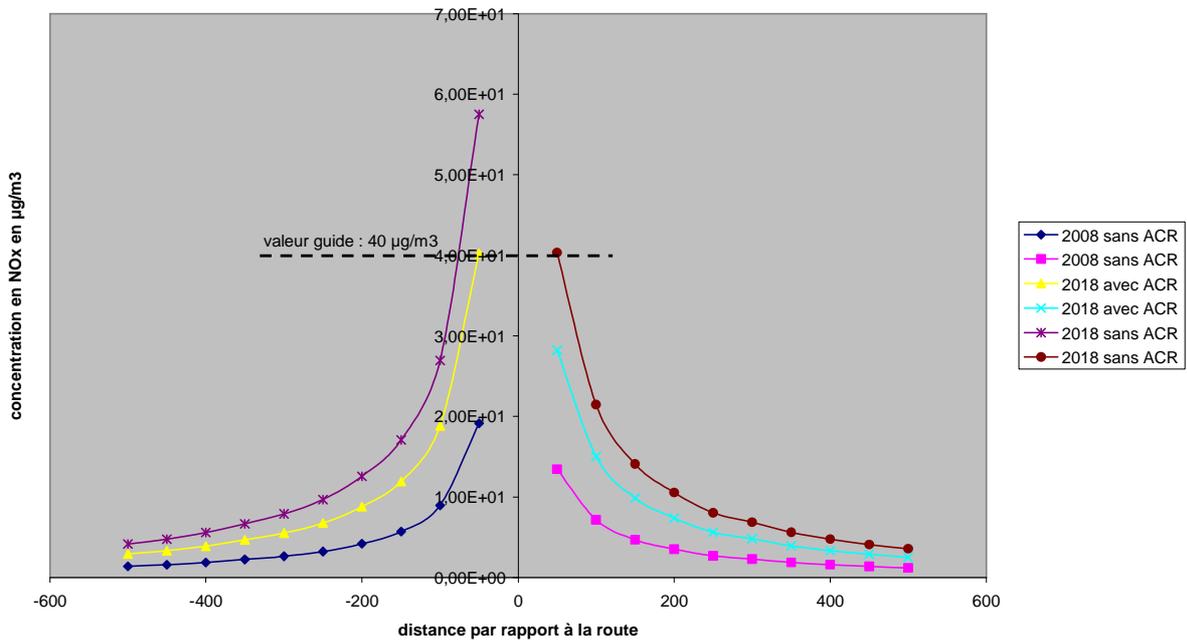


Les graphiques suivants représentent les profils de concentrations le long du tronçon T 5 pour les polluants retenus : benzène, NO_x, PM_{2,5} et SO₂.

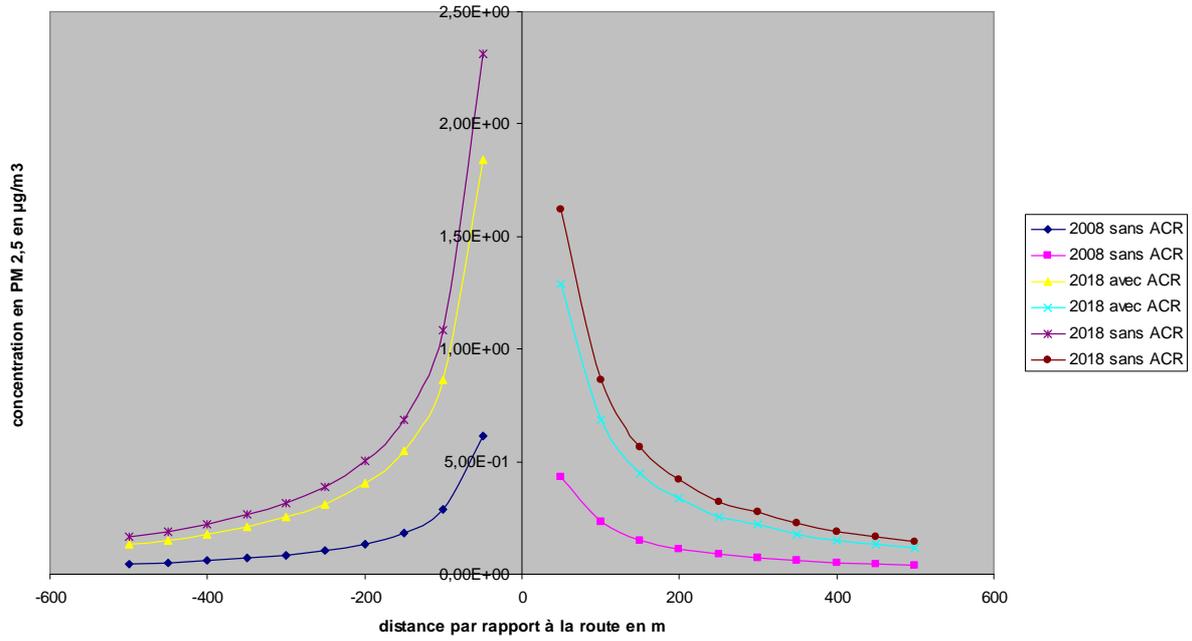
Profils de concentration en benzene de part et d'autre de la route : T5 transect "e" météo stable



Profils de concentration en NOx de part et d'autre de la route : T5 transect "b" météo stable



Profils de concentration en PM 2,5 de part et d'autre de la route : T5 transect "e" météo stable



Profils de concentration en SO2 de part et d'autre de la route : T5 transect "e" météo stable

