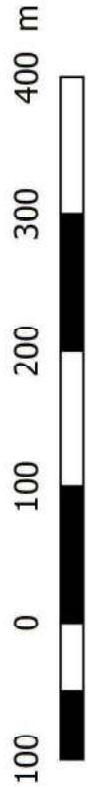
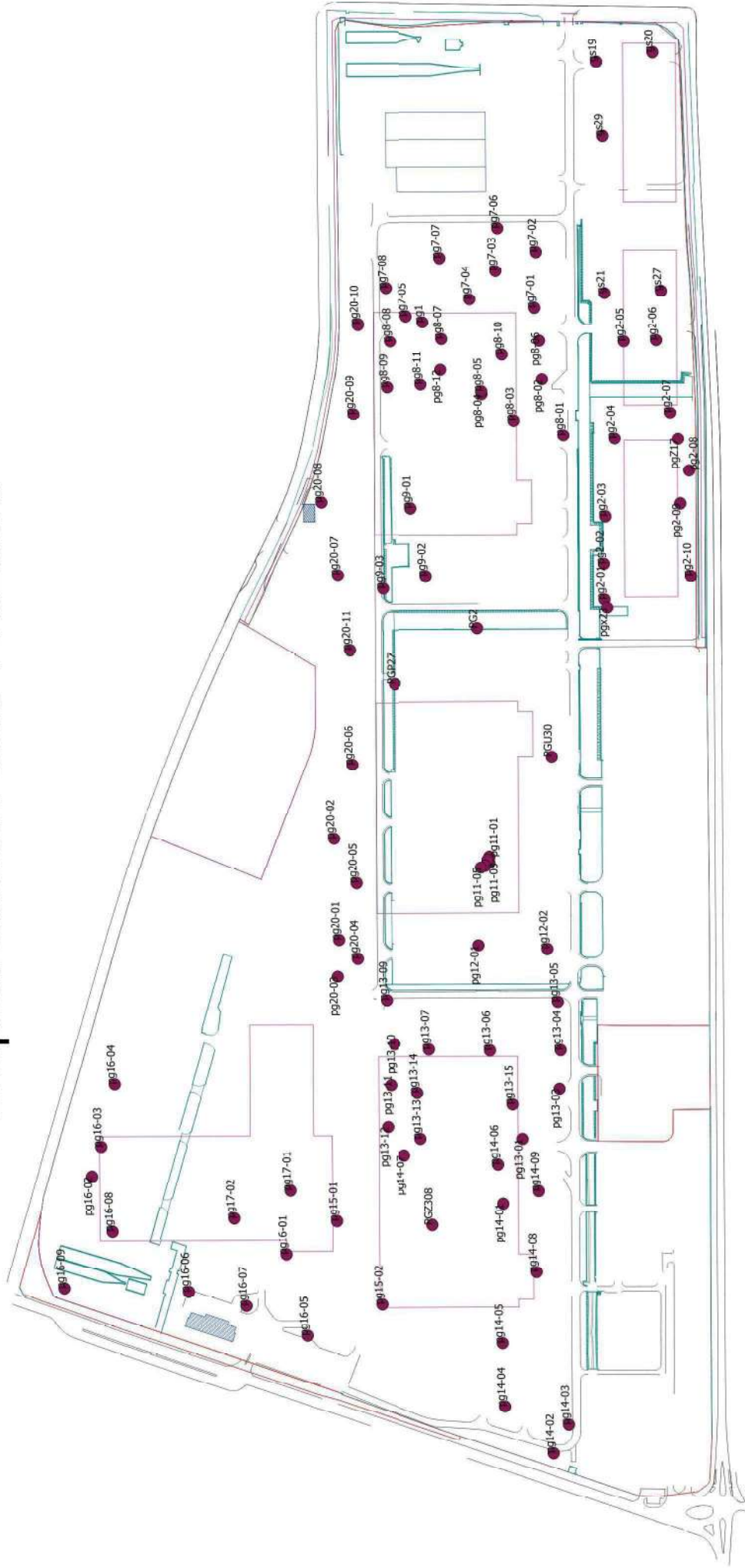




Annexe 2. Implantation des piézaires au droit du site

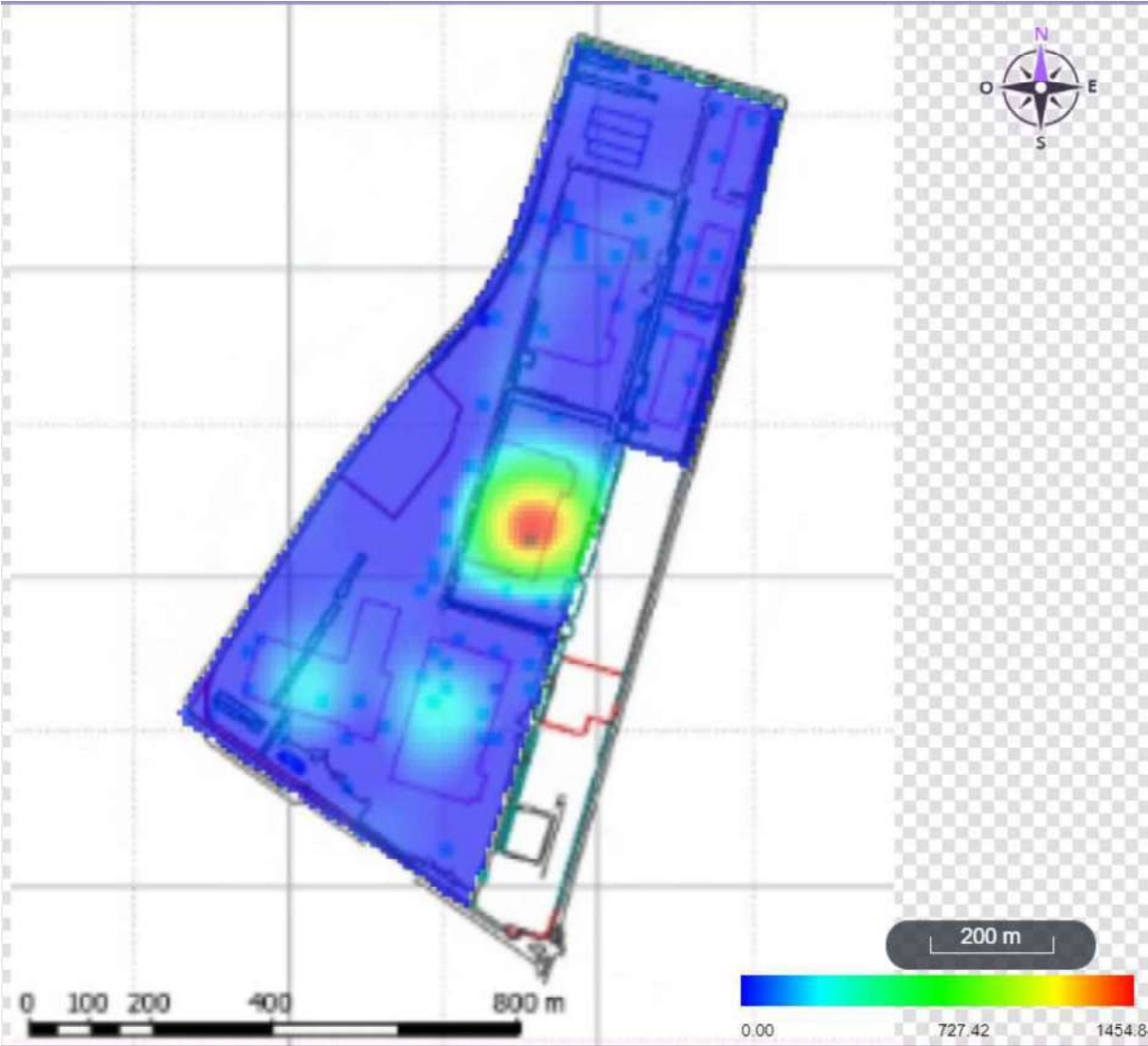
Implantation des Piézaiers



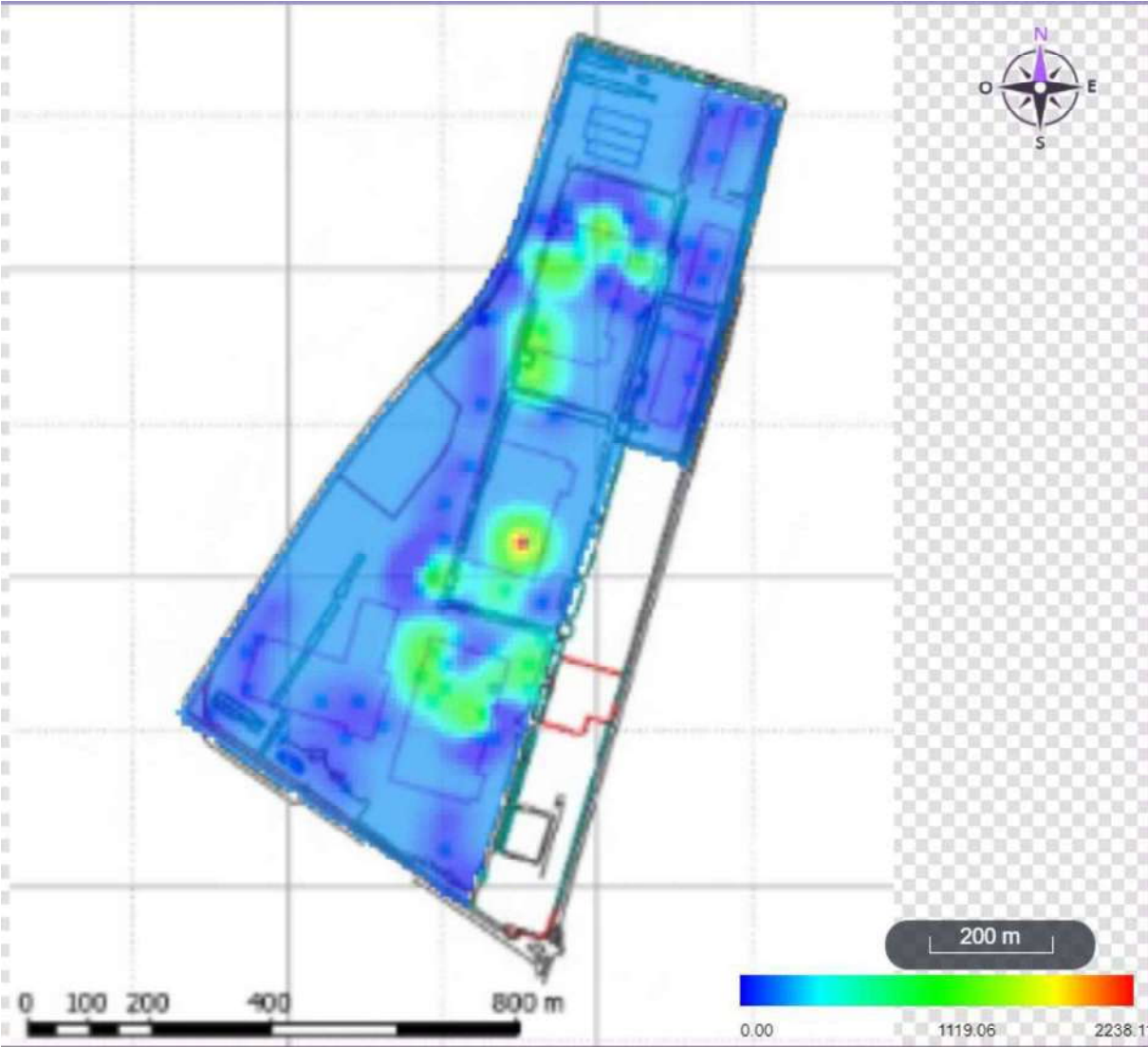


Annexe 3. Répartitions spatiales des concentrations de polluants par krigeage

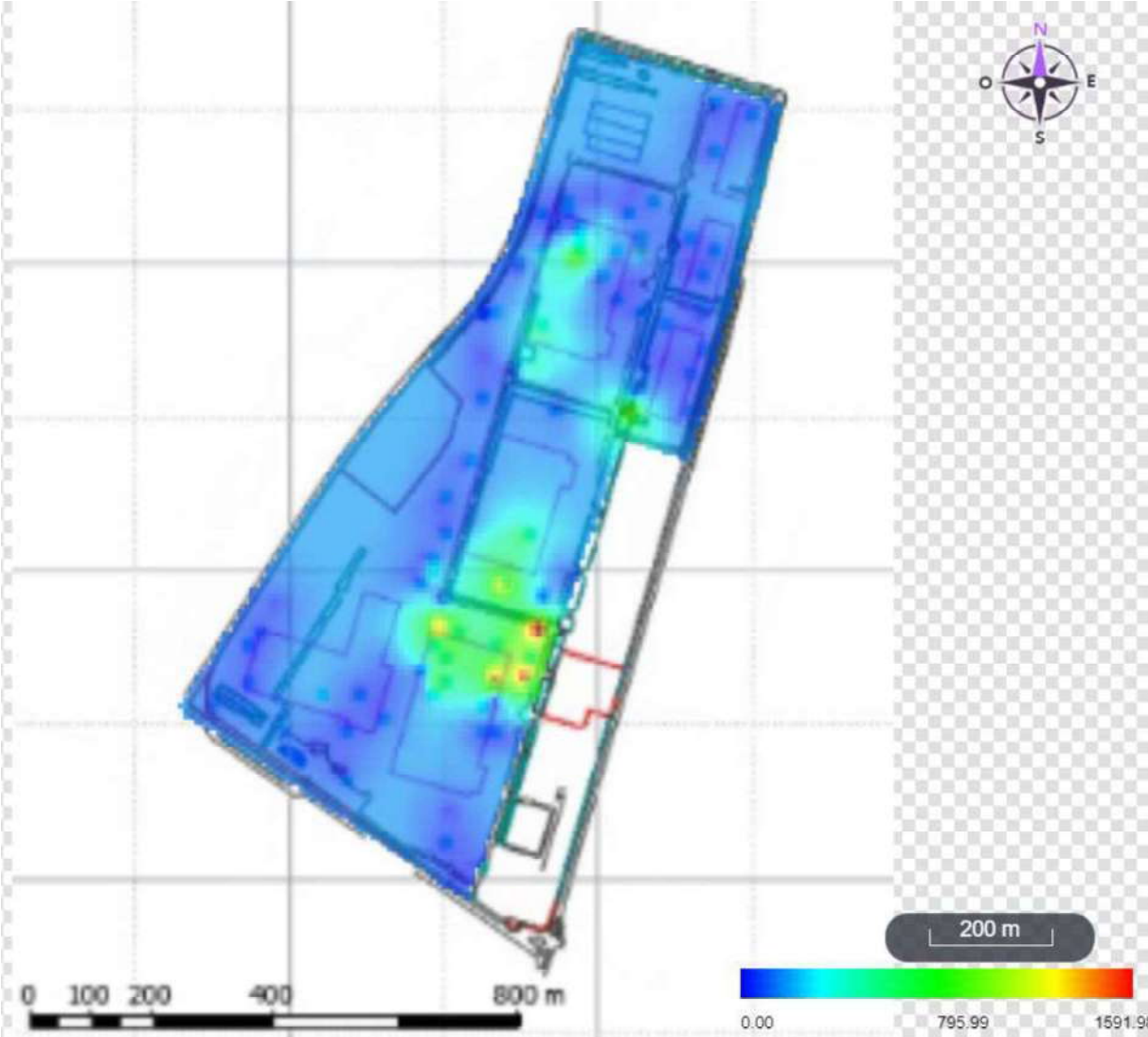
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6



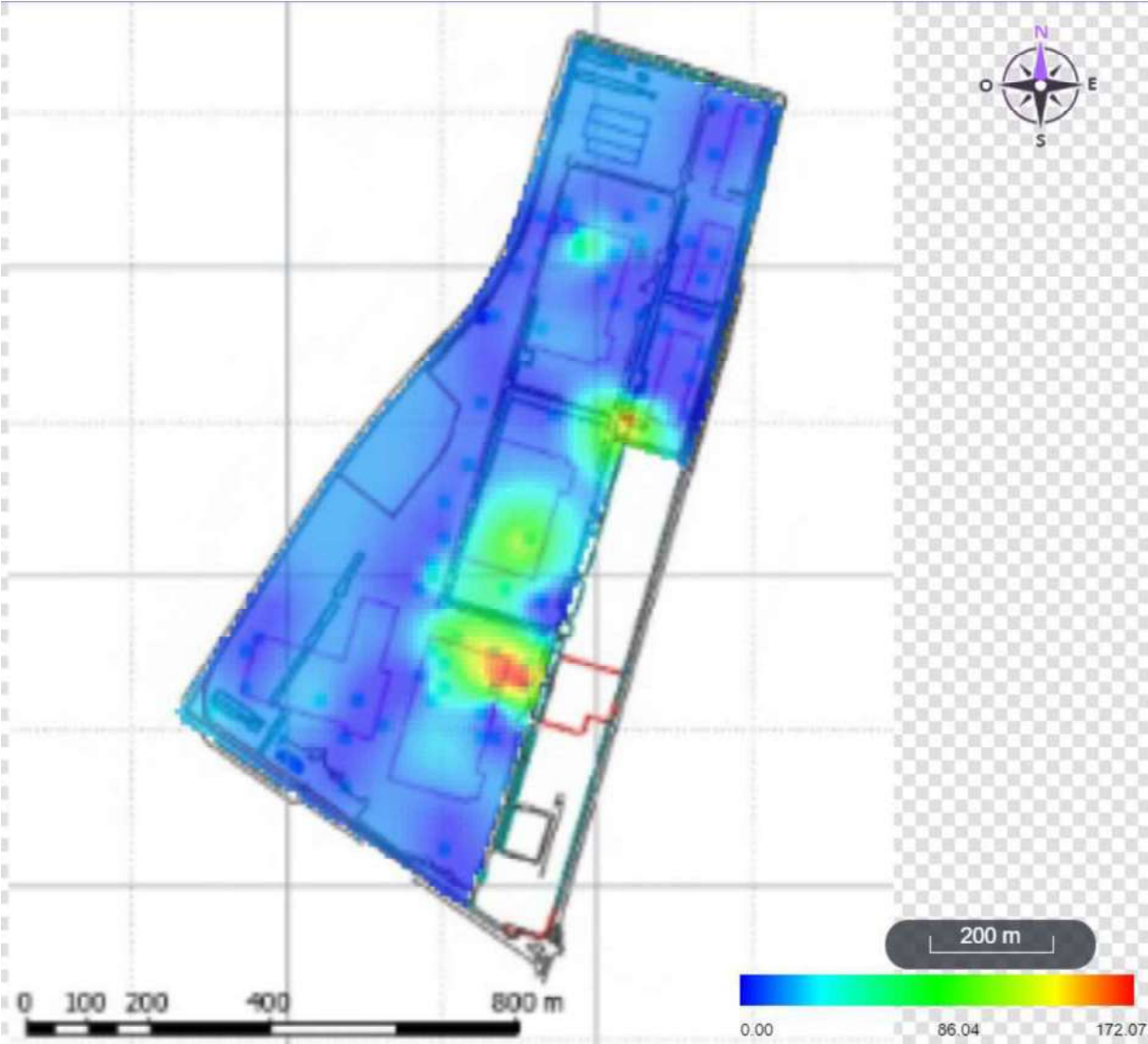
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8



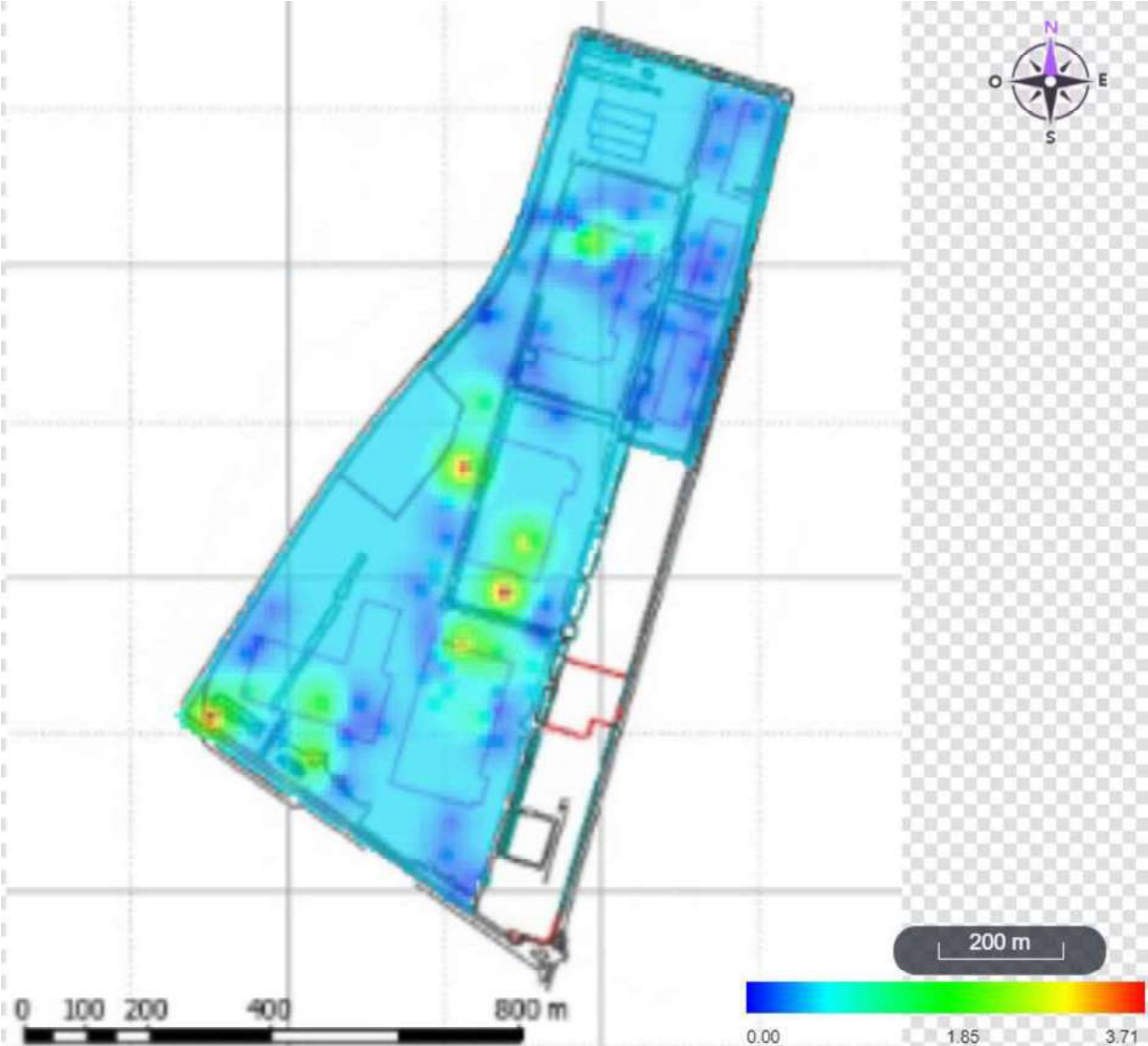
Hydrocarbures aliphatiques C8-C10



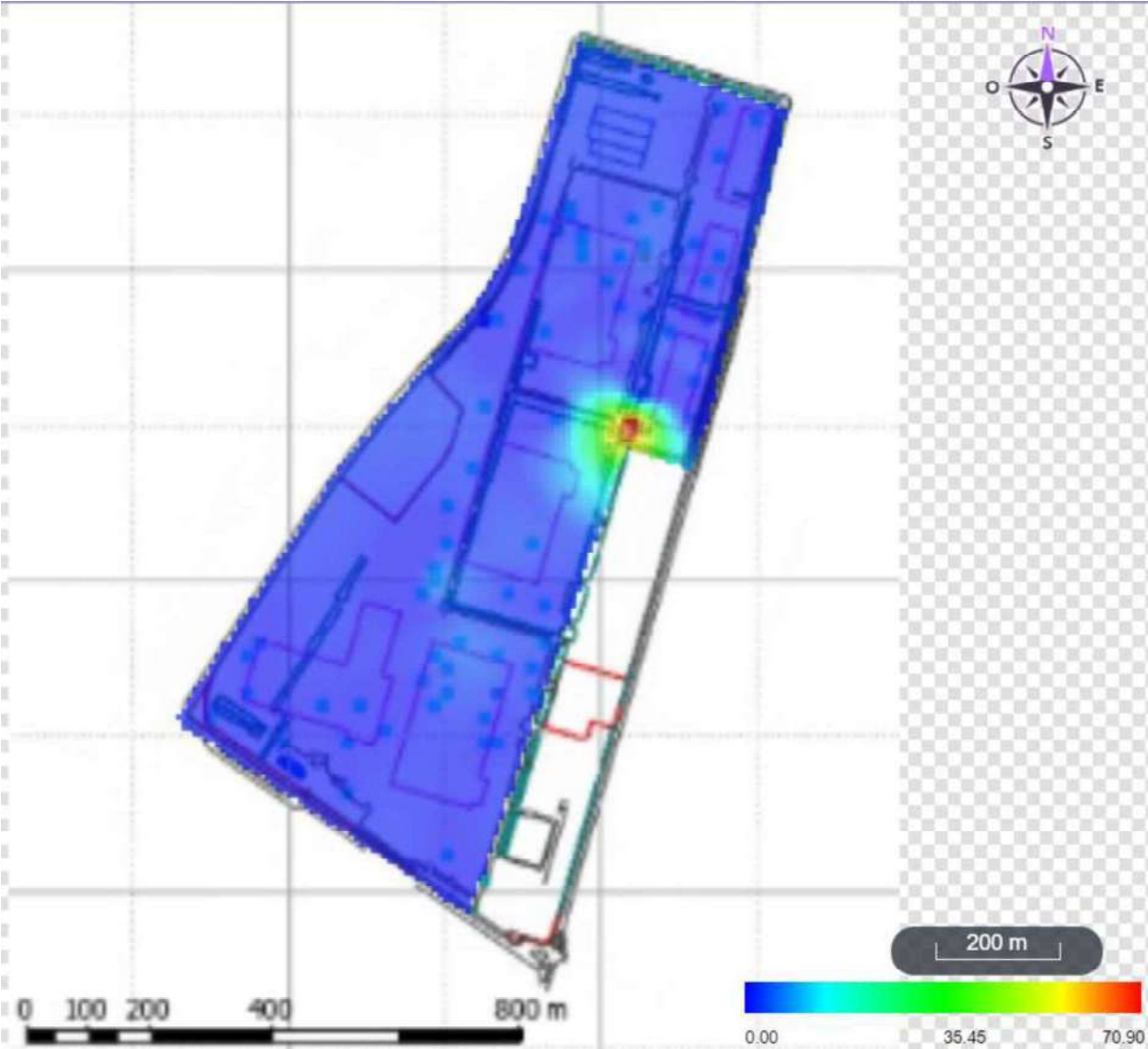
Hydrocarbures aliphatiques C10-C12



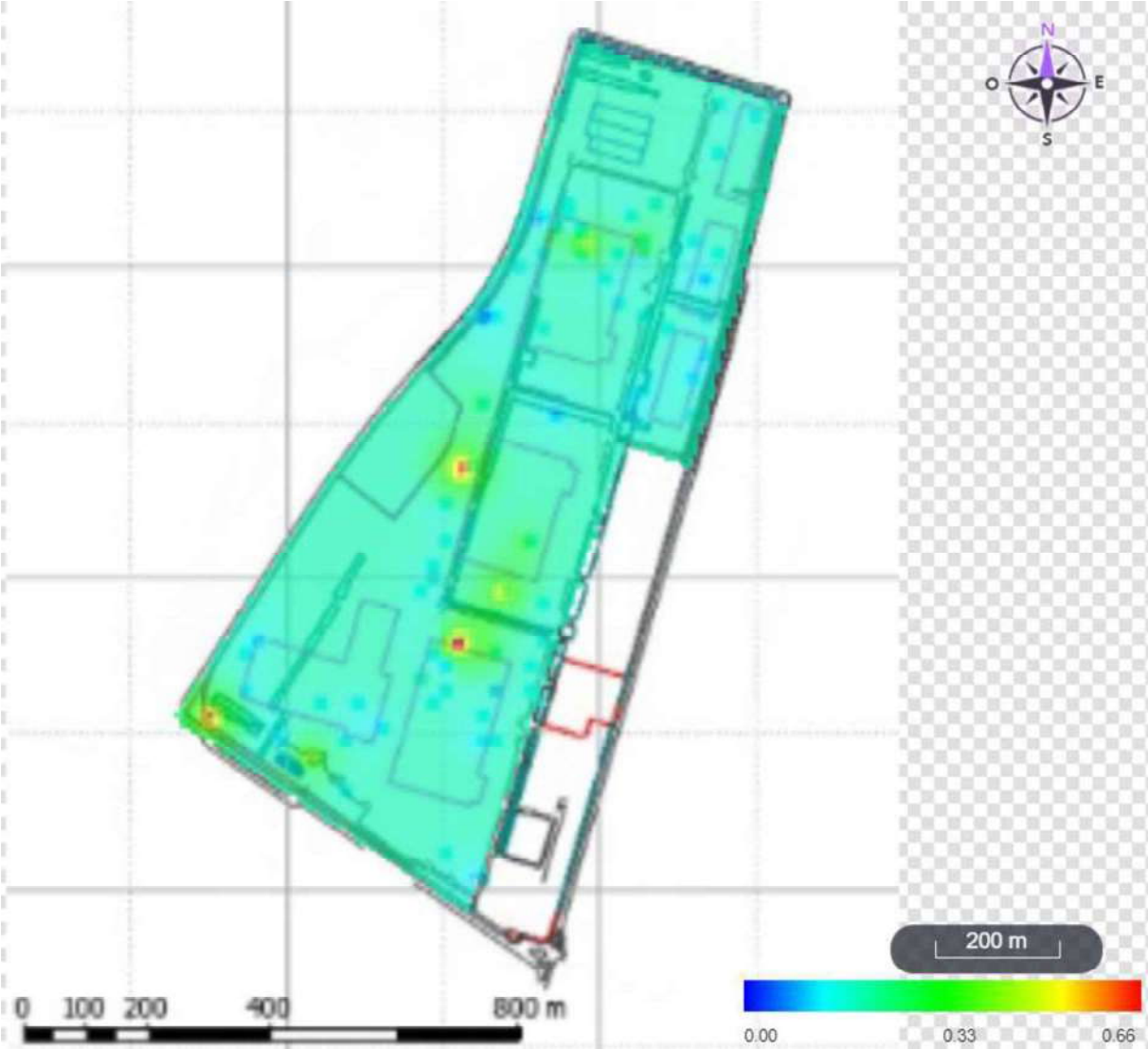
Hydrocarbures aliphatiques C12-C16



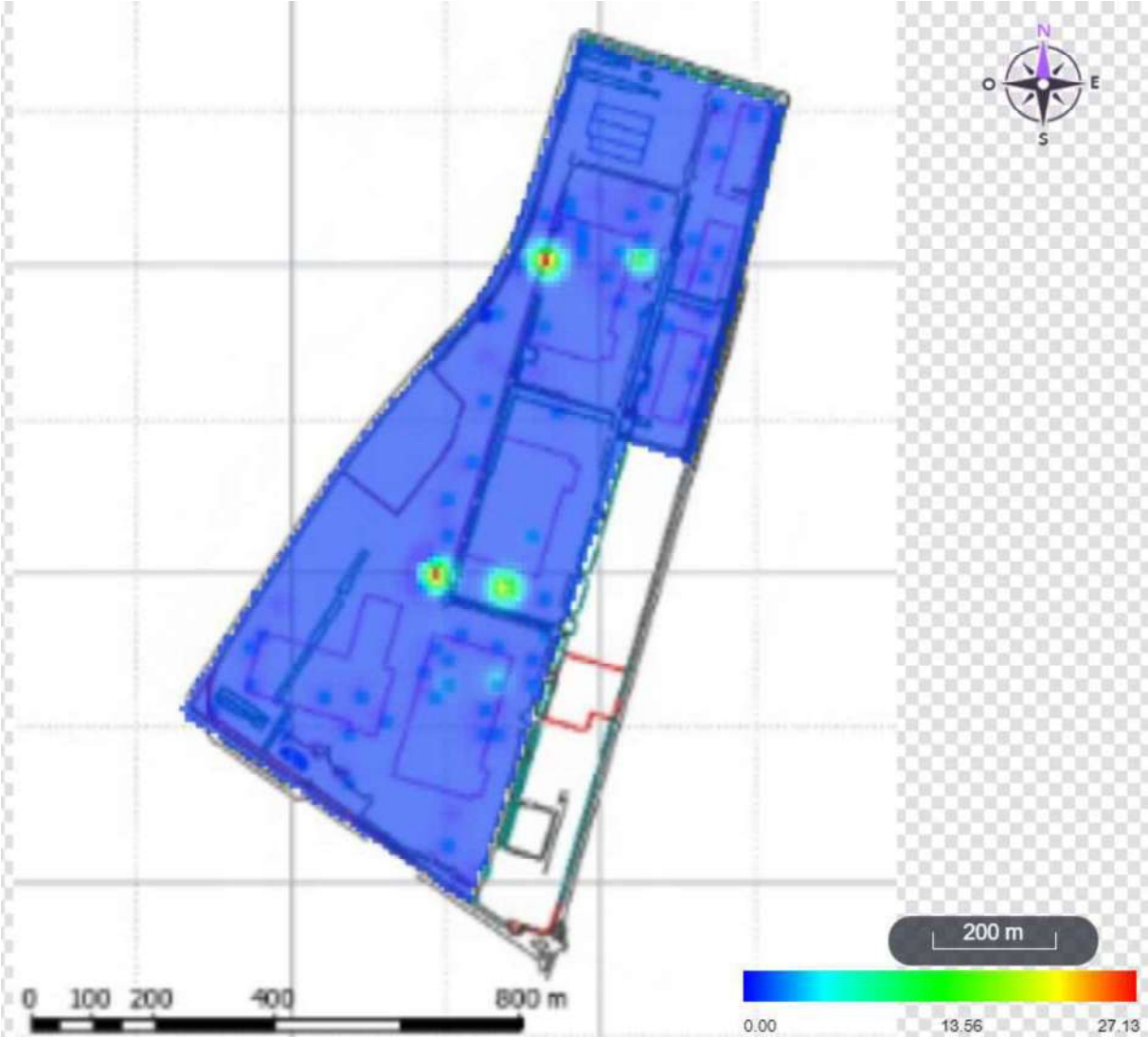
Hydrocarbures aromatiques C10-C12



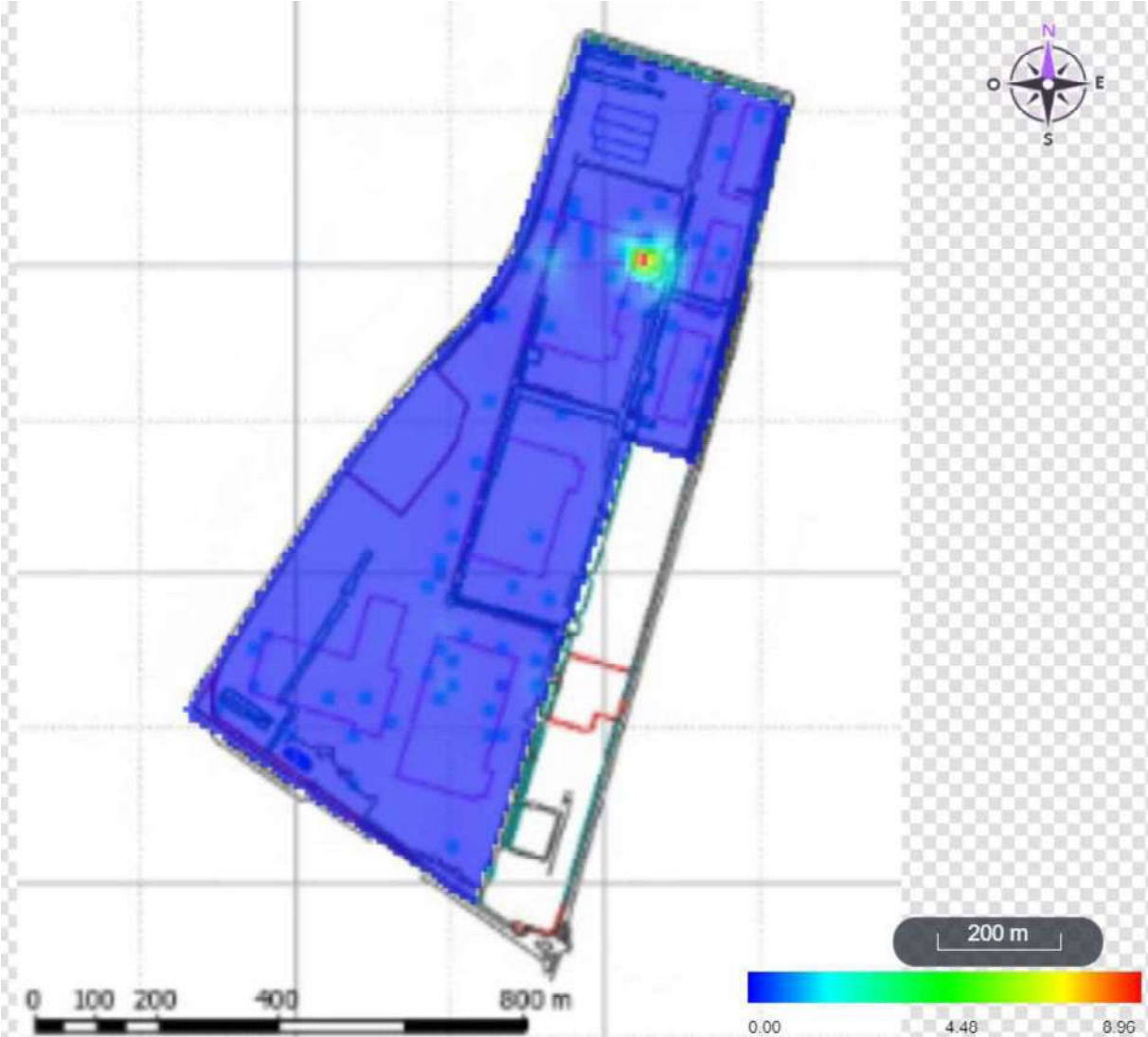
Hydrocarbures aromatiques C12-C16



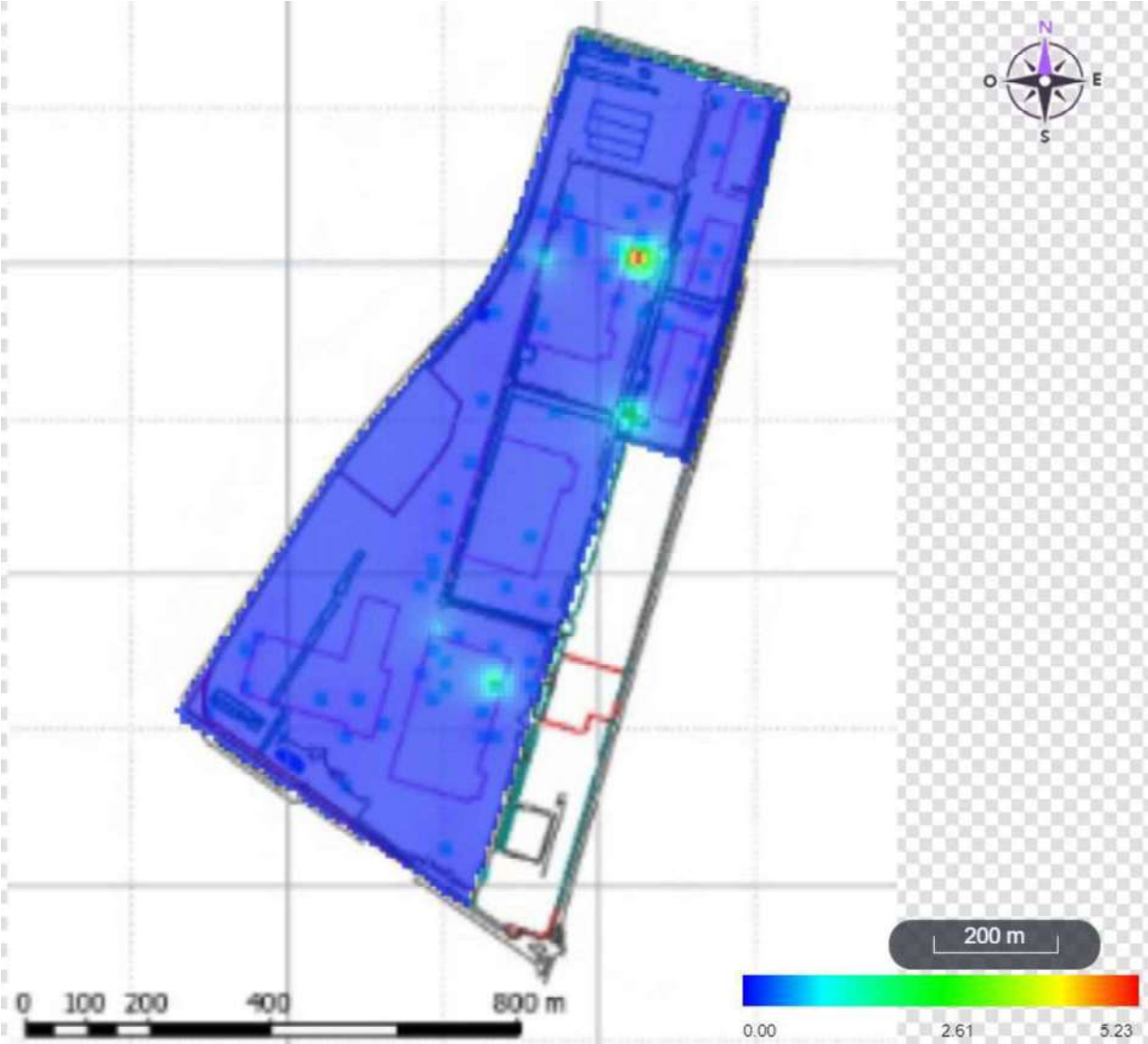
Benzène



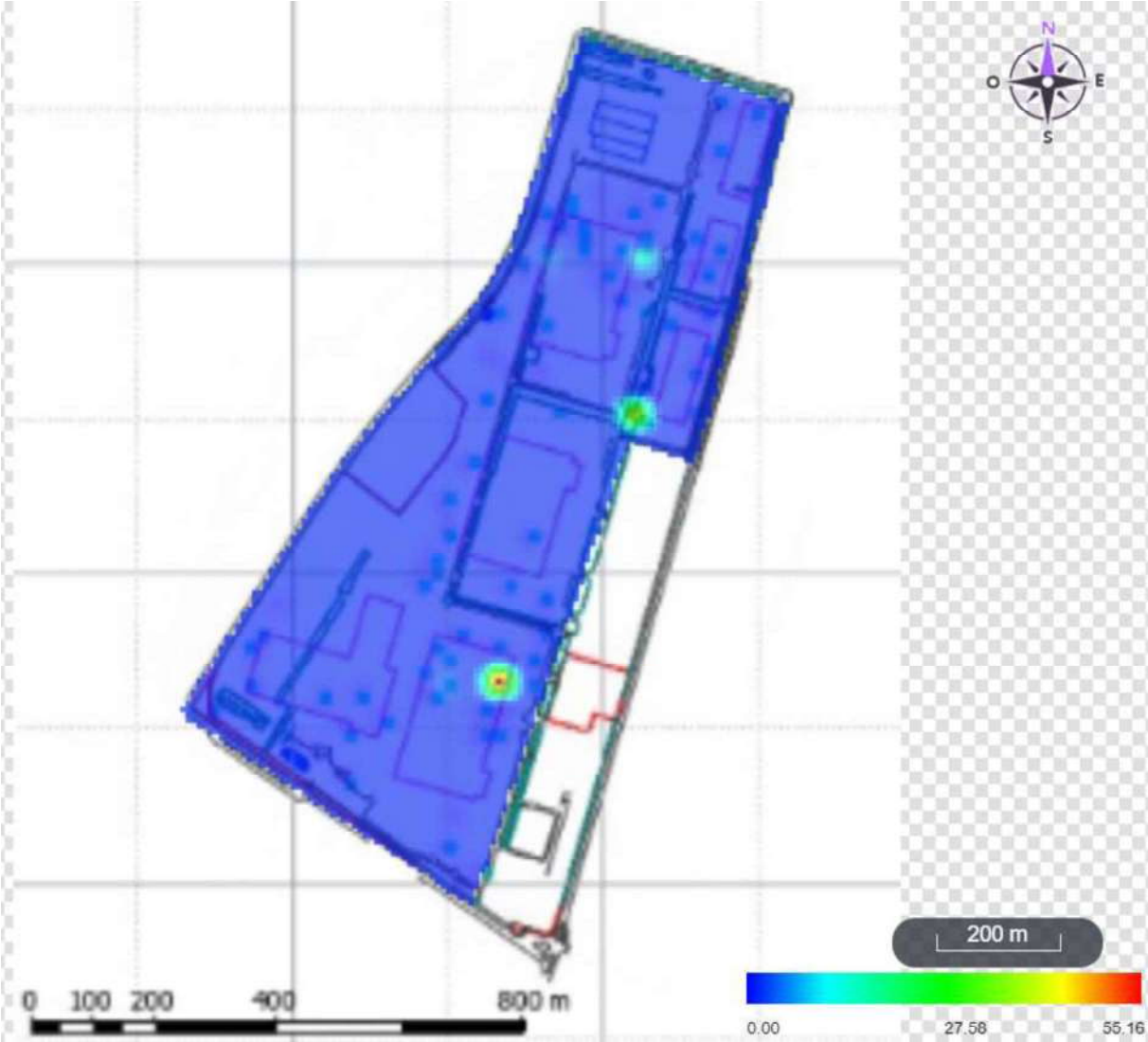
Toluène



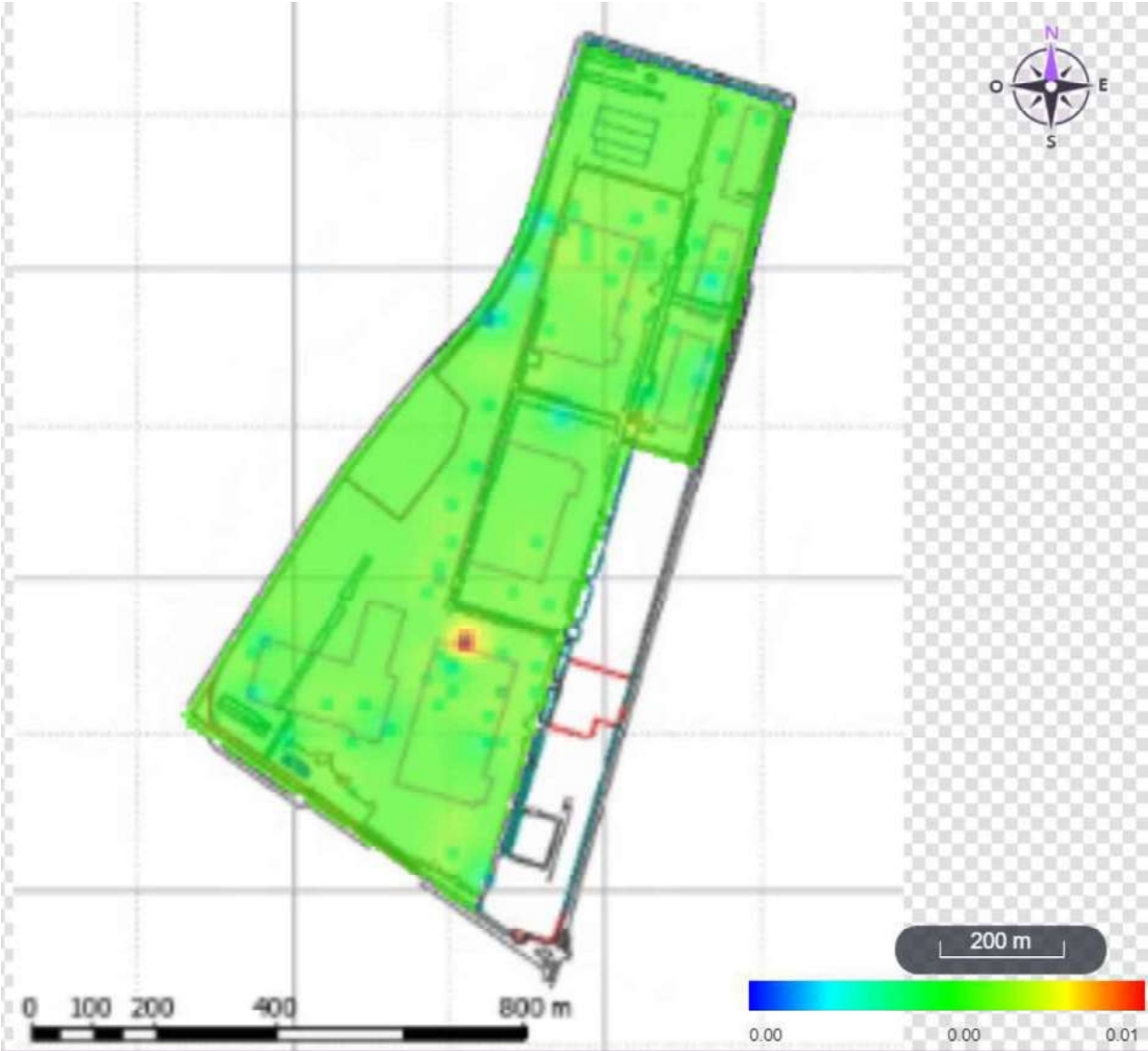
Ethylbenzène



Xylènes



Naphtalène





*Annexe 4. Concentrations Maximales Admissibles pour les bureaux
de plain-pied*

	ANCIENNE RAFFINERIE PETROPLUS PLAN DE GESTION Des parcelles AM 40 et AM 100	Page : 72/74
		Date : 24/05/2019
		N° 16B76-PLMM

Annexe 5 : Tableau de synthèse de Gaz de sols et CMA

CMA sans bureaux RDC		LOT 1										LO
		Zone 2										Zone 2 (G)
Nom ouvrage	PG2-05	PG2-06	PG2-09	GS21	GS27	Max/CMA	GS20					
Crépines	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m					
Observations												
Date	12/02/2019	12/02/2019	12/02/2019	05/03/2019	05/03/2019			05/03/2019				
Volume (L)	70,8	122,5	93,0	72,5	60,0			65,0				
Temps de prélèvement (min)	134	162	123	145	120			130				
Débit moyen (L/min)	0,528	0,756	0,756	0,500	0,500			0,500				
Unité	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³			mg/m ³				
Aliphatiques >MeC5 - C6	1,336	0,096	0,108	0,138	0,167			1,336				
Aliphatiques >C6 - C8	8,912	1,518	0,138	0,138	0,167			8,912				
Aliphatiques >C8 - C10	4,972	3,135	0,169	0,139	0,167			4,972				
Aliphatiques >C10 - C12	0,141	0,726	0,162	0,237	0,167			0,726				
Aliphatiques >C12 - C16	0,141	0,082	0,108	0,294	0,167			0,294				
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003			0,003				
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	0,011	0,007	0,009	0,011	0,013			0,013				
Aromatiques >C8 - C10	0,141	0,540	0,108	0,138	0,167			0,540				
Aromatiques >C10 - C12	0,141	0,394	0,108	0,138	0,167			0,394				
Aromatiques >C12 - C16	0,141	0,082	0,108	0,138	0,167			0,167				
Benzène	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003			0,003				
Toluène	0,011	0,007	0,009	0,011	0,013			0,013				
Ethylbenzène	0,006	0,003	0,004	0,006	0,007			0,007				
m+p-Xylène	0,006	0,021	0,004	0,006	0,007			0,021				
o-Xylène	0,003	0,006	0,002	0,003	0,003			0,006				

T 2

LOT 3

IRBOTOL)		Zone 13										Zone 14		
Max/CMA	1-2m	PG13-11	PG13-12	PG13-13	PG13-14	PG13-15	PG13-16	PG14-01	PG14-06	PG14-07				
		25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	13/02/2019	13/02/2019	14/02/2019				
		60,0	60,0	60,0	108,5	60,0	60,0	89,4	60,8	64,3				
		120	120	120	217	120	120	120	120	120				
		0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,745	0,507	0,536				
		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³				
0,154		37,167	252,333	229,500	23,226	14,583	207,333	7,260	362,829	399,689				
0,154		1366,667	1138,333	1093,333	450,691	916,667	1370,000	37,025	1350,329	733,904				
0,154		581,950	93,167	773,167	721,659	1455,000	680,000	82,998	260,090	209,953				
0,154		37,833	4,267	44,028	43,056	151,048	16,833	20,246	20,230	13,888				
0,154		0,467	0,527	0,875	0,476	0,792	0,167	0,568	1,087	0,694				
0,003		0,180	0,228	2,297	0,915	4,850	33,833	0,002	0,124	0,196				
0,012		0,090	0,140	0,325	0,113	0,029	1,170	0,009	0,013	0,012				
0,154		5,533	2,633	9,805	14,090	83,128	6,417	0,134	1,018	0,505				
0,154		2,133	0,577	2,067	2,267	2,383	1,147	0,145	1,197	0,607				
0,154		0,167	0,217	0,167	0,092	0,167	0,167	0,112	0,164	0,156				
0,003		0,180	0,228	2,297	0,915	4,850	33,833	0,002	0,124	0,196				
0,012		0,090	0,140	0,325	0,113	0,029	1,170	0,009	0,013	0,012				
0,006		0,167	0,007	0,260	0,372	2,171	0,585	0,004	0,007	0,006				
0,006		0,928	0,885	3,584	2,008	60,716	4,600	0,004	0,072	0,006				
0,003		0,164	0,308	0,410	0,167	0,127	0,222	0,002	0,019	0,014				

LOT 4												
Zone 15			Zone 16				Zone 17			Zone 11		
PG14-08	PG15-01	Max/CMA	PG16-01	PG16-03	PG16-08	PG17-01	PG17-02	Max/CMA	PG11-01			
1-2m	1-2m	1-2 m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m		1-2m			1-2m
01/03/2019	14/02/2019		14/02/2019	14/02/2019	01/03/2019	14/02/2019	01/03/2019		20/03/2019			
60,0	91,6		68,6	92,3	96,5	63,8	60,5		60,0			
120	120		128	121	193	123	121		120			
0,500	0,763		0,536	0,763	0,500	0,519	0,500		0,500			
mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³			
186,333	2,718	399,689	0,146	0,108	0,104	0,157	349,421	349,421	1510,000			
1098,333	11,463	1370,000	0,146	0,108	0,216	0,502	74,066	74,066	2310,000			
892,000	4,847	1455,000	0,146	0,108	3,606	0,266	198,347	198,347	655,000			
73,000	0,543	151,048	0,146	0,108	7,130	0,157	24,463	24,463	119,500			
2,500	0,179	2,500	0,146	0,108	1,378	0,157	2,231	2,231	2,900			
0,617	0,002	33,833	0,003	0,002	0,002	0,003	0,068	0,068	1,667			
0,020	0,009	1,170	0,012	0,009	0,008	0,013	0,013	0,013	0,063			
0,588	0,109	83,128	0,146	0,108	0,104	0,157	0,355	0,355	3,467			
1,043	0,109	2,383	0,146	0,108	0,124	0,157	0,172	0,172	2,967			
0,258	0,109	0,258	0,146	0,108	0,139	0,157	0,165	0,165	0,327			
0,617	0,002	33,833	0,003	0,002	0,002	0,003	0,068	0,068	1,667			
0,020	0,009	1,170	0,012	0,009	0,008	0,013	0,013	0,013	0,063			
0,007	0,004	2,171	0,006	0,004	0,004	0,006	0,011	0,011	0,178			
0,010	0,004	60,716	0,006	0,004	0,004	0,006	0,014	0,014	0,066			
0,024	0,002	0,410	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,075			

LOT 5

LOT 6

Zone 20

Zone 7

Zone 8

Zone 20		Zone 7					Zone 8				
PG20-01	Max/CMA	PG7-05	PG7-06	PG1	PG8-03	PG8-04	PG8-05	PG8-07	PG8-08	PG8-09	
1-2m		1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	
01/03/2019		20/03/2019	25/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	
60,0		60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	63,0	60,0	60,0	60,0	
120		120	120	120	120	120	126	120	120	120	
0,500		0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	
6,988	1510,000	0,167	2,683	0,167	13,533	0,167	13,492	31,267	0,258	183,167	
36,763	2310,000	0,167	16,250	0,167	41,500	0,167	50,317	377,167	0,932	1270,000	
22,847	655,000	0,167	25,167	0,167	43,667	0,167	38,254	376,667	4,550	353,017	
6,250	119,500	0,167	8,283	0,167	5,017	0,167	3,810	74,833	4,683	12,233	
0,520	2,900	0,167	0,315	0,167	0,167	0,167	0,159	2,700	0,978	0,338	
0,003	1,667	0,003	0,114	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003	30,083	
0,013	0,063	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	1,266	
0,167	3,467	0,167	2,683	0,167	0,167	0,167	0,159	0,853	0,208	9,850	
0,488	2,967	0,167	1,393	0,167	0,167	0,167	0,159	2,183	0,520	0,870	
0,167	0,327	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,159	0,520	0,280	0,167	
0,003	1,667	0,003	0,114	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003	30,083	
0,013	0,063	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	1,266	
0,007	0,178	0,007	0,166	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,007	1,133	
0,007	0,066	0,007	0,665	0,007	0,007	0,007	0,006	0,014	0,007	4,217	
0,003	0,075	0,003	0,021	0,003	0,003	0,003	0,003	0,047	0,003	0,815	

				Zone 9		
PG8-10	PG8-12	PG8-13	PG9-01	Max/CMA		
1-2m	1-2m	1-2m	1-2m			
25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	20/03/2019			
60,0	60,0	65,0	60,5			
120	120	130	121			
0,500	0,500	0,500	0,500			
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³			mg/m ³
25,233	37,667	0,708	62,810			183,167
141,938	1038,333	18,154	1375,207			1375,207
87,167	960,000	26,000	554,281			960,000
6,967	25,000	2,323	17,190			74,833
0,167	0,278	0,231	0,225			2,700
0,161	0,307	0,003	0,003			30,083
0,027	0,037	0,012	0,013			1,266
1,950	4,902	0,248	0,274			9,850
0,578	1,345	0,182	0,545			2,183
0,167	0,167	0,154	0,175			0,520
0,161	0,307	0,003	0,003			30,083
0,027	0,037	0,012	0,013			1,266
0,125	0,138	0,006	0,007			1,133
0,567	1,177	0,006	0,007			4,217
0,045	0,146	0,003	0,003			0,815

CMA avec bureaux RDC

LOT 1

LO

Zone 2

Zone 2 (G)

Nom ouvrage	PG2-05	PG2-06	PG2-09	GS21	GS27	Max/CMA	GS20
	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m
Crépines							
Observations							
Date	12/02/2019	12/02/2019	12/02/2019	05/03/2019	05/03/2019		05/03/2019
Volume (L)	70,8	122,5	93,0	72,5	60,0		65,0
Temps de prélèvement (min)	134	162	123	145	120		130
Débit moyen (L/min)	0,528	0,756	0,756	0,500	0,500		0,500
Unité	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Aliphatiques >MeC5 - C6	1,336	0,096	0,108	0,138	0,167	1,336	0,154
Aliphatiques >C6 - C8	8,912	1,518	0,138	0,138	0,167	8,912	0,154
Aliphatiques >C8 - C10	4,972	3,135	0,169	0,139	0,167	4,972	0,154
Aliphatiques >C10 - C12	0,141	0,726	0,162	0,237	0,167	0,726	0,154
Aliphatiques >C12 - C16	0,141	0,082	0,108	0,294	0,167	0,294	0,154
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	0,011	0,007	0,009	0,011	0,013	0,013	0,012
Aromatiques >C8 - C10	0,141	0,540	0,108	0,138	0,167	0,540	0,154
Aromatiques >C10 - C12	0,141	0,394	0,108	0,138	0,167	0,394	0,154
Aromatiques >C12 - C16	0,141	0,082	0,108	0,138	0,167	0,167	0,154
Benzène	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Toluène	0,011	0,007	0,009	0,011	0,013	0,013	0,012
Ethylbenzène	0,006	0,003	0,004	0,006	0,007	0,007	0,006
m+p-Xylène	0,006	0,021	0,004	0,006	0,007	0,021	0,006
o-Xylène	0,003	0,006	0,002	0,003	0,003	0,006	0,003

T 2

LOT 3

IRBOTOL)

Zone 13

Zone 14

	PG13-11	PG13-12	PG13-13	PG13-14	PG13-15	PG14-01	PG14-06	PG14-07	PG14-08
Max/CMA									
1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m
	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	13/02/2019	13/02/2019	14/02/2019	01/03/2019
	60,0	60,0	60,0	108,5	60,0	89,4	60,8	64,3	60,0
	120	120	120	217	120	120	120	120	120
	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,745	0,507	0,536	0,500
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
0,154	37,167	252,333	229,500	23,226	14,583	7,260	362,829	399,689	186,333
0,154	1366,667	1138,333	1093,333	450,691	916,667	37,025	1350,329	733,904	1098,333
0,154	581,950	93,167	773,167	721,659	1455,000	82,998	260,090	209,953	892,000
0,154	37,833	4,267	44,028	43,056	151,048	20,246	20,230	13,888	73,000
0,154	0,467	0,527	0,875	0,476	0,792	0,568	1,087	0,694	2,500
0,003	0,180	0,228	2,297	0,915	4,850	0,002	0,124	0,196	0,617
0,012	0,090	0,140	0,325	0,113	0,029	0,009	0,013	0,012	0,020
0,154	5,533	2,633	9,805	14,090	83,128	0,134	1,018	0,505	0,588
0,154	2,133	0,577	2,067	2,267	2,383	0,145	1,197	0,607	1,043
0,154	0,167	0,217	0,167	0,092	0,167	0,112	0,164	0,156	0,258
0,003	0,180	0,228	2,297	0,915	4,850	0,002	0,124	0,196	0,617
0,012	0,090	0,140	0,325	0,113	0,029	0,009	0,013	0,012	0,020
0,006	0,167	0,007	0,260	0,372	2,171	0,004	0,007	0,006	0,007
0,006	0,928	0,885	3,584	2,008	60,716	0,004	0,072	0,006	0,010
0,003	0,164	0,308	0,410	0,167	0,127	0,002	0,019	0,014	0,024

LOT 4										LOT 5	
Zone 15		Zone 16				Zone 17			Zone 11	Zone 20	
PG15-01	Max/CMA	PG16-01	PG16-03	PG16-08	PG17-01	PG17-02	Max/CMA	PG11-01	PG20-01		
1-2m	1-2 m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m		1-2m	1-2m		
14/02/2019		14/02/2019	14/02/2019	01/03/2019	14/02/2019	01/03/2019		20/03/2019	01/03/2019		
91,6		68,6	92,3	96,5	63,8	60,5		60,0	60,0		
120		128	121	193	123	121		120	120		
0,763		0,536	0,763	0,500	0,519	0,500		0,500	0,500		
mg/m ³		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³	mg/m ³		
2,718	399,689	0,146	0,108	0,104	0,157	349,421	349,421	1510,000	6,988		
11,463	1366,667	0,146	0,108	0,216	0,502	74,066	74,066	2310,000	36,763		
4,847	1455,000	0,146	0,108	3,606	0,266	198,347	198,347	655,000	22,847		
0,543	151,048	0,146	0,108	7,130	0,157	24,463	24,463	119,500	6,250		
0,179	2,500	0,146	0,108	1,378	0,157	2,231	2,231	2,900	0,520		
0,002	4,850	0,003	0,002	0,002	0,003	0,068	0,068	1,667	0,003		
0,009	0,325	0,012	0,009	0,008	0,013	0,013	0,013	0,063	0,013		
0,109	83,128	0,146	0,108	0,104	0,157	0,355	0,355	3,467	0,167		
0,109	2,383	0,146	0,108	0,124	0,157	0,172	0,172	2,967	0,488		
0,109	0,258	0,146	0,108	0,139	0,157	0,165	0,165	0,327	0,167		
0,002	4,850	0,003	0,002	0,002	0,003	0,068	0,068	1,667	0,003		
0,009	0,325	0,012	0,009	0,008	0,013	0,013	0,013	0,063	0,013		
0,004	2,171	0,006	0,004	0,004	0,006	0,011	0,011	0,178	0,007		
0,004	60,716	0,006	0,004	0,004	0,006	0,014	0,014	0,066	0,007		
0,002	0,410	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,075	0,003		

LOT 6

Zone 8

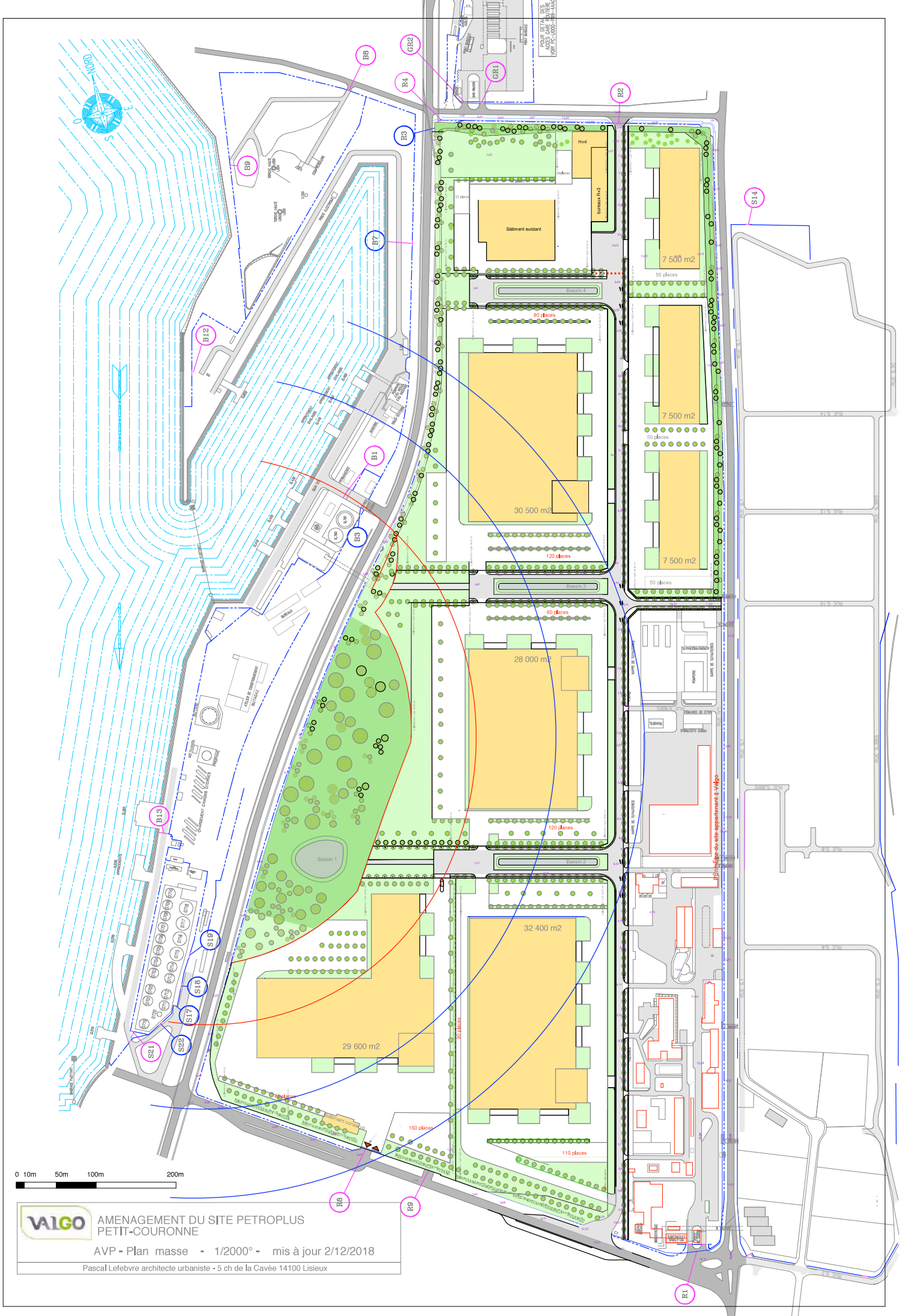
Zone 7

Max/CMA	Zone 7						Zone 8					
	PG7-05	PG7-06	PG1	PG8-03	PG8-04	PG8-05	PG8-07	PG8-08	PG8-10	PG8-12		
	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m		
	20/03/2019	25/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019	25/03/2019		
	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	63,0	60,0	60,0	60,0	60,0		
	120	120	120	120	120	126	120	120	120	120		
	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500		
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		
1510,000	0,167	2,683	0,167	13,533	0,167	13,492	31,267	0,258	25,233	37,667		
2310,000	0,167	16,250	0,167	41,500	0,167	50,317	377,167	0,932	141,938	1038,333		
655,000	0,167	25,167	0,167	43,667	0,167	38,254	376,667	4,550	87,167	960,000		
119,500	0,167	8,283	0,167	5,017	0,167	3,810	74,833	4,683	6,967	25,000		
2,900	0,167	0,315	0,167	0,167	0,167	0,159	2,700	0,978	0,167	0,278		
1,667	0,003	0,114	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003	0,161	0,307		
0,063	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,027	0,037		
3,467	0,167	2,683	0,167	0,167	0,167	0,159	0,853	0,208	1,950	4,902		
2,967	0,167	1,393	0,167	0,167	0,167	0,159	2,183	0,520	0,578	1,345		
0,327	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,159	0,520	0,280	0,167	0,167		
1,667	0,003	0,114	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003	0,161	0,307		
0,063	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,027	0,037		
0,178	0,007	0,166	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,007	0,125	0,138		
0,066	0,007	0,665	0,007	0,007	0,007	0,006	0,014	0,007	0,567	1,177		
0,075	0,003	0,021	0,003	0,003	0,003	0,003	0,047	0,003	0,045	0,146		

		Zone 9		
PG8-13	PG9-01			Max/CMA
1-2m	1-2m			
25/03/2019	20/03/2019			
65,0	60,5			
130	121			
0,500	0,500			
mg/m ³	mg/m ³			mg/m ³
0,708	62,810			62,810
18,154	1375,207			1375,207
26,000	554,281			960,000
2,323	17,190			74,833
0,231	0,225			2,700
0,003	0,003			0,307
0,012	0,013			0,037
0,248	0,274			4,902
0,182	0,545			2,183
0,154	0,175			0,520
0,003	0,003			0,307
0,012	0,013			0,037
0,006	0,007			0,166
0,006	0,007			1,177
0,003	0,003			0,146

	ANCIENNE RAFFINERIE PETROPLUS PLAN DE GESTION Des parcelles AM 40 et AM 100	Page : 73/74
		Date : 24/05/2019
		N° 16B76-PLMM

Annexe 6 : Plan d'aménagement du site



0 10m 50m 100m 200m



AMENAGEMENT DU SITE PETROPLUS
PETIT-COURONNE

AVP - Plan masse - 1/2000° - mis à jour 2/12/2018

Pascal Lefebvre architecte urbaniste - 5 ch de la Cavée 14100 Lisieux

PROJET DE
ACCESS LAURE BUTTE
CORP PC-0005-2018-1414

Principale site appartenant à Valgo



Annexe 7 : Note HYDROTEX



VALORISATION DE SITES



VALGO

Pôle d'Innovation des Couronnes

Note Technique

Outil HYDROTEX

VALGO - Pôle d'Innovation des Couronnes 72, rue Aristide Briand, 76650, Petit Couronne, www.valgo.fr				
Date 05/05/2018	Version 1	Rédaction : Jasmin CHRISTIN	Vérification : Valérie LOUBES	Approbation : Eric BRANQUET

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
2. CONDITIONS D'UTILISATION DE L'OUTIL HYDROTEX.....	5
3. PRESENTION DES ETAPES DE L'OUTIL HYDROTEX.....	7
3.1. ETAPE 1 : CALCUL DE LA CONCENTRATION DANS L'EAU DES TERRES D'APPORT	7
3.2. ETAPE 2 : PRISE EN COMPTE DE LA DILUTION DANS LA NAPPE	10
3.3. ETAPE 3 : PRISE EN COMPTE DE LA DILUTION DANS LA NAPPE	11
3.4. LIMITES DU MODELE / ANALYSE DE SENSIBILITE.....	12
4. CONTEXTE.....	15
4.1. GEOLOGIQUE.....	15
4.2. HYDROGEOLOGIE.....	15
5. APPLICATION DE L'OUTIL HYDROTEX	16
5.1. RESULTATS POUR LES TERRES D'APPORT DE RUE DE CONSTANTINE.....	16
5.2. RESULTATS POUR LES TERRES D'APPORT DE PETIT-QUEVILLY.....	17
5.3. RESULTATS POUR LES TERRES D'APPORT DE FONTENAY-LES-ROSES.....	17
5.4. RESULTATS POUR LES TERRES D'APPORT DE LA LIGNE 11	18
5.5. RESULTATS POUR LES TERRES D'APPORT D'ALFORTVILLE	19
6. CONCLUSION	20
7. BIBLIOGRAPHIES	22
8. ANNEXES	23

LISTE DES FIGURES :

FIGURE 1 : LOCALISATION DES PHENOMENES PRIS EN COMPTE LORS DE L'ETAPE 1 (RAPPORT BRGM-RP-60227-FR, 2018) 7

FIGURE 2 : LOCALISATION DES PHENOMENES PRIS EN COMPTE LORS DE L'ETAPE 2 (RAPPORT BRGM-RP-60227-FR, 2018)..... 10

FIGURE 3 : LOCALISATION DES PHENOMENES PRIS EN COMPTE LORS DE L'ETAPE 3 (RAPPORT BRGM-RP-60227-FR, 2018)..... 12

FIGURE 4 : DIAGRAMME DE LA GEOLOGIE LOCALE (SOURCE : RAPPORT ANTEA 2014)..... 15

LISTE DES TABLEAUX :

TABLEAU 1 : CRITERES D'ACCEPTATION DE DECHETS INERTES ET CRITERES MULTIPLIES PAR 3, EXPRIMES EN MG/KG DE MS ET PAR MG/L 6

TABLEAU 2 : CONCENTRATION CIBLE ENVISAGEE SELON LE SCENARIO CEREMA TYPE 1 OU LA DEROGATION ISDI X3 8

TABLEAU 3 : CONCENTRATION DES DIFFERENTS COMPOSES ETUDIES DANS LA NAPPE ALLUVIALE AU DROIT DU SITE 8

TABLEAU 4 : CONCENTRATIONS MAXIMALES MESUREES DANS LES ELUATS DES DIFFERENTES TERRES D'APPORT 9

TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS MAXIMALES CALCULEES POUR CHAQUE ELEMENT TESTE EN FONCTION DE LA PLUVIOMETRIE EFFICACE13 13

TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS MAXIMALES CALCULEES PERMETTANT L'ACCEPTATION DE TERRES D'APPORT 14

TABLEAU 7 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS OBTENUES SUR LES ELUATS DES TERRES D'APPORT AVEC LES VALEURS SEUILS POUR LA RUE DE CONSTANTINE 16

TABLEAU 8 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS OBTENUES SUR LES ELUATS DES TERRES D'APPORT AVEC LES VALEURS SEUILS POUR DU PETIT-QUEVILLY 17

TABLEAU 9 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS OBTENUES SUR LES ELUATS DES TERRES D'APPORT AVEC LES VALEURS SEUILS POUR LES TERRES DE FONTENAY-LES-ROSES 18

TABLEAU 10 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS OBTENUES SUR LES ELUATS DES TERRES D'APPORT AVEC LES VALEURS SEUILS POUR LA LIGNE DE METRO 11 19

TABLEAU 11 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS OBTENUES SUR LES ELUATS DES TERRES D'APPORT AVEC LES VALEURS SEUILS POUR LE SITE D'ALFORTVILLE 20

TABLEAU 12 : RECAPITULATIF DES SEUILS D'ADMISSIBILITES DE TERRES D'APPORT 21

1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet de remblaiement l'outil HYDROTEX mis en place par le BRGM a été mis en œuvre afin de déterminer les possibilités d'acceptation de terres excavées provenant de différents sites. La méthodologie d'utilisation de l'outil HYDROTEX est celle exposée dans le guide BRGM ayant la référence BRGM/RP-60227-FR (décembre 2018).

Le domaine d'application de l'outil HYDROTEX concerne la réutilisation potentielle hors site de terres excavées dans deux scénari, en technique routière ou dans des projets d'aménagement. L'opération conduite sur l'ancienne raffinerie localisée à Petit Couronne appartient au second cas de figure.

L'intérêt de cet outil est qu'il prend en compte les caractéristiques :

- De la zone de réutilisation des terres excavées (dimension, type de matériau, ..),
- Du milieu de transfert,
- Des cibles à protéger (captage d'alimentation d'eau potable, industrielle, ...).

La démarche comprend potentiellement trois étapes, présentées dans les trois onglets de la feuille de calcul HYDORTEX proposée par le BRGM. Elles permettent de prendre en compte successivement différents phénomènes, y compris ceux liés à l'atténuation des concentrations qui peut s'opérer au sein de la zone saturée. La démarche est progressive et itérative du fait qu'elle intègre les résultats issus des étapes précédentes.

2. CONDITIONS D'UTILISATION DE L'OUTIL HYDROTEX

D'après le guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (Novembre 2017), les mouvements de terres vers un site receveur sont possibles sous certaines conditions.

Nous considérerons dans le cas de l'application de l'outil HYDROTEX pour les remblaiements par des matériaux extérieurs à l'ancienne raffinerie de Petit Couronne, que l'état de la qualité des terres n'est pas un enjeu compte tenu des concentrations résiduelles en hydrocarbures à l'issue des travaux de réhabilitation, d'une part, et que les enjeux sanitaires ont été pris en compte à travers les analyses des risques conduites en fonction des usages futurs identifiés sur les différentes parcelles composant l'ancienne raffinerie, d'autre part.

Aussi, l'outil HYDROTEX sera mis en application dans le cas de l'étude de la préservation de la ressource eau, intitulée condition B dans la note HYDROTEX. Il s'agit d'évaluer les éventuels impacts sur les eaux du fait de l'apport de terres de remblaiement, et spécifiquement en analysant la situation pour les éléments listés dans l'arrêté du 12 décembre 2014, c'est-à-dire l'Arsenic, le Baryum, le Cadmium, le Chrome total, le Cuivre, le Mercure, le Molybdène, le Nickel, le Plomb, l'Antimoine, le Sélénium, le Zinc, les chlorures (ions Cl^-), les fluorures (ions F^-), et les sulfates (ions SO_4^{2-}), à l'exception de la fraction soluble, le COT et l'indice phénol.

L'outil HYDROTEX sera utilisé dans le cas où les concentrations dans les éluats de lixiviation des terres d'apport dépassent les valeurs limites correspondant aux seuils ISDI multipliés par trois, conformément à la dérogation reçue.

	Seuil ISDI (mg/kg MS)	Seuil ISDI x3 (mg/kg MS)	Seuil ISDI x3 (mg/l)
Arsenic (As)	0,5	1,5	0,15
Cadmium (Cd)	0,04	0,12	0,012
Chrome (Cr)	0,5	1,5	0,15
Cuivre (Cu)	2	6	0,6
Nickel (Ni)	0,4	1,2	0,12
Plomb (Pb)	0,5	1,5	0,15
Sélénium (Se)	0,1	0,3	0,03
Zinc (Zn)	4	12	1,2
Mercure (Hg)	0,01	0,03	0,003
Baryum (Ba)	20	60	6
Molybdène (Mo)	0,5	1,5	0,15
Antimoine (Sb)	0,06	0,18	0,018
Chlorures (Cl ⁻)	800	2400	240
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	1000	3000	300
Fluorures (F ⁻)	10	30	3

Tableau 1 : Critères d'acceptation de déchets inertes et critères multipliés par 3, exprimés en mg/kg de MS et par mg/l

3. PRESENTION DES ETAPES DE L'OUTIL HYDROTEX

3.1. Etape 1 : Calcul de la concentration dans l'eau des terres d'apport

Cette étape permet le calcul de la concentration dans l'eau des terres d'apport à partir de la concentration mesurée dans l'éluât lors d'un essai de lixiviation avec un rapport Liquide/Solide de 10 L/kg.

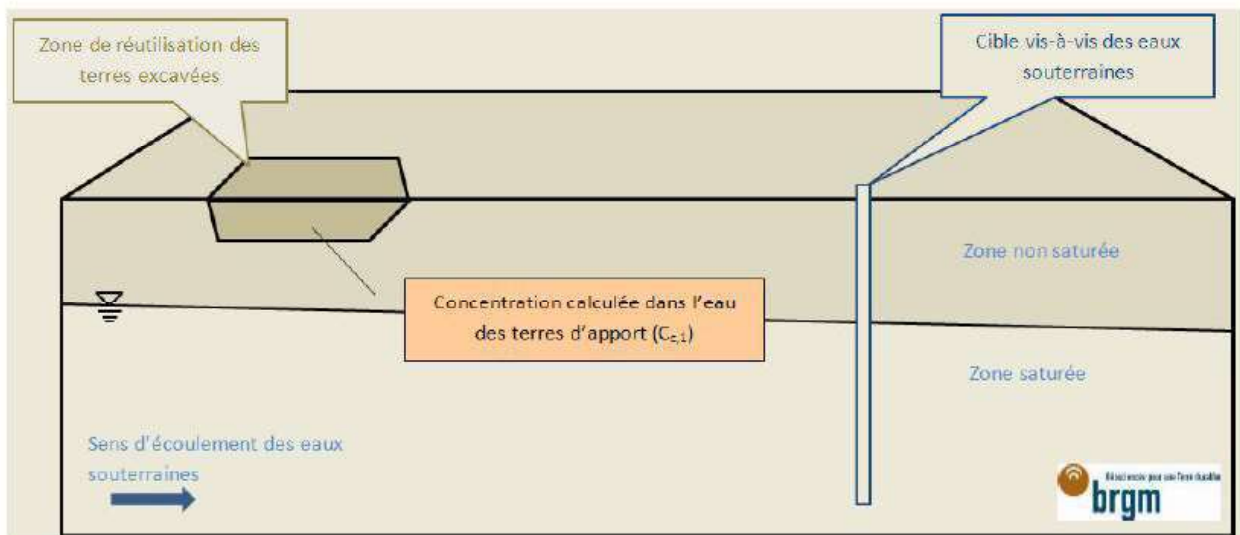


Figure 1 : Localisation des phénomènes pris en compte lors de l'étape 1 (Rapport BRGM-RP-60227-FR, 2018)

Etant donné que les paramètres testés sont inorganiques, les informations à renseigner dans le fichier HYDROTEX sont les suivants :

- Substance étudiée : élément soumis au calcul HYDROTEX,
- Concentration cible envisagée, C_{cible} (mg/l) : Seuil maximal envisagé dans la nappe cible en les comparants aux valeurs dites du CEREMA type 1 ou ISDI X3 (seuil de l'arrêté du 12/12/2014 multiplié par 3). Le guide CEREMA d'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière décrit les usages type 1 comme les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus :
 - Remblai sous ouvrage
 - Couche de forme
 - Couche de fondation
 - Couche de base et couche de liaison

Ces matériaux doivent satisfaire les concentrations reprises dans le tableau suivant :

	Seuil ISDI x3 (mg/l)	CEREMA type 1 (mg/l)
Arsenic (As)	0,15	0,06
Cadmium (Cd)	0,012	0,005
Chrome (Cr)	0,15	0,4
Cuivre (Cu)	0,6	1
Nickel (Ni)	0,12	0,05
Plomb (Pb)	0,15	0,06
Sélénium (Se)	0,03	0,05
Zinc (Zn)	1,2	0,5
Mercure (Hg)	0,003	0,001
Baryum (Ba)	6	3,6
Molybdène (Mo)	0,15	0,56
Antimoine (Sb)	0,018	0,06
Chlorures (Cl ⁻)	240	1000
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	300	1000
Fluorures (F ⁻)	3	6

Tableau 2 : Concentration cible envisagée selon le scénario CEREMA type 1 ou la dérogation ISDI x3

- Concentrations relevées dans les eaux souterraines sur le site d'étude, à l'état zéro C_i (mg/l) :
concentrations dans la nappe cible au droit du site avant apport de matériaux,

	Concentration dans la nappe (mg/l)
Arsenic (As)	0,06
Cadmium (Cd)	0,01
Chrome (Cr)	0,01
Cuivre (Cu)	0,16
Nickel (Ni)	0,02
Plomb (Pb)	0,02
Sélénium (Se)	0,02
Zinc (Zn)	0,09
Mercure (Hg)	0,0005
Baryum (Ba)	0,2
Molybdène (Mo)	0,01
Antimoine (Sb)	0,01
Chlorures (Cl ⁻)	30
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	21,7
Fluorures (F ⁻)	0,5

Tableau 3 : Concentration des différents composés étudiés dans la nappe alluviale au droit du site

- Concentrations mesurées dans l'éluât, $C_{\text{éluât}}$ (mg/l) : Concentrations maximales mesurées en substances considérées dans les éluâts de différents échantillons des terres d'apport (obtenues à partir du test normé NF EN 12457-2),

	Concentration maximale Ligne 11 (mg/l)	Concentration maximale Constantine (mg/l)	Concentration maximale Petit Quevilly (mg/l)	Concentration maximale Fontenay (mg/l)
Arsenic (As)	0,02	0,017	0,046	0,005
Cadmium (Cd)	0,0004	0,0001	0,0002	0,0004
Chrome (Cr)	0,01	0,014	0,01	0,001
Cuivre (Cu)	0,02	0,14	0,02	0,0051
Nickel (Ni)	0,031	0,008	0,01	0,01
Plomb (Pb)	0,01	0,022	0,042	0,01
Sélénium (Se)	0,15	0,005	0,0035	0,0039
Zinc (Zn)	0,02	0,015	0,026	0,02
Mercure (Hg)	0,001	0,00006	0,0001	0,00005
Baryum (Ba)	0,06	0,15	0,114	0,033
Molybdène (Mo)	0,0412	0,023	0,0135	0,0059
Antimoine (Sb)	0,0027	0,016	0,0066	0,0039
Chlorures (Cl⁻)	126	22	4,45	1
Sulfates (SO₄²⁻)	0,05	1400	1590	1460
Fluorures (F⁻)	1,61	0,5	0,807	1,7

Tableau 4 : Concentrations maximales mesurées dans les éluâts des différentes terres d'apport

Il convient tout d'abord de préciser que la solubilité des composés n'est pas prise en compte dans le calcul de la concentration lixiviée, dans l'approche de calcul de l'HYDROTEX, puisque ceux-ci sont les valeurs réellement mesurées dans les éluâts qui sont retenues dans le calcul.

Dans le cas des éléments organiques, il faut rappeler que :

- il n'y a pas de dérogations sur les concentrations en PCB, HAP, BTEX, exposées dans l'arrêté du 12/12/2014
- Pour les hydrocarbures totaux (C10-C40), la concentration limite d'admission sera fixée par rapport au quantile 95 établi à partir des concentrations relevées sur la zone à l'issue des travaux de mise en compatibilité. D'après le DOE du Stockage Est (Réf : 16-B-76-Z01001-V4), le quantile 95 pour les terres impactées est de 22 720 mg/kg MS. La moyenne des valeurs inférieures au quantile 95 est de 3698,9 mg/kg MS. Afin d'être dans des conditions conservatives, le seuil pour les hydrocarbures C10-C40 sera égal à 50 % de cette valeur

moyenne, soit 1849,5 mg/kg MS. Nous retiendrons donc la concentration de **1850 mg/kg MS**. Par sécurité, pour valider l'apport de terres suivants le critère Hydrocarbures totaux, il faudra que la teneur en Carbone Organique Total (COT) sur éluâts soit inférieure 500 mg/kg MS. Pour rappel, la concentration limite en COT sur brut est de 30 000 mg/kg MS.

Une fois ces concentrations renseignées, l'outil HYDROTEX calcule une concentration, $C_{c,1}$.

A partir de ces concentrations, plusieurs situations se présentent :

- $C_i > C_{cible}$: l'apport envisagé des terres est à écarter,
- $C_i < C_{cible}$ et $C_{c,1} \geq C_{cible}$: il est nécessaire de passer à l'étape 2,
- $C_{c,1} < C_{cible}$ et $C_i < C_{c,1}$: l'apport envisagé des terres est possible,
- $C_{c,1} < C_{cible}$ et $C_i \geq C_{c,1}$: il est nécessaire de passer à l'étape 2 dans le calcul HYDROTEX.

3.2. Etape 2 : Prise en compte de la dilution dans la nappe

Cette étape prend en compte les résultats de l'étape 1, ainsi que les phénomènes de dilution dans la nappe au droit de la zone de réutilisation.

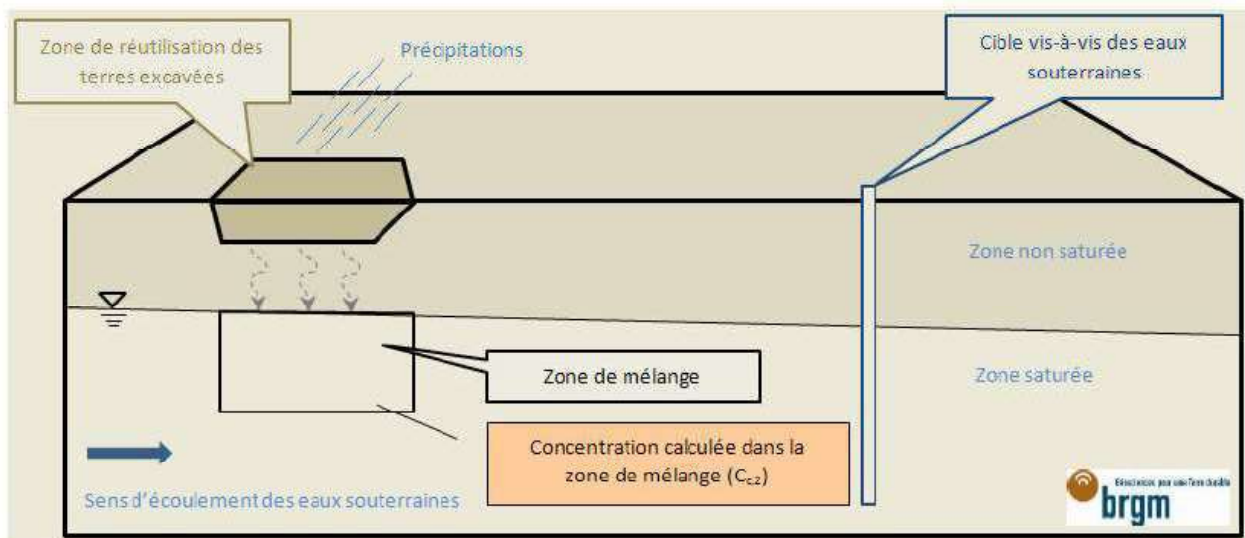


Figure 2 : Localisation des phénomènes pris en compte lors de l'étape 2 (Rapport BRGM-RP-60227-FR, 2018)

Les informations renseignées et calculées lors de l'étape 1 sont reprises dans cette étape. Les nouveaux paramètres à renseigner sont les suivants :

- Dimension de la zone de réutilisation dans le sens d'écoulement de la nappe, L (m) : l'écoulement se fait suivant un axe Est-Ouest. La dimension de la zone suivant cet axe est de 200 m,

- Pluviométrie efficace, P_e (mm/an) : part de précipitation participant à la recharge de la nappe. D'après le rapport ANTEA (A71576/A), la pluviométrie efficace à retenir est de 200 mm/an. Dans le cas où un complexe étanche est installé en dessous ou au-dessus des terres d'apport, une pluviométrie comprise entre 1 % et 5 % du total est considérée, pour se placer dans un cas défavorable, soit comprise entre 2 et 10 mm/an.
Pour l'exploitation de l'ISDI x3 (dérogation) ou du centre de traitement des terres prévus par VALGO sur une partie de l'ancien stockage EST, un complexe d'étanchéité sera préalablement mis en œuvre. Ce complexe comprendra un prétraitement des sols (terres en place et terres d'apport) à la chaux et/ou aux liants hydrauliques, sur lequel un revêtement bitumineux percolé aux liants hydrauliques sera mis en œuvre. Les matériaux constituant cette plateforme/couche de forme seront donc préalablement traités à la chaux et/ou au liant hydraulique routier afin d'obtenir une circulation possible ($RC > 1\text{MPa}$), traitement induisant une insensibilité à l'eau ($RC_{\text{immersion}}/RC > 0,8$ ou $0,6$ selon VBS) et au gel ($R_{\text{tb}}/0,25\text{MPa}$), et conférant des caractéristiques mécaniques au moins de classe 5. Le complexe bitumineux percolé est réputé étanche.
- Epaisseur de la nappe, e (m) : Distance entre le toit de la nappe et la base de l'aquifère,
- Perméabilité, K (m/s) : capacité conductrice de l'aquifère. Nos différentes investigations ont permis de déterminer une perméabilité de l'ordre de 1.10^{-5} m/s dans la nappe alluviale,
- Gradient hydraulique, i (‰) : pente de la surface de la nappe. 0,3 % soit, 3 ‰, d'après le rapport ANTEA référencé A71576/A,
- Epaisseur de la zone de mélange, Z_m (m) : valeur calculée à partir de l'équation suivante décrite dans le rapport BGRM référencé BRGM/60227-FR,

A l'issue de cette étape, un facteur de dilution, FD, est calculé. Il permet de calculer la concentration dans les eaux souterraines au niveau de la cible, $C_{c,2}$.

A partir de cette valeur, deux situations sont possibles :

- $C_{c,2} < C_{\text{cible}}$: l'apport de terres est possible ,
- $C_{c,2} > C_{\text{cible}}$: il est nécessaire de passer à l'étape 3.

3.3. Etape 3 : Prise en compte de la dilution dans la nappe

Cette étape prend en compte les résultats des étapes 1 et 2, ainsi que les phénomènes de dispersion, adsorption et dégradation dans la zone saturée, en aval hydraulique de la zone de réutilisation.

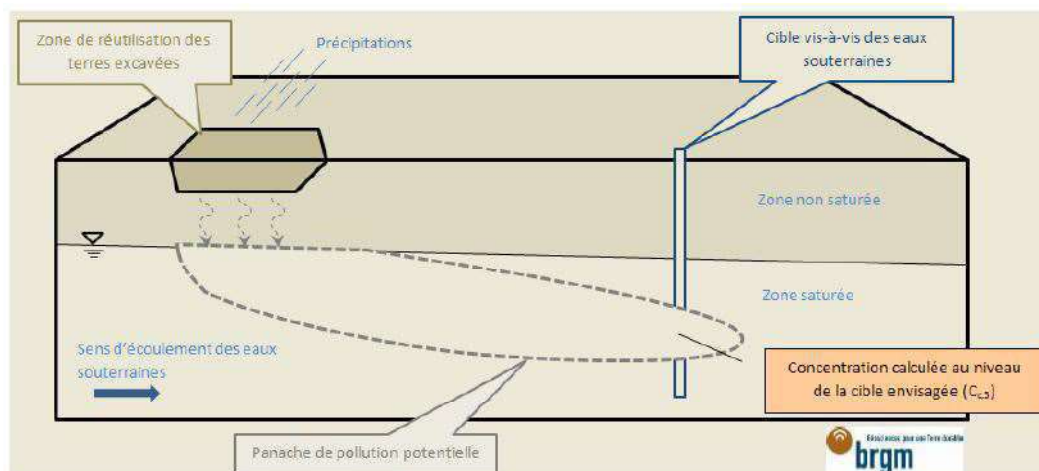


Figure 3 : Localisation des phénomènes pris en compte lors de l'étape 3 (Rapport BRGM-RP-60227-FR, 2018)

Aucune des concentrations calculées au niveau de l'étape 2 n'a été supérieure à une des concentrations cibles, ne nécessitant donc pas un calcul de vérification au niveau de l'étape 3.

3.4. Limites du modèle / Analyse de sensibilité

Pour chaque élément, le modèle a été éprouvé avec le seuil retenu et en faisant varier la pluviométrie efficace (P_e) afin de déterminer les concentrations « limites » dans chaque cas.

Les pluviométries testées sont les suivantes :

- 100 % de la pluviométrie efficace soit 200 mm/an : cas sans complexe étanche
- 10 % de la pluviométrie efficace soit 200 mm/an : cas avec un complexe partiellement étanche
- 5 % de la pluviométrie efficace soit 200 mm/an : valeur à prendre pour une réutilisation sous bâtiment
- 1 % de la pluviométrie efficace soit 200 mm/an : cas avec un complexe étanche

	Concentrations maximales pour 1 % de P _e	Concentrations maximales pour 5 % de P _e	Concentrations maximales pour 100 % P _e
Unité	mg/l	mg/l	mg/l
Pluviométrie efficace P_e (mm/an)	2	10	200
Arsenic (As)	1,21	0,362	0,16
Cadmium (Cd)	0,035	0,0167	0,0022
Chrome (Cr)	5,01	1,32	0,446
Cuivre (Cu)	10,9	2,98	1,09
Nickel (Ni)	1,302	0,356	0,131
Plomb (Pb)	1,687	0,457	0,165
Sélénium (Se)	0,404	0,12	0,0535
Zinc (Zn)	14,32	3,825	1,331
Mercure (Hg)	0,032	0,0089	0,00329
Baryum (Ba)	74,59	19,71	6,685
Molybdène (Mo)	7,06	1,86	0,625
Antimoine (Sb)	0,65	0,178	0,065
Chlorures	12471	3294	1114
Sulfates	12569	3313	1115
Fluorures	71,04	19,00	6,65

Tableau 5 : Concentrations maximales calculées pour chaque élément testé en fonction de la pluviométrie efficace

Les feuilles de calculs sont répertoriées en annexe 1.

On observe que les variations de pluviométries efficaces impactent grandement les concentrations limites pour chaque composé. Les concentrations limites d'admissions des terres d'apport augmentent fortement lorsque la valeur de pluviométrie efficace diminue.

La valeur de 5 % de P_e est conservative. En moyenne, l'augmentation des concentrations limites entre 100 % de P_e et 5 % de P_e, soit respectivement 200 mm/an et 10 mm/an est d'un facteur 3.

La couche d'étanchéité permet de recevoir des matériaux dont les fractions mobilisables pour les éléments étudiés respectent les critères d'admissibilités suivants :