

Centre-Est

Rapport

Mise à jour de l'EQRS des accès définitifs du Pont Flaubert à Rouen

Prise en compte de l'avis de l'AE

Mars 2018

Mise à jour de l'EQRS des accès définitifs du Pont Flaubert à Rouen

Prise en compte de l'avis de l'AE

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V1	20/02/18	Relecture interne
V2	06/03/18	Relecture interne
VF	09/03/18	Envoi Client

Affaire suivie par

Marine Philippot - DETC - Unité DETC/ES

Tél.: 0474275394 / Fax: +33 (0)4 74 27 52 52

Courriel: - marine.philippot@cerema.fr

Avec la participation de :

Cerema Centre-Est 46, rue Saint-Théobald - BP 128 - 38081 L'ISLE D'ABEAU CEDEX

Références

N° d'affaire : C17LE0070

Maître d'ouvrage : Jean-Luc Rolland

Devis n° N° devis Sigma

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Marine Philippot	09/03/18	
Contrôlé par	Karine Muller-Perriand	09/03/18	
Validé par	Karine Muller-Perriand	09/03/18	

Résumé de l'étude :

Suite à l'avis de l'Autorité Environnementale, la DREAL a demandé au Cerema Centre Est de mettre à jour certaines parties de l'évaluation des risques sanitaires présente dans le volet santé de l'étude d'impact des accès définitifs du pont Flaubert à Rouen. Cette mise à jour concerne l'exposition aiguë pour les risques par inhalation et l'exposition chronique pour les risques par ingestion directe de sol au droit de l'écoquartier Flaubert.

Sommaire

1 -Contexte	5
1.1 -Avis de l'Autorité environnementale	
2 -Impact de la fermeture de Pétroplus sur les indicateurs sanitaires pour le risque par inhalation relatif à une exposition aiguë	
2.1 -Méthode	6
2.1.1 -Modélisation de la dispersion atmosphérique	6
3 -Impact de la dépollution des sols au niveau de l'écoquartier et conséquence sur les indicateurs sanitaires	
3.1 -Contexte	
3.2.1 -Mesures de polluants dans les sols	_
3.2.2 -Utilisation des données modélisées pour l'étude initiale	
3.2.3 -Calcul des quotients de danger et des excès de risques individuel	
3.2.4 -Résultats	
4 -Conclusion	.18
Annexes	20
Annexe A - Résultats des quotients de danger pour les risques d'inhalation de dioxyde de soufre et dioxyde d'azote du rapport initial de 2016	.20
Annexe B - Émissions de polluants dans l'air de la raffinerie Pétroplus	.20
Annexe C - Caractérisation des risques pour l'exposition chronique (QD), effet seuil de dose, risque par ingestion directe de sol au niveau de l'écoquartier, du rapport initial de 2016	

1 - Contexte

Le volet sanitaire de l'étude d'impact relative au projet d'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche de Seine à Rouen a été réalisée en juin 2016 par le Cerema Centre Est.

En décembre 2016, l'Autorité environnementale (Ae) a rendu un avis sur l'étude d'impact, dans lequel il demandait une mise à jour de l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS). La DREAL Normandie a donc sollicité le Cerema Centre Est pour cette mise à jour.

1.1 - Avis de l'Autorité environnementale

Le tableau 1 présente les conclusions et recommandations de l'Ae relative à l'ERS.

1	p.3	Ne lever les servitudes qu'après la réalisation de la mise à jour de l'étude air et santé et seulement si celle-ci démontre que les risques liés à l'exposition du public sont revenus à des niveaux acceptables.
2	p.16	L'Ae recommande de prévoir une actualisation de l'étude air et santé en prenant en compte les niveaux de pollution effectivement mesurés dans les sols après leur dépollution et avant l'apport de remblais, lorsque ces mesures seront disponibles.
3	p.17	L'Ae recommande de mettre à jour l'étude air et santé, en tenant compte de la fermeture de Pétroplus. Elle recommande en outre au maître d'ouvrage de l'éco-quartier Flaubert d'exposer les dispositions qui seront prises pour réduire l'exposition de la population aux risques sanitaires par inhalation.
4	p.17	L'Ae recommande à l'État, en complément de la recommandation précédente, de ne lever les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 30 janvier 2014¹ qu'après la réalisation de la mise à jour de l'étude air et santé, et seulement si celle-ci montre que les quotients de danger et les excès de risque individuels restent respectivement inférieurs à 1 et à 10 ⁻⁵ pour tous les sites et tous les scénarios.

Tableau 1 : Synthèse des conclusions de l'avis de l'Ae (avis n° Ae 2016-89)

1.2 - Mises à jour à réaliser

Deux points seront donc traités dans ce rapport :

- 1. l'impact de la fermeture de Pétroplus sur les concentrations en SO₂ à proximité du projet et sur les indicateurs sanitaires qui en découlent (exposition aiguë pour le risque par inhalation);
- 2. l'impact de la dépollution des sols au niveau de l'écoquartier et ses conséquences sur les indicateurs sanitaires (exposition chronique par ingestion directe de sol).

 $1 \quad \text{AP du } 30/01/2014 : servitude d'utilité publique liées à la pollution des sols et de la nappe souterraine$

2 - Impact de la fermeture de Pétroplus sur les indicateurs sanitaires pour le risque par inhalation relatif à une exposition aiguë

L'Autorité Environnementale recommande la mise à jour de l'Évaluation des Risques Sanitaires en tenant compte de la fermeture de l'usine Petroplus.

Cette raffinerie a rejeté d'importantes quantités d'oxydes de soufre dans l'atmosphère lorsqu'elle était encore en activité. La raffinerie a fermé en 2013 et depuis les concentrations dans l'air de dioxyde de soufre ont nettement diminué. Cela avait été mis en évidence dans l'étude santé initiale où les concentrations de SO₂ en 2010 (année prise pour référence dans la modélisation de la qualité de l'air) avaient été comparées à celles de 2015. Pour relativiser les valeurs élevées de l'indicateur sanitaire calculé, il avait été précisé que « si elles avaient été menées avec les données de 2015, [les modélisations] auraient conduit à un percentile 100 moins élevé donc à des valeurs de QD plus faibles et vraisemblablement inférieures à 1 ».

2.1 - Méthode

2.1.1 - Modélisation de la dispersion atmosphérique

Comme pour l'étude initiale, Numtech a été sollicité pour effectuer la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Par rapport aux modélisations réalisées en 2014, seules deux données d'entrée ont été modifiées :

- les concentrations de fond horaires sont celles de 2016, année complète la plus récente disponible à la date de la modélisation. Elles ont été mesurées par Atmo Normandie à la station de fond urbain Petit Quevilly, considérée comme représentative de la qualité de l'air de la zone concernée par le projet;
- les conditions météorologiques horaires de 2016, acquisent directement auprès de Météo France par Numtech.

La modélisation a été lancée pour :

- les 4 scénarios : initial (Init), fil de l'eau (FDL), projet sans écoquartier (PRO sans) et projet avec écoquartier (PRO avec) ;
- le SO₂ et le NO₂.

2.1.2 - Calcul du quotient de danger

Les quotients de danger (QD) ont été calculés pour le dioxyde de soufre et dioxyde d'azote (permettant de prendre en compte le cumul des dangers) via la méthode présentée page 47 du rapport initial pour les risques d'inhalation aiguë.

Pour rappel, ces quotients de danger sont calculés avec le percentile 100 des concentrations modélisées, permettant de caractériser la concentration maximale modélisée.

Les risques associés à l'inhalation de l'air ont été estimés pour le récepteur le plus impacté de la zone d'étude afin d'avoir une approche majorante. Le récepteur retenu pour la mise à jour de l'ERS est situé dans la même zone que le récepteur identifié dans l'étude initiale.

Les cibles identifiées sont les enfants et les adultes habitant dans la zone d'étude.

Le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) suit la note d'information de la DGS comme décrit dans le rapport initial page 40. Ces VTR n'ont pas évoluées depuis l'étude initiale donc cette mise à jour reprend les valeurs retenues en 2016.

2.2 - Résultats

L'évaluation du QD est de nature qualitative : un QD inférieur ou égal à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de toute possibilité d'apparition des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un quotient supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

Le tableau 2 donne les résultats des quotients de danger pour le dioxyde de soufre, polluant qui était principalement émis par la raffinerie Petroplus, et pour le dioxyde d'azote, polluant qui peut aussi avoir des impacts sanitaires sur les voies respiratoires des populations. Afin de majorer les risques, les QD ont été calculés au niveau du site où les concentrations de ces deux polluants étaient majoritaires; cela se situe au niveau des futurs bâtiments de l'écoquartier et non sur le bâti existant et ce, pour tous les scénarios.

Tableau 2 : Caractérisation des risques pour l'exposition aiguë – calcul des quotients de danger

Polluants	VTR (µg/m³)	Organe cible ou effet	Init	FDL	PRO sans	PRO avec
Dioxyde de soufre	26	Signes fonctionnels respiratoires	0,32	0,32	0,33	0,33
Dioxyde d'azote	480	Poumons	0,47	0,31	0,34	0,35
Cumul des dangers p	oour les vo	oies respiratoires	0,79	0,64	0,67	0,68

Sources : calculs effectués avec les concentrations modélisées et les VTR retenues

Quel que soit le scénario, les quotients de danger pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et leurs cumuls sont **inférieurs à 1**.

Suite à la fermeture de Petroplus, les concentrations de fond en SO₂ ont nettement diminuées conduisant ainsi à une valeur de quotient de danger pour le risque d'inhalation inférieur à 1 et ce même en cumulant les dangers pour un organe cible comme les voies respiratoires.

La concentration moyenne annuelle mesurée du SO_2 en 2016 est d'environ 1,58 µg/m³ (soit une baisse d'environ 50 % par rapport aux mesures de 2010) avec un maximum horaire de 1,79 µg/m³. Ainsi les concentrations aiguës modélisées (percentile 100^{24} sur 24 heures) sont de l'ordre de 8,29 µg/m³ (vs 29 µg/m³ en 2010), conduisant ainsi à un QD inférieur à 1 quel que soit le scénario. Les QD sont relativement stables d'un scénario à l'autre.

Concernant le NO₂, les QD sont inférieurs à ceux calculés en 2016 (comparaison du tableau 2017 et des résultats 2016 en annexe A). La baisse des concentrations à l'origine de ces QD plus faibles peut s'expliquer par la fermeture de Petroplus, qui émettait près de 128t/an de NOx en 2010 (comme le tableau en annexe B le montre), combinée à des rejets du secteur des transports en baisse par rapport à 2010 du fait de l'amélioration technologique des véhicules.

En l'état actuel des connaissances, la population exposée est théoriquement hors de toute possibilité d'apparition des effets indésirables pour la santé.

3 - Impact de la dépollution des sols au niveau de l'écoquartier et conséquences sur les indicateurs sanitaires

3.1 - Contexte

Le rapport initial avait pris les hypothèses suivantes concernant l'écoquartier :

- au vu de la mesure de confinement des sols prise par le Préfet, l'estimation des risques n'avait été réalisée que sur la base des dépôts particulaires liés aux infrastructures situées à proximité;
- de plus, il avait été considéré que les sols au niveau de l'écoquartier étaient constitués de remblais « sains » car il n'était pas possible de faire des prélèvements et analyses de sols dans des remblais qui n'avaient pas été mis en œuvre. Ainsi aucune mesure de concentration de polluants n'avait été réalisée.

Cette mise à jour prend donc en considération, comme le suggère l'avis émis par l'Ae, « les niveaux de pollution effectivement mesurés dans les sols après leur dépollution et avant l'apport de remblais », ces mesures étant effectivement disponibles à ce jour.

Pour rappel, l'illustration ci-dessous présente la localisation des récepteurs, qui ont été utilisés dans l'étude de 2016 pour le calcul de QD, ces récepteurs étant les plus impactés par les dépôts particulaires.



Illustration 1 : Localisation des récepteurs les plus impactés pris en considération dans l'étude initiale de 2016

3.2 - Méthode

3.2.1 - Mesures de polluants dans les sols

Sites échantillonnés

Après dépollution du site, des campagnes de mesures de polluants dans les sols ont été réalisées par le Cerema Nord Picardie au droit de la zone concernée par le projet de raccordement du pont Flaubert. Les sites échantillonnés sont localisés sur l'illustration 2 ci-dessous.



Illustration 2 : Emplacement des sites échantillonnés

Sources : Photo aérienne du site (Cerema Nord-Picardie) et positionnement des sites de prélèvements

Résultats des analyses de sol

La plupart des polluants étudiés dans l'ERS ingestion ont été mesurés dans les sols dépol-

lués (métaux lourds et benzo[a]pyrène). Le tableau 3 présente l'ensemble des résultats disponibles pour chaque point de mesure (cf illustration 2) ainsi que les valeurs du programme Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces (ASPITET) de l'INRA. Ces valeurs sont indicatives et permettent de comparer les concentrations mesurées à des valeurs couramment observées dans des sols ordinaires de toute granulométrie et à des valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées.

Tableau 3 : Teneurs en éléments trace métalliques (ETM) et hydrocarbures aromatiques polycycliques

(HAP) des sols analysés pour un échantillon moyen

					Résultat	s des an	alyses d	e sol (éc	hantilloi	n moyen)		·	Programme ASPITET			
Polluants	Unité	LB1	LB2	LB9	LB11	LB12	LB13	LB16	LB17	LB18	LB19	LB20	LB21	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires de toute granulométrie	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées		
Arsenic	mg/kg MS	-	-	170	15	1400	12	120	59	200	240	340	220	1 à 25	30 à 60		
Cadmium	mg/kg MS	-	-	1,2	0,23	7,8	0,2	1,6	0,28	2,8	2,6	3	2,6	0,05 à 0,45	0,7 à 2		
Chrome IV	mg/kg MS	-	-	0,9	0,5	1,8	0,55	1,2	0,65	4,15	1,75	1,15	1,9	-	-		
Mercure	mg/kg MS	-	-	5,6	0,22	7,6	0,51	1,7	4,7	30	3,2	4,4	9,9	0,02 à 0,10	-		
Nickel	mg/kg MS	-	-	10	5,8	17	8,7	11	5,3	36	13	11	26	2 à 60	60 à 130		
Plomb	mg/kg MS	-	-	470	45	5700	200	240	360	800	1000	1300	1200	9 à 50	60 à 90		
Benzo[a]pyrène	mg/kg MS	15	0,26	17	0,07	4,2	0,72	3,4	0,66	1,6	1,9	2,1	6,7	-	-		

Sources : Campagne de mesures de polluants dans les sols (Cerema NP, 2016) ; valeurs du programme ASPITET

Pour le chrome et le benzo[a]pyrène, faute de valeur ASPITET, aucune comparaison ne peut être faite. On peut, cependant, noter que selon les points de prélèvements, les concentrations en benzo[a]pyrène varient fortement (de 0,07 à 17 mg/kg MS). Il en est de même pour les concentrations de chrome VI (de 10 à 83 mg/kg MS).

Les variations de concentrations selon les points de prélèvements ne sont pas les mêmes selon le polluant considéré et l'hétérogénéité des concentrations ne répond pas à des zones particulières ou à un schéma de dispersion possible (répartition graphique des niveaux de pollution).

Pour le nickel (dont les concentrations varient de 5,3 à 36 mg/kg MS), quels que soient les points de prélèvements, les concentrations mesurées sont conformes aux gammes de valeurs couramment observées dans les sols.

Pour les autres polluants, quelques points de prélèvements sont conformes aux gammes de concentrations usuellement retrouvées dans les sols, mais la plupart sont bien au-dessus des gammes de valeurs observées en cas d'anomalies naturelles modérées. Les variations d'arsenic (de 12 à 1400 mg/kg MS), de cadmium (de 0,2 à 7,8 mg/kg MS), de mercure (de 0,22 à 9,9 mg/kg MS) et de plomb (de 45 à 5700 mg/kg MS) varient de façon importante d'un point de prélèvement à l'autre. Pour le mercure, les valeurs relevées sont bien supérieures aux concentrations retrouvées habituellement dans les sols (entre 0,02 et 0.10 mg/kg MS).

Dans l'ensemble, les sites échantillonnés ont des gammes de concentrations en polluants similaires aux autres sites proches, cependant le point LB12 se distingue par des concentrations bien plus élevés et le point LB11 figurent parmi les sites où les concentrations les plus faibles sont mesurées.

Malgré la dépollution, ces sols restent **très contaminés** par les anciennes activités polluantes présentes sur le site.

3.2.2 - Utilisation des données modélisées pour l'étude initiale

Aucune modélisation n'a été relancée pour mettre à jour cette partie. Combinés aux concen-

trations mesurées dans les sols, les dépôts particulaires de l'étude de 2016 ont été utilisés pour calculer la dose journalière d'exposition par ingestion. Cette dose a ensuite été prise en compte dans le calcul des indicateurs sanitaires QD et ERI.

Le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) suit la note d'information de la DGS comme décrit dans le rapport initial page 40. Ces VTR n'ont pas évoluées depuis l'étude initiale donc cette mise à jour reprend les valeurs retenues en 2016.

3.2.3 - Calcul des quotients de danger et des excès de risques individuel

Pour l'exposition chronique à effet de seuil de dose :

La méthodologie de calcul des quotients de danger (QD) est la même que celle qui a été utilisée pour la rédaction du rapport initial que l'on peut retrouver en pages 48.

À partir des données de concentrations de polluants mesurées dans les sols auxquels ont été ajoutés les dépôts particulaires, modélisés au droit de chacun de ces sites (cf. illustration 2), les quotients de danger ont été calculés.

Pour l'exposition chronique à effets sans seuil de dose :

Les excès de risque individuel (ERI) sont calculés en tenant compte des concentrations de polluants mesurées dans les sols et des dépôts particulaires et en suivant la méthodologie décrite dans le rapport initial (pages 52).

3.2.4 - Résultats

Les concentrations de polluants dans les sols ont été mesurées en des points précis. À ces concentrations s'ajoutent des concentrations de dépôts particulaires liés aux émissions routières. La durée de déposition a été prise égale à 30 ans comme indiqué page 49 du rapport initial de 2016. Dans le tableau 4 ci-dessous, la part liée aux dépôts particulaires pour un nombre important de polluants et de sites est faible voire négligeable devant les teneurs actuelles mesurées dans les sols, sauf pour le Benzo(a)pyrène (entre 0,1 % et 29,5 %), le cadmium (entre 0,1 % et 13,6 %) et le mercure (0,1 % à 8,1 %).

Benzo[a]pyrène 1,7E+01

0,5% 7,2E-01

Tableau 4 : Concentrations en polluants mesurées dans les sols des sites échantillonnés (état actuel) et part des dépôts particulaires dans les concentrations de polluants

	et part t	ies depo	is particu	iaii es ua	1112 162 60	ncennal	ions de p	olluariis		
	LB	9	LB ²	11	LB1	12	LB	13	LB16	
Polluants	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)
Arsenic	1,7E+02	0,0%	1,5E+01	0,0%	1,4E+03	0,0%	1,2E+01	0,0%	1,2E+02	0,0%
Cadmium	1,2E+00	0,9%	2,3E-01	5,8%	7,8E+00	0,1%	2,0E-01	7,9%	1,6E+00	2,2%
Chrome IV	9,0E-01	0,4%	5,0E-01	0,8%	1,8E+00	0,2%	5,5E-01	0,9%	1,2E+00	0,9%
Mercure	5,6E+00	0,3%	2,2E-01	8,1%	7,6E+00	0,2%	5,1E-01	4,0%	1,7E+00	3,0%
Nickel	1,0E+01	0,3%	5,8E+00	0,6%	1,7E+01	0,1%	8,7E+00	0,4%	1,1E+01	0,8%
Plomb	4,7E+02	0,0%	4,5E+01	0,0%	5,7E+03	0,0%	2,0E+02	0,0%	2,4E+02	0,0%

7,0E-02 **29,5**% 4,2E+00

	LB ^r	17	LB1	18	LB [.]	19	LB:	20	LB21		
Polluants	Cs mesurée (mg/kg MS)	Part du dépôt dans Cs (%)									
Arsenic	5,9E+01	0,1%	2,0E+02	0,0%	2,4E+02	0,0%	3,4E+02	0,0%	2,2E+02	0,0%	
Cadmium	2,8E-01	13,6%	2,8E+00	0,9%	2,6E+00	1,9%	3,0E+00	1,4%	2,6E+00	1,5%	
Chrome IV	6,5E-01	2,0%	4,2E+00	0,2%	1,8E+00	0,9%	1,2E+00	1,1%	1,9E+00	0,6%	
Mercure	4,7E+00	1,3%	3,0E+01	0,1%	3,2E+00	2,1%	4,4E+00	1,3%	9,9E+00	0,5%	
Nickel	5,3E+00	1,9%	3,6E+01	0,2%	1,3E+01	0,9%	1,1E+01	0,9%	2,6E+01	0,3%	
Plomb	3,6E+02	0,0%	8,0E+02	0,0%	1,0E+03	0,0%	1,3E+03	0,0%	1,2E+03	0,0%	
Benzo[a]pyrène	6,6E-01	12,5%	1,6E+00	3,2%	1,9E+00	5,2%	2,1E+00	3,9%	6,7E+00	1,2%	

Les résultats, donnés dans les tableaux 5 et 6 suivants, caractérisent les risques sanitaires encourus par les enfants lors d'une ingestion directe de sol.

Exposition chronique, effets à seuil de dose

0,1%

Tableau 5 : Calculs des QD par rapport aux risques éventuels liés à l'ingestion de sols pour les sites LB1et LB2

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec
	Baryum	2,0E-01	rein	6,82E-06
	Cadmium	3,6E-04	rein	3,38E-04
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	7,62E-05
	Nickel	2,0E-02	rein	1,26E-05
	Cumul des	gane cible : Rein	4,3E-04	
181	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	1,52E-03
	Plomb	3,5E-03	système nerveux	2,08E-07
	Cumul des dar	1,5E-03		
	Arsenic	1,78E-05		
	ChromeVI	respiration	1,12E-05	
	QD sommé			2,0E-03

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec
	Baryum	2,0E-01	rein	7,95E-06
	Cadmium	3,6E-04	rein	3,90E-04
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	8,84E-05
	Nickel	2,0E-02	rein	1,47E-05
	Cumul des	5,0E-04		
LB2	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	1,77E-03
	Plomb	3,5E-03	système nerveux	2,08E-07
	Cumul des dar	1,8E-03		
	Arsenic	4,5E-04	peau	2,02E-05
	ChromeVI	3,0E-03	respiration	1,30E-05
	QD sommé			2,3 <i>E</i> -03

Les résultats, ci-dessus, montrent un **QD bien inférieur à 1**, présentant donc peu de risques sanitaires pour les enfants lors d'une ingestion possible de sol. Pour les sites LB1 et LB2, seules les concentrations issues des dépôts particulaires ont été prises en considération pour le calcul de ces quotients de danger, car les concentrations en métaux mesurées au droit de ces sites étaient non quantifiables car inférieures aux limites de détection.

Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux trouvés dans le rapport initial vis-à-vis de l'ingestion de sol au droit de l'écoquartier sans prise en considération de la pollution de fond (non disponible en 2016), comme le montre l'annexe C.

Les résultats présentés dans les tableaux 6, ci-après, caractérisent les éventuels risques sanitaires liés à l'ingestion des sols (effet à seuil de dose) pour les enfants. Les sommes des QD sont supérieurs à 1 pour l'ensemble des sites considérés, sauf pour LB11 et LB13 (respectivement 0,5 et 0,91).

Tableau 6 : Calculs des QD liés aux risques éventuels d'ingestion de sols pour tous les sites (sauf LB1et LB2)

			au o . Carc	42								,		
	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec
	Baryum	2,0E-01	rein	7,61E-06		Baryum	2,0E-01	rein	9,61E-06		Baryum	2,0E-01	rein	7,49E-06
	Cadmium	3,6E-04	rein	3,36E-02		Cadmium	3,6E-04	rein	6,78E-03		Cadmium	3,6E-04	rein	2,17E-01
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	2,81E-02		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	1,20E-03		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	3,81E-02
	Nickel	2,0E-02	rein	5,01E-03		Nickel	2,0E-02	rein	2,92E-03		Nickel	2,0E-02	rein	8,51E-03
	Cumul des dangers pour l'organe		rgan e cible : <i>Rein</i>	6,7E-02		Cumul de:	dangers pour l'o	rgane cible : Rein	1,1E-02		Cumul des dangers pour l'organe cible : Reir			2,6E-01
LB9	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	5,62E-01	LB11	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	2,39E-02	LB 12	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	7,62E-01
	Plomb	3,5E-03	système nerveux	1,34E+00		Plomb	3,5E-03	système nerveux	1,29E-01		Plomb 3,5E-03		système nerveux	1,63E+01
	Cumul des da	des dangers pour l'organe cible : Système nerveux		1,9E+00		Cumul des da	ngers pour l'organ	ne cible : Système nerveux	1,5E-01		Cumul des da	ngers pour l'orgar	e cible : Système nerveux	1,7E+01
	Arsenic	4,5E-04	peau	3,78E+00		Arsenic	4,5E-04	peau	3,33E-01		Arsenic	4,5E-04	peau	3,11E+01
	ChromeVI	3,0E-03	respiration	3,01E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	1,68E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	6,01E-03
	QD sommé			5,8E+00		QD sommé			5,0E-01		QD sommé			4,8E+01

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec
	Baryum	2,0E-01	rein	9,66E-06		Baryum	2,0E-01	rein	2,61E-05		Baryum	2,0E-01	rein	3,10E-05		Baryum	2,0E-01	rein	1,74E-05
	Cadmium	3,6E-04	rein	6,03E-03		Cadmium	3,6E-04	rein	4,55E-02		Cadmium	3,6E-04	rein	9,00E-03		Cadmium	3,6E-04	rein	7,85E-02
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	2,66E-03		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	8,76E-03		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	2,38E-02		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	1,50E-01
	Nickel	2,0E-02	rein	4,37E-03		Nickel	2,0E-02	rein	5,54E-03		Nickel	2,0E-02	rein	2,70E-03		Nickel	2,0E-02	rein	1,80E-02
	Cumul de:	s dangers pour l'or	rgane cible : Rein	1,3E-02		Cumul de:	s dangers pour l'or	gane cible : Rein	6,0E-02		Cumul de:	s dangers pour l'or	gane cible : Rein	3,6E-02		Cumul de	s dangers pour l'o	rgane cible : Rein	2,5E-01
LB13	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	5,31E-02	LB 16	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	1,75E-01	LB 17	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	4,76E-01	LB 18	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	3,00E+00
	Plomb	3,5E-03	système nerveux	5,71E-01		Plomb	3,5E-03	système nerveux	6,86E-01		Plomb	3,5E-03	système nerveux	1,03E+00		Plomb	3,5E-03	système nerveux	2,29E+00
	Cumul des dar	ngers pour l'organe	e cible : Système nerveux	6,2E-01		Cumul des dar	ngers pour l'organe	e cible : Système nerveux	8,6E-01		Cumul des dar	ngers pour l'organe	cible : Système nerveux	1,5E+00		Cumul des da	ngers pour l'organe	e cible : Système nerveux	5,3E+00
	Arsenic	4,5E-04	peau	2,67E-01		Arsenic	4,5E-04	peau	2,67E+00		Arsenic	4,5E-04	peau	1,31E+00		Arsenic	4,5E-04	peau	4,44E+00
	ChromeVI	3,0E-03	respiration	1,85E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	4,04E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	2,21E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	1,39E-02
	QD sommé			9,1E-01		QD sommé			3,6E+00		QD sommé			2,9E+00		QD sommé			1,0E+01

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec
	Baryum	2,0E-01	rein	3,43E-05		Baryum	2,0E-01	rein	2,82E-05		Baryum	2,0E-01	rein	2,70E-05
	Cadmium	3,6E-04	rein	7,36E-02		Cadmium	3,6E-04	rein	8,45E-02		Cadmium	3,6E-04	rein	7,33E-02
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	1,63E-02		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	2,23E-02		Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	4,98E-02
	Nickel	2,0E-02	rein	6,56E-03		Nickel	2,0E-02	rein	5,55E-03		Nickel	2,0E-02	rein	1,30E-02
	Cumul des	Cumul des dangers pour l'organe cible : Rein			Cumul des dangers pour l'organe cible : Rei			rgane cible : Rein	1,1E-01		Cumul de	s dangers pour l'o	rgane cible : Rein	1,4E-01
LB19	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	3,27E-01	LB	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	4,46E-01	LB21	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	9,95E-01
	Plomb	3,5E-03	système nerveux	2,86E+00		Plomb	3,5E-03	système nerveux	3,71E+00		Plomb	3,5E-03	système nerveux	3,43E+00
	Cumul des da	Cumul des dangers pour l'organe cible : Système nerveux		3,2E+00		Cumul des dangers pour l'organe cible : Système nerveux		4,2E+00		Cumul des dangers pour l'organe cible : Système nerveux		4,4E+00		
	Arsenic	4,5E-04	peau	5,33E+00		Arsenic	4,5E-04	peau	7,56E+00		Arsenic	4,5E-04	peau	4,89E+00
	ChromeVI	3,0E-03	respiration	5,88E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	3,88E-03		ChromeVI	3,0E-03	respiration	6,37E-03
	QD sommé			8,6E+00		QD sommé			1,2E+01		QD sommé			9,5E+00

En l'état actuel des connaissances, l'ingestion de sol au niveau de l'écoquartier présente des risques sanitaires pour les enfants.

Ces risques sont dus aux concentrations importantes de certains polluants présents dans les sols et ce même après leur dépollution.

Exposition chronique, effet sans seuil de dose

Pour l'exposition chronique, avec effet sans seuil de dose, les Excès de Risque Individuel sont calculés et sommés quel que soit le type de cancer provoqué, permettant ainsi d'évaluer le risque individuel total.

L'acceptabilité des risques évalués s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas de seuil absolu d'acceptabilité. La valeur de 10-6 est considérée aux USA comme le seuil de risque acceptable en population générale, alors que la valeur de 10-4 est considérée en France comme limite acceptable en milieu professionnel. La valeur, utilisée dans ce rapport, de 10-5 est souvent admise comme seuil d'intervention et prise comme référence dans le rapport « Évaluation des risques sanitaires dans les études de zones » du Haut Conseil de Santé Publique de décembre 2010 et dans le guide INERIS « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires », d'août 2013.

Les tableaux ci-dessous présentent la caractérisation des risques pour l'exposition chronique, effet sans seuil de dose, pour l'ingestion directe de sol par des enfants.

Tableau 7 : Caractérisation des risques pour l'exposition chronique (ERI), effet sans seuil de dose, risque par ingestion directe de sol au niveau des sites prélevés

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	ERI		Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	ERI	
Σ	Arsenic	1,5	peau Cancer multi-	1,32E-09		Arsenic	1,5	peau	9,76E-05	
LB1	B[a]P	B[a]P 0,2 sites		3,31E-06	_		,	Cancer multi-	-	
		ue individuel to	tal	3,31E-06	LB17	B[a]P	0,2	sites	1,66E-07	
8	Arsenic	1,5	peau	1,50E-09		Evoès de risa	Excès de risque individuel total			
LB2	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	3,13E-07					9,78E-05	
	Excès de risqu	ue individuel to	tal	3,14E-07		Arsenic	1,5	peau	3,31E-04	
6	Arsenic	1,5	peau	2,81E-04	_	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	3,64E-07	
LB9	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	3,75E-06		Excès de risque individuel total			3,31E-04	
	Excès de risque individuel total			2,85E-04		Arsenic	1,5	peau	3,97E-04	
_	Arsenic	1,5	peau	2,48E-05	LB19	Arsenie	1,0	Cancer multi-	3,37 E-04	
LB11	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	2,19E-08		B[a]P	0,2	sites	4,42E-07	
	Excès de risq	ue individuel to	tal	2,48E-05		Excès de risq	s de risque individuel total			
01	Arsenic	1,5	peau	2,31E-03	LB20	Arsenic	1,5	peau	5,62E-04	
LB12	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	9,31E-07		B[a]P	0,2	Cancer multi-	4,82E-07	
	Excès de risque individuel total			2,32E-03	_			sites	,	
	Arsenic	1,5	peau	1,98E-05		Excès de risque individuel total		tal	5,63E-04	
LB13	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	1,65E-07		Arsenic	1,5	peau	3,64E-04	
	Excès de risque individuel total		tal	2,00E-05	LB21	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	1,50E-06	
ø	Arsenic	1,5	peau	1,98E-04	_	Excès de risq	3,65E-04			
LB16	B[a]P	0,2	Cancer multi- sites	7,66E-07		LACCS GE 1134	uc iliuividuel to	Lai	J,03L-04	
	Excès de risq	Excès de risque individuel total								

Les excès de risque individuel pour l'arsenic et le benzo(a)pyrène sont supérieurs à 10⁻⁵ pour tous les sites exceptés LB1 et LB2. Ces ERI dépassent donc, pour l'ensemble des

sites, exceptés LB1 et LB2, le seuil d'admissibilité. Rappelons, que pour les sites LB1 et LB2, seules les concentrations des dépôts particulaires sont pris en compte dans le calcul des risques sanitaires.

Ces risques sont dus aux niveaux de pollutions encore élevées dans les sols en présence, malgré la dépollution qui a été réalisée.

En l'état actuel des connaissances, l'ingestion de sol au niveau de l'écoquartier présente des risques sanitaires pour les enfants. Ainsi les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 30 janvier 2014 ne peuvent être que difficilement levées au vu des résultats présentés ciavant : certains quotients de danger sont supérieurs à 1 et la plupart des excès de risque individuel calculés pour les sites échantillonnés sont supérieurs à 10⁻⁵.

4 - Conclusion

Concernant les risques sanitaires liés à une exposition aiguë par inhalation, les quotients de danger du SO₂ ont considérablement baissé entre 2010 (année de référence prise pour la modélisation de la dispersion atmosphérique dans l'étude santé initiale) et aujourd'hui La fermeture de la raffinerie Pétroplus en 2013 a contribué à la diminution des concentrations de SO₂ dans l'air mais aussi, dans une moindre mesure, à celles de NO₂. Ainsi les quotients de danger sont pour ces deux polluants inférieurs à 1 et le cumul des dangers pour les voies respiratoires est lui aussi inférieur à 1. Ces polluants, en l'état actuel des connaissances n'auront pas d'effets sur la santé des populations.

Pour les risques sanitaires liés à l'ingestion directe de sols, la prise en compte de concentrations mesurées dans les sols après dépollution du site, conduit à des risques élevés ne permettant pas de lever les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 30 janvier 2014. Effectivement, pour la majorité des sites échantillonnés les quotients de danger sont supérieurs à 1 et les excès de risque individuel supérieurs à 10⁻⁵. En l'état actuel des connaissances, les polluants mesurés dans les sols peuvent présenter des risques pour la santé les enfants.

Cette conclusion reste néanmoins à modérer. En effet, les zones où les prélèvements ont été effectués font partie de l'emprise de la nouvelle infrastructure routière et non des zones « vertes² » du futur écoquartier ; il semblerait qu'une ingestion directe de sol à ces endroits soit peu probable.

Notons également, que les concentrations utilisées pour le calcul des indicateurs sanitaires ont été mesurées dans les sols après dépollution mais avant l'apport de remblais extérieurs. Il sera donc nécessaire de prêter attention à la qualité des sols servant de remblais au niveau de l'écoquartier, notamment au droit des zones « vertes », et de s'assurer que leur teneur en métaux n'est pas de nature à générer un risque pour la santé humaine.

2 Jardins, zones enherbées, etc.

Rédigé, le 09/03/18

La chargée d'étude

Marine Philippot

Vu et approuvé, le 09/03/18

La chargée d'affaire

Karine Muller-Perriand

Annexes

Annexe A - Résultats des quotients de danger pour les risques d'inhalation de dioxyde de soufre et dioxyde d'azote du rapport initial de 2016

Polluants	VTR (µg/m³)	Organe cible ou effet	Init	FDL	PRO sans	PRO avec	PRO avec ECO-Q
Dioxyde de soufre	26	Signes fonctionnels respiratoires	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Dioxyde d'azote	480	Poumon	0,57	0,38	0,36	0,37	0,40
Cumul des dangers	s pour les	voies respiratoires	1,70	1,51	1,49	1,50	1,53

Annexe B - Émissions de polluants dans l'air de la raffinerie Pétroplus

Emission dans l'Air

Polluant	Unité 💠	2008 💠	2009 💠	2010 💠	2011 💠	2012 💠
22 - Antimoine et ses composés (Sb)	kg/an	0	0	87.6	0	0
23 - Arsenic et ses composés (As)	kg/an	47.3	0	0	0	0
29 - Benzène	kg/an	21000	0	0	0	0
34 - Cadmium et ses composés (Cd)	kg/an	13	13.5	0	0	0
46 - Chrome et ses composés (Cr)	kg/an	0	1980	204	0	0
48 - Cobalt et ses composés (Co)	kg/an	0	197	106	0	0
49 - Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)	kg/an	1220000	1020000	1070000	995000	729000
53 - Cuivre et ses composés (Cu)	kg/an	0	344	153	0	0
86 - Manganèse et ses composés (Mn)	kg/an	0	255	0	0	0
88 - Mercure et ses composés (Hg)	kg/an	21.1	0	0	0	0
89 - Monoxyde de carbone (CO)	kg/an	2690000	0	0	9220000	1330000
94 - Nickel et ses composés (Ni)	kg/an	7350	3690	1590	0	0
101 - Oxydes de soufre (SOx - SO2 + SO3) (en eq. SO2)	kg/an	8400000	5120000	5950000	5220000	4320000
102 - Oxydes d'azote (NOx - NO + NO2) (en eq. NO2)	kg/an	1530000	1510000	1280000	1350000	941000
103 - Particules de taille inférieure à 10 µm (PM10)	kg/an	312000	178000	177000	154000	123000
110 - Plomb et ses composés (Pb)	kg/an	0	480	296	0	0
111 - Poussières totales (TSP)	kg/an	475000	273000	269000	234000	190000
112 - Protoxyde d'azote (N2O)	kg/an	39200	35300	35500	32300	18200
128 - Zinc et ses composés (Zn)	kg/an	263	672	338	0	0
129 - CO2 Total d'origine non biomasse uniquement	kg/an	1460000000	1270000000	1270000000	1210000000	653000000
131 - CO2 Total (CO2 d'origine biomasse et non biomasse)	kg/an	1460000000	1270000000	1270000000	1210000000	653000000

(source: http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/form-etablissement/details/992#/)

Annexe C - Caractérisation des risques pour l'exposition chronique (QD), effet à seuil de dose, risque par ingestion directe de sol au niveau de l'écoquartier, du rapport initial de 2016

	Polluants	VTR (mg/kg/j)	Organe cible ou effet	PRO_avec	
	Baryum	2,0E-01	rein	9,7E-06	
	Cadmium	3,6E-04	rein	4,7E-04	
	Mercure (inorg)	2,0E-03	rein	1,1E-04	
Ę.	Nickel	2,0E-02	rein	1,8E-05	
Écoquartier		6,1E-04			
dna	Mercure (org)	1,0E-04	système nerveux (enfant)	2,1E-03	
Ö	Plomb	3,5E-03	système nerveux	2,2E-04	
·Ш	Cumul des d	2,4E-03			
	Arsenic	4,5E-04	peau	2,5E-05	
	ChromeVI	3,0E-03	respiration	1,6E-05	
	QD sommé Écoquarti	3,0E-03			



Cerema Centre-Est