



Projet de création d'une centrale photovoltaïque - Montauban

MINELIS	QENSRO23A-a-2307	Version 1
Plan de gestion		




Version	Date	Corrections et modifications
1	07/07/2023	Première édition
2	10/07/2023	Modifications diverses

Projet de création d'une centrale photovoltaïque - Montauban

Plan de gestion

Auteurs : MINELIS Harold LEFEVRE	Code du document : QENSRO23A-a-2307 Numéro de version : 1 Date : 10/07/2023
--	--

Identification du client : 330 rue du Mourelet ZI de Courtine 84000 AVIGNON Représentant : Malou Jean MEYZONNIER Chargé d'affaire environnement	Référence du contrat : D23-072 MINELIS Superviseur : Firmin CARPENTIER, Ingénieur environnement Chef de projet : Nicolas SAUZAY, Directeur Général
---	---

CONTROLE INTERNE		
Auteur : MINELIS	Nom et fonction : Harold LEFEVRE, Ingénieur Environnement	Date et signature : 10/07/23 
Relecture : MINELIS	Nom et fonction : Nicolas SAUZAY, Directeur Général	Date et signature : 10/07/23 
Contrôle qualité : MINELIS	Nom et fonction : Firmin CARPENTIER, Superviseur	Date et signature : 10/07/23  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-top: 5px;"> MINELIS S.A.S. 33, rue Chanzy 92600 ASNIERES </div>

PREAMBULE

Le présent rapport est rédigé à l'usage exclusif du client et est conforme à la proposition commerciale de MINELIS. Il est établi au vu des informations fournies à MINELIS et des connaissances techniques, réglementaires et scientifiques connues au jour de la commande. La responsabilité de MINELIS ne peut être engagée si le client lui a transmis des informations erronées ou incomplètes.

Toute utilisation partielle ou inappropriée des données contenues dans ce rapport, ou toute interprétation dépassant les conclusions émises, ne saurait engager la responsabilité de MINELIS.

Les conclusions de ce rapport sont basées sur des résultats obtenus, à un instant donné, sur les sondages unitaires réalisés, n'excluant pas la présence d'anomalie ponctuelle et localisée non identifiée par le maillage établi sur la zone d'étude.

Il a par ailleurs été établi par rapport au projet d'aménagement fourni au moment de l'étude. Si ce dernier devait être modifié, cela pourrait remettre en cause les prescriptions du présent rapport. Une mise à jour serait alors nécessaire afin de valider que les prescriptions établies sont toujours d'actualité.

SOMMAIRE

GLOSSAIRE	8
Résumé non technique	9
Résumé technique.....	11
1 Introduction.....	13
1.1 Références méthodologiques et réglementation	13
1.2 Documents de référence	13
2 Présentation de la zone d'étude	15
2.1 Situation géographique	15
2.2 Présentation du projet d'aménagement.....	18
2.3 Synthèse historique et environnementale	20
2.3.1 Synthèse historique (A100, A110, A120 et A130).....	20
2.3.2 Synthèse environnementale	20
3 Schéma conceptuel	28
3.1 Sources de pollution	28
3.2 Enjeux à considérer	28
3.3 Voies de transfert	28
3.4 Cibles.....	28
4 Etudes Quantitatives des Risques Sanitaires (A320)	31
4.1 Objectifs de l'EQRS	31
4.2 Limites de l'étude	31
4.3 Démarche de l'EQRS.....	31
4.4 Evaluation des dangers.....	32
4.4.1 Toxicologie des substances, relation dose-effet.....	32
4.4.1.1 Estimation des relations doses / réponses.....	32
4.4.1.2 Classement des substances cancérigènes.....	33
4.4.1.3 Outils d'évaluation des risques.....	33
4.4.1.4 Critères d'acceptabilité des risques sanitaires.....	34
4.4.2 Propriétés physico-chimiques des substances	34
4.4.3 Choix des substances à retenir pour l'EQRS	35
4.5 Évaluation des expositions	35
4.5.1 Sources de pollution	35
4.5.2 Identifications des modes de transfert.....	35
4.5.3 Identification des modes d'exposition.....	36
4.5.4 Evaluation des expositions.....	36
4.5.4.1 Valeurs des paramètres.....	37
4.6 Evaluation des risques	42
4.7 Incertitudes.....	44
4.7.1 Incertitudes liées à l'évaluation de la toxicité	44
4.7.2 Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition	44
4.7.2.1 Incertitudes liées aux propriétés de la zone non saturée	44
4.7.2.2 Incertitudes liées à la pollution.....	44
4.7.2.3 Incertitudes sur l'exposition des cibles	45
4.7.2.4 Incertitudes liées à la modélisation	45
4.7.2.5 Incertitudes liées aux calculs des risques.....	45

5 Bilan cout avantage (A330)..... 46
5.1 Mesure de gestion envisageable 46
6 Conclusion 48
ANNEXES..... 51

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Figures

Figure 1 : Plan de masse de la future centrale photovoltaïque.....	19
Figure 2 : Schéma conceptuel actuel.....	30
Figure 3 : Schéma conceptuel prévisionnel.....	47

Liste des Plans

Plan 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond photographie aérienne	16
Plan 2 : Localisation de la zone d'étude sur fond cadastral	17
Plan 3 : Répartition des sondages sur la parcelle d'activité	21
Plan 4 : Synthèse des résultats sur les eaux souterraines	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des parcelles concernées par le site d'étude.....	15
Tableau 2 : Résultats d'analyses des teneurs en métaux dans les sols échantillonnés.....	22
Tableau 3 : Résultats d'analyses des teneurs en hydrocarbures totaux dans les sols échantillonnés	23
Tableau 4 : Résultats d'analyses des teneurs en HAP dans les sols échantillonnés pour les valeurs supérieures à 1 mg/kg MS pour la somme des HAP	23
Tableau 5 : Résultats d'analyses sur éluât après lixiviation dans les sols échantillonnés	24
Tableau 6 : Résultat d'analyses sur les matériaux amiantés échantillonnés.....	24
Tableau 7 : Résultats d'analyses sur l'échantillon d'eau souterraine.....	26
Tableau 8 : Classement des substances cancérigènes	33
Tableau 9 : Equations utilisées dans le calcul des risques sanitaires	34
Tableau 10 : Description des modes de transfert	36
Tableau 11 : Sélection des modes d'exposition	36
Tableau 12 : Caractéristiques environnementales	37
Tableau 13 : Caractéristiques des populations du site.....	38
Tableau 14 : Teneurs maximales retenues dans les sols	39
Tableau 15 : Valeurs toxicologiques de références pour l'ingestion	40
Tableau 16 : Valeurs toxicologiques de références pour l'inhalation	41
Tableau 17 : Résultats des calculs de risques pour l'ingestion de sol	42
Tableau 18 : Résultats des calculs de risques pour l'inhalation en air extérieur.....	43

GLOSSAIRE

AFNOR : Association française de normalisation

BRGM : Bureau de recherche géologique et minière

Brut : Les analyses sur brut sont réalisées directement sur le sol prélevé

BTEX : Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

COFRAC : Comité français d'accréditation

COHV : Composé organo-halogénés volatils

COT : Carbone organique total

CTRA : Centre technique Renault A

Éluât : L'analyse sur éluât se réalise sur l'eau mise en contact pendant 24 heures avec l'échantillon prélevé

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

HCT : Hydrocarbures totaux

ISDI : Installation de stockage de déchet inerte

ISDND : Installation de stockage de déchet non dangereux

ISDD : Installation de stockage de déchet dangereux

K3+ : Installation de stockage de déchet inerte avec seuils d'acceptation x 3

MS : Matière sèche

PG : Plan de gestion

SPL : Société publique locale

TGAP : Taxe générale sur les activités polluante

Résumé non technique

Dans le cadre de la vente du projet photovoltaïque localisé sur la carrière Marin à Montauban, la société Générale du Solaire souhaite s'adjoindre les compétences d'un bureau d'étude spécialisé en environnement afin de gérer la problématique sol pollué sur ce site.

La superficie totale de la zone d'étude est d'environ 16,5 hectares.

Dans le cadre des investigations réalisées sur le site du futur projet de centrale photovoltaïque, au nord de Montauban, les analyses en laboratoire ont mis en évidence la présence :

Sur les sols (prélèvement du 23 janvier 2020 - RESSRO20A-d-2001 V1) :

- De métaux dans le sol à des concentrations relativement faibles excepté pour certains échantillons ;
- La présence d'HCT sur quasiment l'ensemble des échantillons ;
- La présence de HAP sur quelques échantillons dont un dépassant le seuil d'acceptabilité ISDI (S19 2-3 : 82mg/kg MS) ;
- Les analyses lixiviations révèlent que 4 échantillons présentent des concentrations supérieures aux seuils de classe ISDI mais rentrent néanmoins dans les critères d'acceptabilité en K3+ (si les centres ont la place au moment de l'évacuation) ou ISDND ;
- La présence d'amiante sur les plaques en fibro-ciment sur le monticule de gravât.

Sur les eaux souterraines (GDSSRO22A-b-2211 V1) :

- De métaux à des concentrations supérieures à la NQE, fixée dans la circulaire d'application du 23 octobre 2012 de l'arrêté du 17 décembre 2008 sur les trois piézomètres.

Une Étude Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a été réalisée pour les ouvriers lors de la phase de construction et les futurs travailleurs de la centrale photovoltaïque.

L'étude a porté sur les scénarios d'exposition suivants :

- Inhalation de gaz de sol en air extérieur ;
- Ingestion par contact avec des polluants accessibles.

L'étude a été réalisée conformément à la méthodologie nationale donnée par les textes du 8 février 2007 modifiés.

Pour l'ingestion de sol, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

Pour l'inhalation d'air en extérieur, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

L'usage futur de la centrale photovoltaïque est compatible avec l'état actuel du site.

Résumé technique

Synthèse	
Client	Générale du Solaire
Site	Chemin de rossignol – Ancienne carrière de Montauban
Cadastre	Parcelles 569, 617, 1143, 1145 et 1154 – section 0A
Etat	Terrain remblayé laissé à l'abandon
Contexte de l'étude	Dans le cadre de la vente du projet photovoltaïque localisé sur la carrière Marin à Montauban, la société Générale du Solaire souhaite s'assurer que le projet répond aux exigences prévues par l'article R556-3 du Code de l'environnement, en particulier concernant la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur du site
Prestation élémentaire A320 – Analyse des enjeux sanitaires	
Voies de transfert	<ul style="list-style-type: none"> - Les voies de transfert par inhalation de substances toxiques émises par les sols (volatilisation ou migration) ; - L'ingestion par contact de polluants accessibles.
Cibles	Les cibles sur le site seront les ouvriers lors de la phase de construction et les futurs travailleurs qui auront accès à la centrale photovoltaïque.
Milieux d'exposition	Les milieux d'exposition retenus sont l'air extérieur et le sol.
Budget espace-temps	<ul style="list-style-type: none"> - Ouvrier phase chantier : 50 jours – 7 heures par jour ; - Ouvrier phase exploitation : 25 jours /an – 7 heures par jour
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Pour l'ingestion de sol, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale ; - Pour l'inhalation d'air en extérieur, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.
Prestation élémentaire A330 – Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages	
Option de gestion retenue	Aucune mesure de gestion n'est retenue.
Estimation des volumes	Aucune excavation de terres n'est prévue pour le projet, seul des mouvements de terre dans l'emprise du site auront lieu. Ce chapitre est donc sans objet.
Estimation des coûts	Aucun coût de gestion n'a été calculé.
Conclusion et préconisations	
Préconisations	<p>Le site est compatible avec l'usage futur.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Port des EPI obligatoire ; • Port de masque respiration pour éviter de respirer des poussières ; • Port de gants afin d'éviter tout risque d'ingestion de sol ;

1 Introduction

Dans le cadre de la vente du projet photovoltaïque localisé sur la carrière Marin à Montauban, la société Générale du Solaire souhaite s'adjoindre les compétences d'un bureau d'étude spécialisé en environnement afin de gérer la problématique sol pollué et déchet sur ce site.

L'objectif de la mission est de s'assurer de la compatibilité du projet avec la qualité des sols et de réaliser une ATTES ALUR afin d'attester la prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception du projet de construction d'une centrale photovoltaïque.

Dans le cadre de cet aménagement, la société Générale du Solaire a mandaté MINELIS pour réaliser un plan de gestion.

Le présent rapport a pour objet le plan de gestion, comme prévu dans la norme AFNOR NF X31-620.

1.1 Références méthodologiques et réglementation

Les référentiels qui ont servi de base à l'élaboration de cette mission sont les textes et outils de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France du 8 février 2007, révisée par la note du 19 avril 2017.

Par ailleurs, cette étude a été réalisée en se référant à la norme AFNOR NF X31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », révisé au décembre 2021, pour le domaine A : « Études, assistance et contrôle » (**ANNEXE 1**).

Nous nous plaçons dans une prestation de type Plan de gestion (PG).

Cette prestation globale inclut les prestations élémentaires suivantes :

- A320 : Analyses des enjeux sanitaires ;
- A330 : Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages.

Ce plan de gestion a été réalisé afin de répondre aux exigences définies par l'article R556-3 du Code de l'environnement, en particulier il concerne la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur du site et ne préjuge pas des mesures, qui peuvent être nécessaires dans le cadre de la cessation d'activité de l'ancienne carrière, qui devront être en adéquation avec les intérêts mentionnés dans l'article L511-1 du code de l'environnement.

La problématique amiante, exclue du périmètre de la norme NF X 31 620 doit être gérée suivant sa réglementation spécifique.

1.2 Documents de référence

Cette étude s'appuie sur différents rapports réalisés par MINELIS :

- L'étude historique, documentaire, mémorielle et de vulnérabilité des milieux de janvier 2020 : rapport MINELIS RESSRO20A-b-2001 ;
- Le rapport de diagnostic de pollution de février 2020 : rapport MINELIS RESSRO20A-d-2001 ;
- Le rapport de diagnostic des eaux souterraines décembre 2022 : rapport MINELIS GDSSRO22A-b-2211.

2 Présentation de la zone d'étude

2.1 Situation géographique

L'ancienne carrière, objet de l'étude, est située dans la commune de Montauban, dans le département du Tarn-et-Garonne (82) en région Occitanie. Le site d'étude se situe à environ 5 km au nord du centre de Montauban.

Le site d'étude couvre une superficie de 16,5 hectares (cf. **Plan 1** et **Plan 2**).

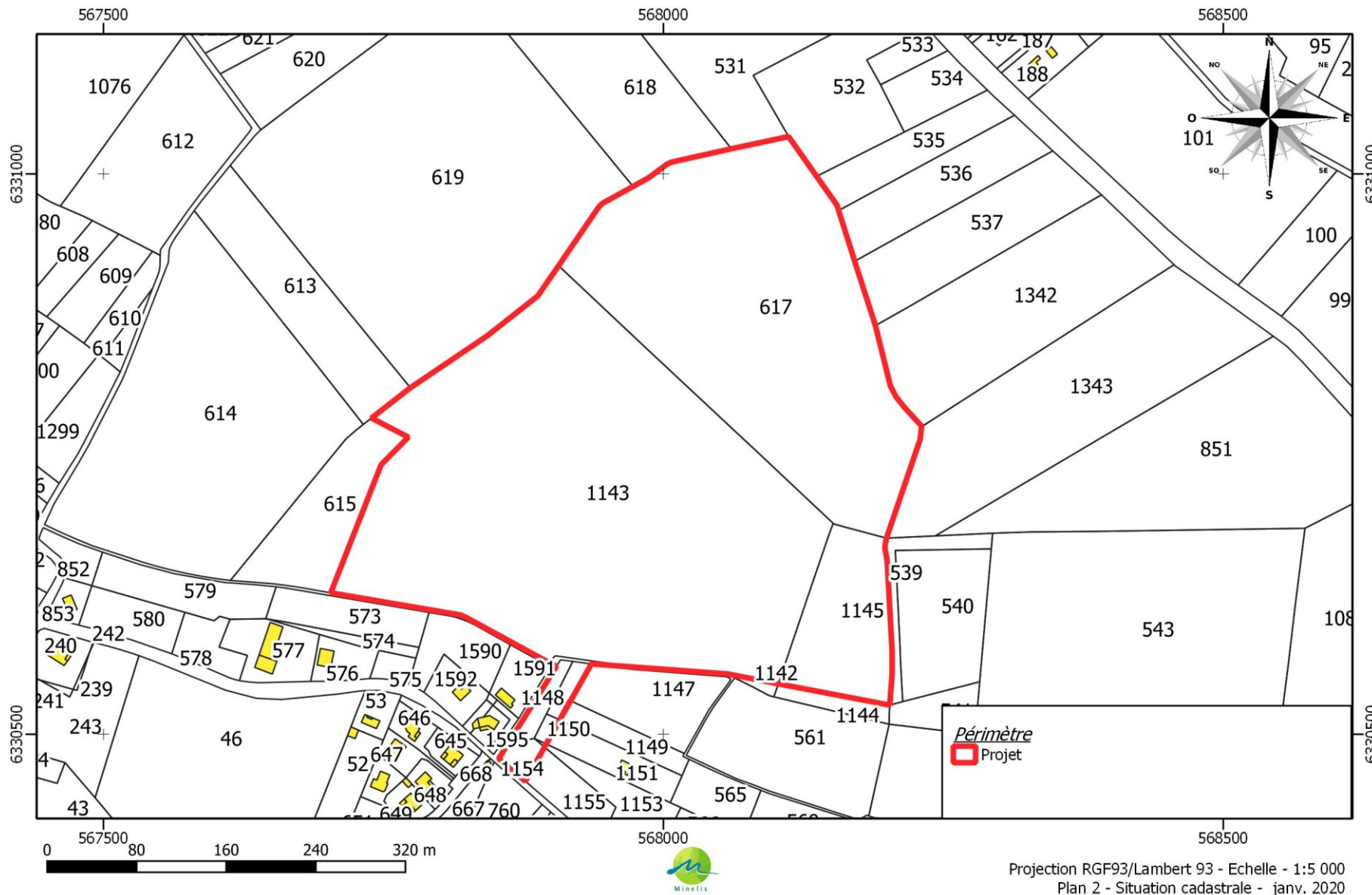
Les parcelles cadastrales concernées par cette étude sont :

Commune	Section	N° de parcelle
Montauban	0A	569
Montauban	0A	617
Montauban	0A	1143
Montauban	0A	1145
Montauban	0A	1154

Tableau 1 : Liste des parcelles concernées par le site d'étude



Plan 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond photographie aérienne



Plan 2 : Localisation de la zone d'étude sur fond cadastral

2.2 Présentation du projet d'aménagement

Dans le cadre d'un projet de développement, la société CPES Soleil Rouge souhaite faire installer une centrale photovoltaïque sur l'ancienne carrière Marin (cf. **Figure 1**) suivant le plan de masse, en version 5 du 16/08/2022, n°03925D2818-01 réalisé par la CPES Soleil rouge. Il est également fourni en **ANNEXE 4**.

Lors de la phase chantier, des mouvements de terre auront lieu sur l'emprise du projet : il s'agira d'opérations de déblais/remblais locaux, servant à homogénéiser le terrain d'assiette à une altimétrie uniforme (l'objectif étant que l'intégralité du terrain d'assiette soit située à une cote permettant de sortir d'aléa rouge du risque inondation). Le nivellement sera fixé à la cote 80,9 NGF, ce qui représente un volume de terres d'environ 25 000 m³.

D'autre part, le tas de gravats présent actuellement (~11 000 m³) sera démantelé, concassé et ré-employé localement pour l'aménagement des pistes de circulation.

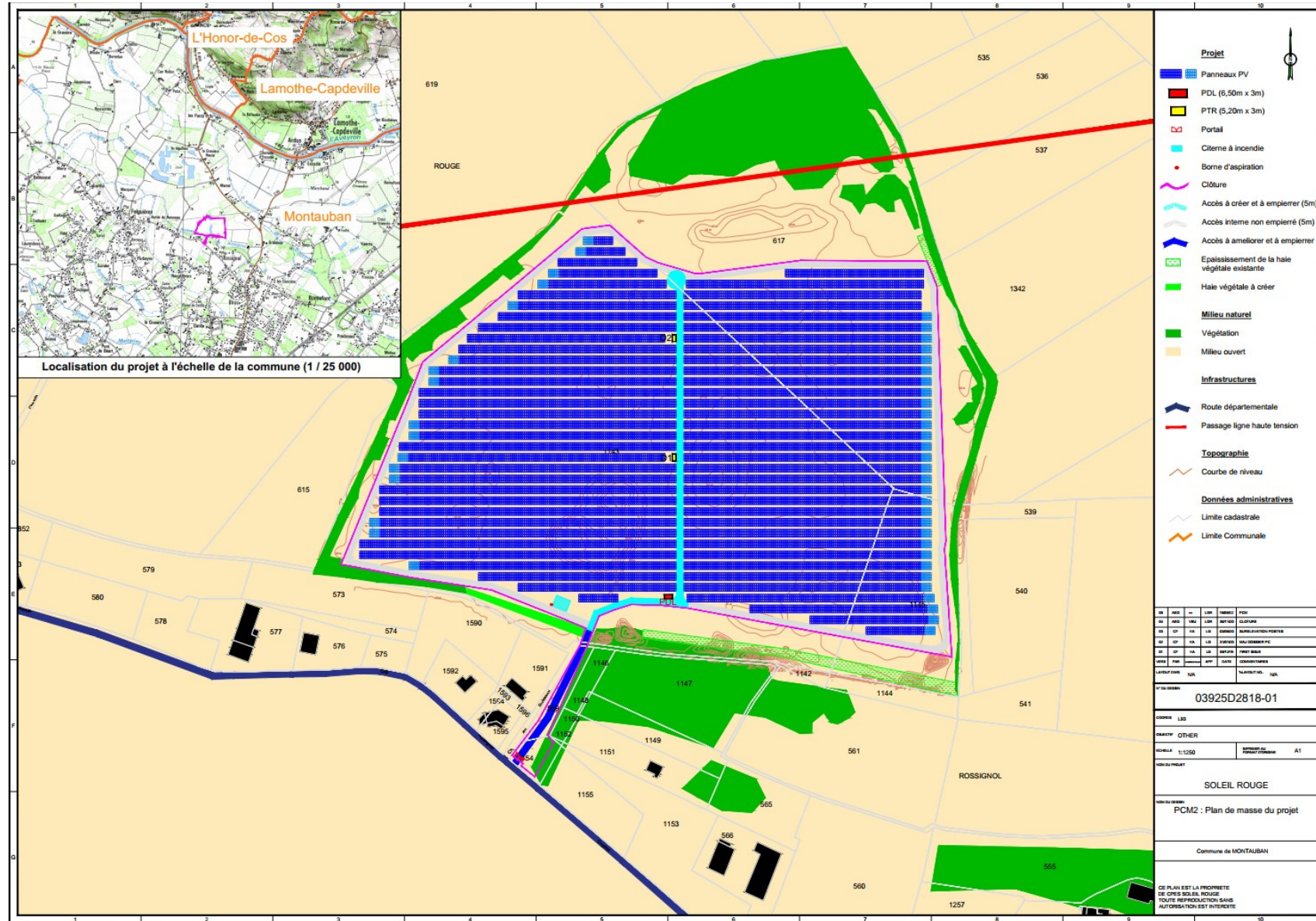


Figure 1 : Plan de masse de la future centrale photovoltaïque en date du 16/08/2022

2.3 Synthèse historique et environnementale

2.3.1 Synthèse historique (A100, A110, A120 et A130)

Cette étude s'appuie sur le rapport réalisé par MINELIS : Étude historique, documentaire, mémorielle et de vulnérabilité des milieux de janvier 2020 : rapport RESSRO20A-b-2001.

Le site d'étude se situe à environ 5 km au nord du centre de Montauban. La superficie totale de la zone d'étude est d'environ 16,5 hectares. Sur la zone étudiée, l'altitude moyenne du site est de 80 mètres NGF. Globalement la topographie du site est plane.

Entre 1950 et 1990, date du début de l'exploitation de la carrière, aucun changement n'a eu lieu sur le site hormis un développement général de l'urbanisation autour de la ville de Montauban.

La carrière est exploitée de 1990 à 2005, d'après l'autorisation d'exploiter défini par l'AP 90-1734 datant du 10/12/1990. Il s'agit d'une carrière de grave alluvionnaire. La partie nord du site ne sera pas exploitée. Entre 2005 et 2008, des travaux de remise en état seront effectués sur le site, comme défini dans l'AP.

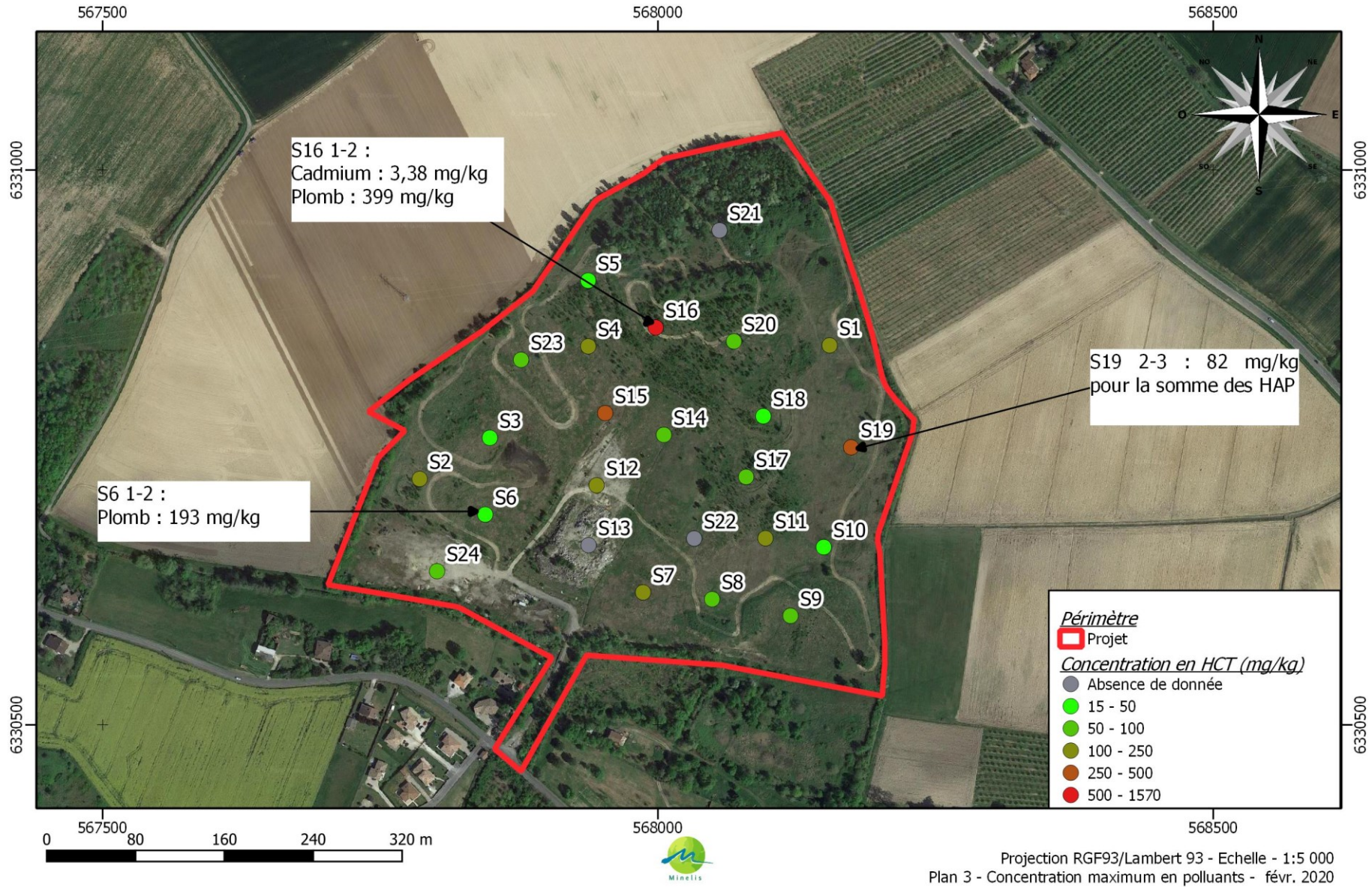
Le procès-verbal de recollement, datant du 17/10/2008, atteste que les travaux que les travaux de remise en état ont bien consisté en un remblaiement intégral du terrain initial accompagné d'un enherbement. Cependant d'après l'analyse des photos aériennes, un monticule de gravats est laissé au milieu du site. Ce monticule est composé de blocs de béton, de ferrailles et de matériaux pouvant contenir de l'amiante (d'après la visite de site).

Entre 2008 et 2011, le tas de gravats semble s'agrandir d'après les photos aériennes, ce qui indique que des dépôts ont eu lieu sur celui-ci. Entre 2011 et 2012, un dépôt de matériaux inconnu, d'une surface d'environ 10 000 m², a lieu à l'angle sud-est du site.

De plus, depuis 2010, le site semble être utilisé comme parcours de motocross ou de VTT.

2.3.2 Synthèse environnementale

Une étude environnementale a été conduite en janvier 2020 sur le sol (RESSRO20A-d-2001) puis sur les eaux souterraines en novembre 2022 (GDSSRO22A-b-2211) par MINELIS, sur la parcelle concernée. Elle a permis de réaliser 24 points de sondages et prélèvements repris sur le **Plan 3** et 3 piézomètres repris sur le Plan 4.



Plan 3 : Répartition des sondages sur la parcelle d'activité

Les résultats des analyses en laboratoire mettent en évidence la présence métaux et hydrocarbures dans les sols et de paramètres dépassant les seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014.

Paramètres	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Nickel	Plomb	Zinc	Mercurure
Valeurs de référence (ASPITET) (sols ordinaires)	1 à 25	0,05 à 0,45	10 à 90	2 à 20	2 à 60	9 à 50	10 à 100	0,02 à 0,1
Valeurs de référence (ASPITET) (anomalies modérées)	30 à 60	0,7 à 2	90 à 150	20 à 62	60 à 130	60 à 90	100 à 250	0,10
Valeurs de référence (ASPITET) (anomalies fortes)	60 à 284	2 à 46,3	150 à 3 180	65 à 160	130 à 2 076	100 à 10 180	250 à 11 426	
S1 0,5-1,5	11,8	<0,40	15,9	19,7	11,4	43,4	65,3	0,14
S2 2-3	14,4	<0,40	18,8	21,4	13,6	38,4	60,4	3,02
S3 2-3	15,2	<0,40	21	16,8	19,1	22,1	53,2	0,12
S4 0-1	9,92	0,66	16,2	29,2	12,5	61,4	70,5	<0,10
S5 0-1	6,98	<0,40	11,1	16	7,18	38,6	40,3	0,19
S6 0-1	14,5	0,51	20,9	21,8	17,1	193	212	0,43
S7 0-1	6,71	<0,40	11,6	15,9	5,85	24,8	30,9	<0,10
S7 2-3	11,5	<0,40	18	26	14,1	31,2	54,7	0,25
S8 0-1	16,6	<0,40	25,5	18	20,8	24,4	59,7	0,14
S8 3-4	15,6	<0,40	17,2	14,9	18,4	20,5	45,2	<0,10
S9 0-1	9,02	1,4	15,8	50,5	16,5	99,9	261	0,16
S9 2-3	13	<0,40	16,4	35,8	14,2	61,1	73,4	0,43
S10 0-1	14,8	<0,40	18,8	23,1	16,7	24,6	54,4	0,23
S11 1-2	16,1	<0,40	20,2	20,1	16,9	26,4	60,1	0,34
S12 1-2	10,3	<0,40	18,1	28,9	14,5	41,4	89	<0,10
S14 0-1	13,6	<0,40	19,6	26,1	15,1	62,2	62,5	0,18
S15 0-1	6,75	<0,40	12	28,8	7,06	28,4	51,6	<0,10
S15 2-3	10,9	0,56	19,7	47,9	15,6	68	106	0,19
S16 1-2	18,9	3,38	42,2	107	38,1	399	2010	1,14
S16 3-4	10,6	<0,40	19	18,2	14	31,8	73,9	0,16
S17 0-1	13,1	<0,40	18	24,9	14,3	45,9	85,4	0,19
S18 0-1	15,1	0,53	62	30,9	16,6	67,7	147	0,29
S19 1-2	18,7	<0,40	22	17,2	20,7	24,2	62,7	<0,10
S19 2-3	11,2	0,6	16,7	39,8	14,7	69,4	100	0,2
S20 2-3	8,84	0,72	22,1	51,3	11,8	50,1	145	0,4
S21 0-1	22,6	<0,40	27,8	20,4	25	24,6	63,4	0,12
S22 0-1	19,3	<0,40	22,5	25,6	23	36,7	85,5	0,15
S23 0-1	11,1	<0,40	17,1	25,5	13,6	40,9	59,9	0,21
S24 0-1	10,5	<0,40	14,6	12	12,6	18,7	64,3	<0,10

Tableau 2 : Résultats d'analyses des teneurs en métaux dans les sols échantillonnés

Échantillons		Concentrations (mg/kg MS)				
		Indice Hydrocarbures (C10-C40)	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)
Valeurs de référence	Seuils ISDI	≤ 500	-	-	-	-
	Seuils ISDND	≤ 2 000				
	Seuils ISDD	≤ 10 000				
S1 0,5-1,5		178	0,8	5,27	51,9	120
S2 2-3		143	0,56	11,7	104	27,2
S3 2-3		26,8	1,95	5,67	11	8,13
S4 0-1		109	0,49	5,04	36	67,9
S5 0-1		28	0,87	1,08	11,6	14,5
S6 0-1		21,6	2,47	1,86	8,32	8,93
S7 0-1		41,1	0,73	1,96	15,4	23
S7 2-3		163	4,84	8,27	111	39,3
S8 0-1		<15,0	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
S8 3-4		67	19,1	22	16,1	9,82
S9 0-1		57,3	2,66	14,1	26,8	13,7
S9 2-3		80,8	1,7	4,02	40,3	34,8
S10 0-1		43,7	1,91	2,42	12,5	26,9
S11 1-2		127	3,64	8,11	35,8	79,9
S12 1-2		205	4,2	18,5	143	39,9
S14 0-1		82,8	2,79	4,08	19,7	56,2
S15 0-1		32,2	0,64	2,43	10,3	18,8
S15 2-3		266	10,2	28,9	83,5	144
S16 1-2		1 570	95,2	260	785	425
S16 3-4		27,5	1,9	3,21	9,3	13,1
S17 0-1		81,2	1,12	8,09	41	31
S18 0-1		43,4	1,72	2,81	10,6	28,2
S19 1-2		<15,0	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
S19 2-3		434	57,5	102	144	129
S20 2-3		61,7	2,07	10,4	24,6	24,6
S21 0-1		<15,0	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
S22 0-1		<15,0	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
S23 0-1		81	1,46	4,87	26,4	48,2
S24 0-1		50,5	1,32	1,44	32,6	15,1

Tableau 3 : Résultats d'analyses des teneurs en hydrocarbures totaux dans les sols échantillonnés

Les résultats en blanc montrent les échantillons ne dépassant pas les seuils ISDI, tandis que ceux en **bleu** dépassent les seuils ISDI mais pas ceux ISDND

Echantillons	S1 0,5-1,5	S15 2-3	S16 1-2	S19 2-3	S23 0-1	Seuil ISDI	Seuil ISDND
Somme des HAP	2,1	1,1	2,1	82	1,5	< 50	< 100

Tableau 4 : Résultats d'analyses des teneurs en HAP dans les sols échantillonnés pour les valeurs supérieures à 1 mg/kg MS pour la somme des HAP

Paramètres		Indices de pollution sur éluât			Métaux sur éluât	Classe retenue
		Fraction soluble	Fluorure	Sulfates	Plomb	
Valeurs de référence	Seuils classe ISDI	≤ 4000	≤ 10	≤ 1000	< 0,5	
	Seuils classe K3+	< 12 000	< 30	< 3 000	< 1,5	
	Seuils classe ISDND	≤ 60 000	≤ 150	≤ 20 000	< 10	
Unité		mg/kg MS			mg/kg MS après lixiviation	
S1 0,5-1,5		<2000	<5,00	148	<0,10	ISDI
S7 0-1		18600	<5,00	222	0,38	ISDND
S8 0-1		2780	11,9	1090	<0,10	K3+
S9 0-1		2520	10,9	88,3	<0,10	K3+
S22 0-1		11500	9,04	67,5	<0,10	K3+

Tableau 5 : Résultats d'analyses sur éluât après lixiviation dans les sols échantillonnés

Nom d'échantillon	Description visuelle	Technique utilisée	Résultats
A1	Matériau dur fibreux de type fibres-ciment (marron)	MOLP* :	Fibres d'amiante de type chrysotile, crocidolite
A2	Matériaux durs de type carrelage, faïence (beige); matériaux durs de type ciment-colle (beige en traces); matériaux durs granulaires (marron); matériaux durs de type joint ciment (beige)	MET* : Calcination – attaque acide – broyage mécanique	Fibres d'amiante non détectées
A3	Matériaux durs granulaires (gris)	MET* : Calcination – attaque acide – broyage mécanique	Fibres d'amiante non détectées

*MOPL : Microscope Optique à Lumière Polarisée – MET : Microscope Electronique à Transmission

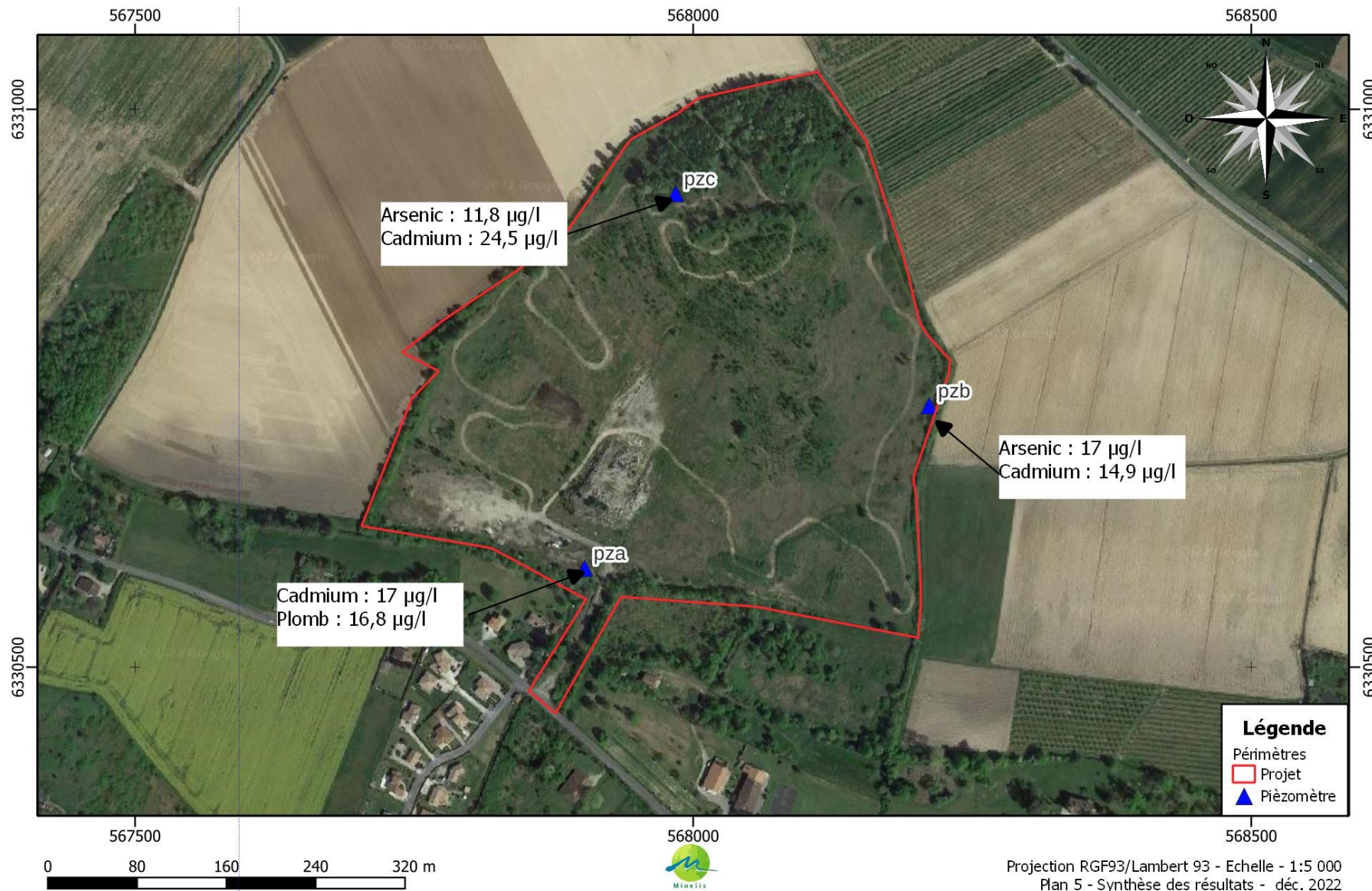
Tableau 6 : Résultat d'analyses sur les matériaux amiantés échantillonnés

Les résultats sur l'échantillon d'eau prélevé au droit des 3 piézomètres sont synthétisés ci-dessous.

	Paramètres	Unité	Seuils	LQ	PZA	PZB	PZC
Métaux	Mercure (Hg)	µg/l	1	0,1	<0,10	<0,10	<0,10
	Antimoine (Sb)	µg/l	5	0,2	0,9	0,31	0,35
	Arsenic (As)	µg/l	10	0,2	4,91	17,8	11,8
	Baryum (Ba)	µg/l	700	0,2	148	218	325
	Cadmium (Cd)	µg/l	5	0,2	17	14,9	24,5
	Chrome (Cr)	µg/l	50	0,5	6,11	1,51	2,82
	Cuivre (Cu)	µg/l	2000	0,5	12,8	2,91	7,64
	Molybdène (Mo)	µg/l	70	0,2	1,1	0,98	1,43
	Nickel (Ni)	µg/l	20	2	8,3	7	12,3
	Plomb (Pb)	µg/l	10	0,5	16,8	3,69	7,44
	Sélénium (Se)	µg/l	10	0,5	0,63	<0,50	<0,50
	Zinc (Zn)	µg/l	5000	5	29,9	21,7	32
HCT	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/l	-	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/l	-	0,008	<0,008	<0,008	<0,008
	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/l	-	0,008	<0,008	<0,008	<0,008
	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/l	-	0,008	<0,008	<0,008	<0,008
	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/l	-	0,008	<0,008	<0,008	<0,008
HAP	Naphtalène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Acénaphthylène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Acénaphène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Fluorène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Anthracène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Fluoranthène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Pyrène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(a)-anthracène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Chrysène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(b)fluoranthène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(k)fluoranthène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(a)pyrène	µg/l	-	0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
	Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Phénanthrène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(ghi)Pérylène	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme des 16 HAP	µg/l	-		<0,0025	<0,0025	<0,0025	
PCB	PCB 28	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 52	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 101	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 118	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 138	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 153	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	PCB 180	µg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01

	SOMME PCB (7)	µg/l	-		<0,01	<0,01	<0,01
BTEX	Benzène	µg/l	1	0,5	<0,50	<0,50	<0,50
	Toluène	µg/l	700	1	<1,00	<1,00	<1,00
	Ethylbenzène	µg/l	300	1	<1,00	<1,00	<1,00
	o-Xylène	µg/l	500	1	<1,00	<1,00	<1,00
	Xylène (méta-, para-)	µg/l	500	1	<1,00	<1,00	<1,00
	Sulfates (SO4)	mg/l	250 ^(a)	5	136	55,8	92,3
	Indice phénol	µg/l		10	<10	<10	<10

Tableau 7 : Résultats d'analyses sur l'échantillon d'eau souterraine



Plan 4 : Synthèse des résultats sur les eaux souterraines

3 Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel est un bilan factuel de l'état du site et des milieux. Il permet d'établir ou de préciser les relations entre les sources, les milieux et leurs caractéristiques, ainsi que les enjeux à protéger.

3.1 Sources de pollution

Dans le cadre de la synthèse des diagnostics de pollution réalisés par MINELIS, des sources de pollution ont été identifiées :

- Présence de métaux sur brut, principalement en cuivre et plomb, sur deux sondages ;
- Présence de HCT pour la majorité des échantillons avec un dépassement du seuil ISDI pour un échantillon ;
- La présence de HAP sur quelques échantillons dont un dépassant le seuil d'acceptabilité ISDI (S19 2-3 : 82mg/kg) ;
- Les analyses lixiviations révèlent que 4 échantillons présentent des concentrations supérieures aux seuils de classe ISDI mais rentrent néanmoins dans les critères d'acceptabilité en K3+ (si les centres ont la place au moment de l'évacuation) ou ISDND ;
- La présence d'amiante sur les plaques en fibro-ciment sur le monticule de gravât ;
- La présence de métaux à des concentrations supérieures « à la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine ».

3.2 Enjeux à considérer

Actuellement, aucune cible n'est identifiée sur le site d'étude.

Dans le cadre de l'aménagement futur, les enjeux à considérer seront les ouvriers en phase travaux puis les futurs employés lors des phases de maintenance.

3.3 Voies de transfert

Compte tenu de la nature des polluants, de la configuration du site et de l'environnement, les voies de transfert suivantes sont identifiées :

- L'infiltration des eaux de pluies peut générer des phénomènes de remobilisation et de concentration des polluants ;
- L'ingestion des sols via la production de poussière ou le contact direct ;
- Les gaz de sol peuvent conduire à l'inhalation de substances dangereuses qui se seraient volatilisées dans les sols.

3.4 Cibles

À plus long terme, ce seront les personnes travaillant sur le site qui seront des cibles potentielles, spécifiquement dans le cas de la création d'une centrale photovoltaïque lors de

la phase chantier et plus tard les personnes intervenant lors des inspections en phase d'exploitation.

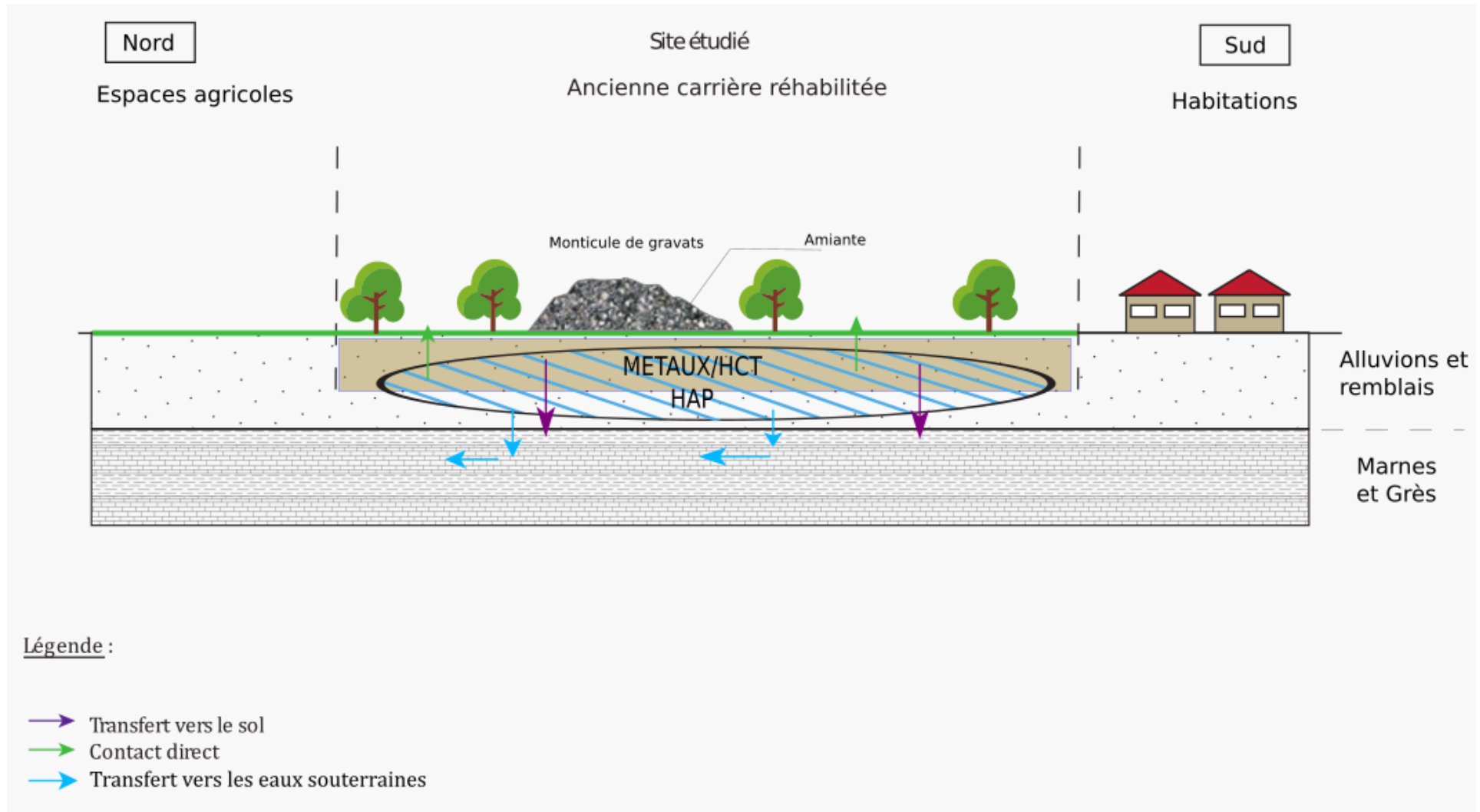


Figure 2 : Schéma conceptuel actuel

4 Etudes Quantitatives des Risques Sanitaires (A320)

4.1 Objectifs de l'EQRS

L'objectif d'une Etudes Quantitatives des Risques Sanitaires (EQRS) est de produire une analyse des risques ou des effets néfastes, liés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon un usage envisagé.

Les objectifs spécifiques de l'étude des risques sont :

- De quantifier les effets liés aux substances non cancérigènes, et l'excès de risque liés aux composés cancérigènes ;
- De recommander des mesures compensatoires si nécessaire.

Le risque est le résultat de l'existence concomitante de trois facteurs :

- Une source de pollution constituée d'une ou plusieurs substances toxiques ;
- Un vecteur de transport et de dispersion des polluants, c'est-à-dire un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air) ;
- Une cible, le récepteur du polluant (ici l'homme).

4.2 Limites de l'étude

Cette étude a été réalisée suivant une méthode conforme aux pratiques en vigueur dans la profession. Elle a été élaborée suivant la norme NF X 31-620 ainsi que suivant les standards environnementaux en vigueur à ce jour de l'US-EPA (United States Environmental Protection Agency), tout en respectant la méthodologie du guide « Gestion des sites pollués : Diagnostic approfondi ; Évaluations détaillées des risques » rédigé par le BRGM et l'INERIS sous la tutelle du Ministère en charge de l'Environnement (BRGM, 2000).

Les niveaux de risques acceptables sont basés sur les recommandations de l'annexe II de la circulaire du 8 février 2007.

L'étude se limite aux exigences définies par l'article R556-3 du Code de l'environnement, en particulier il concerne la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur du site (centrale photovoltaïque).

La gestion de l'amiante est couverte par des réglementations spécifiques (exclusion de la norme NF X 31 620) et ne fait donc pas partie des éléments pris en compte dans cette étude.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique.

4.3 Démarche de l'EQRS

L'évaluation des risques pour la santé humaine est basée sur les scénarios et les modes d'exposition et s'établit suivant quatre étapes :

1^{ère} étape : L'identification des dangers ;

2^{ème} étape : L'établissement de la relation dose-réponse pour les substances considérées ;

3^{ème} étape : L'évaluation des expositions ;

4^{ème} étape : La caractérisation des risques.

4.4 Evaluation des dangers

L'évaluation du potentiel dangereux des substances consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Pour évaluer les dangers d'une substance, il est nécessaire de connaître :

- Son comportement dans l'environnement, qui est déterminé par ses caractéristiques physico-chimiques (mobilité, solubilité, volatilité...);
- Ses effets sur la santé, qui consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme, et de définir les valeurs toxicologiques de référence (VTR) qui représentent la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable.

4.4.1 Toxicologie des substances, relation dose-effet

Dans le cadre d'une EQRS, les éléments suivants sont recherchés :

- L'identification du potentiel dangereux des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérigènes, organes cibles ;
- L'évaluation de la relation dose-effet qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration absorbée ou administrée et l'incidence de l'effet délétère. On recherche alors les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).

Pour les substances non cancérigènes (substances à seuil) :

Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation). Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.

Pour les substances cancérigènes (substances sans seuil) :

Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition.

Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérigène.

4.4.1.1 Estimation des relations doses / réponses

Il s'agit de déterminer la relation dose-effet d'une substance en définissant la relation quantitative entre la dose administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet délétère, représentée par la valeur toxicologique de référence (VTR).

La sélection des VTR a été réalisée selon les recommandations de la circulaire du Ministère de la Santé du 31 octobre 2014 (DGS/EA1/DGPR/2014/307). Lorsque plusieurs valeurs de référence existent pour une même substance, le choix a été fait selon les critères suivants :

- Source de données, mode de calcul, hypothèses prises par les auteurs ;
- Valeur issue des études chez l'homme ;
- Valeur la plus conservatoire pour la santé.

Conformément à la circulaire du Ministère de la santé du 31 octobre 2014¹ :

- Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA EFSA, INERIS) ;
- En l'absence de VTR pour une substance chimique donnée selon les bases de données internationales, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables.

4.4.1.2 Classement des substances cancérigènes

Différents classements internationaux coexistent pour les substances chimiques cancérigènes :

	Union Européenne (catégorie)	CIRC - IARC (groupe)	US EPA (classe)
Cancérigène chez l'homme	1	1	A
Cancérigène probable chez l'homme	2	2A	B1 B2
Cancérigène possible chez l'homme	3	2B	C
Non classable	Non classé	3	D
Probablement non cancérigène	-	4	E

Tableau 8 : Classement des substances cancérigènes

4.4.1.3 Outils d'évaluation des risques

Le risque sanitaire est évalué par le calcul :

- D'un quotient théorique (QD) pour les substances à effet seuil ;
- D'un excès de risque individuel théorique (ERI), pour les substances sans effet seuil.

Pour chaque voie d'exposition, les calculs sont réalisés en fonction :

- De la concentration inhalée théorique (CI) pour l'inhalation de gaz (en mg/m³) ;
- De la dose journalière d'exposition théorique (DJE) pour l'ingestion, le contact cutané ou l'inhalation de poussières (en mg/kg/j) ;

¹ NOTE D'INFORMATION N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

- De la valeur toxicologique de référence (VTR) retenue pour la substance testée et la voie d'exposition (inhalation, ingestion ou contact cutané).

	Voies d'exposition	
	Ingestion	Inhalation
Substances à effet seuil (non cancérigènes)	$QD = DJE / VTR$	$QD = CI / VTR$
Substances sans effet seuil (cancérigènes)	$ERI = DJE * VTR$	$ERI = CI * VTR$

Tableau 9 : Equations utilisées dans le calcul des risques sanitaires

Note : pour les substances sans effet seuil, la valeur toxicologique de référence (VTR) est également désignée comme un excès de risque unitaire (ERU).

4.4.1.4 Critères d'acceptabilité des risques sanitaires

Dans notre étude, il a été pris en compte systématiquement les effets cancérigènes et non cancérigènes, lorsqu'ils existent. Tous les modes d'exposition seront traités comme effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'USEPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Le cumul des effets entre voies et substances sera réalisé selon la méthodologie suivante :

- Effet à seuil : addition des quotients de danger pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible. Par précaution, en première approche ; la sommation globale des quotients de danger sera réalisée ;
- Effets sans seuils : addition de tous les excès de risques individuels.

Pour les substances à effets seuils, **le quotient de danger théorique (QD) doit être inférieur à 1**. L'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du QD est supérieure à 1.

Pour les substances sans effets seuils, **l'excès de risque individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 10^{-5}** . Le seuil de 10^{-5} correspond à la probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées.

4.4.2 Propriétés physico-chimiques des substances

Les propriétés physico-chimiques des différentes substances permettent de déterminer leur comportement dans l'environnement et sont un des critères de sélection pour les composés à retenir dans l'évaluation des risques. Ces propriétés sont listées à partir de plusieurs bases de données internationales.

En particulier on s'attachera à déterminer, pour chaque substance retenue :

- **La pression de vapeur** : elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé depuis sa phase libre. Plus la pression de vapeur est importante plus il pourra être volatilisé. À titre indicatif, une pression de vapeur supérieure à 1 mm Hg indique une forte tendance à la volatilisation. Si elle est inférieure à 10^{-3} mm Hg, le composé aura une faible tendance à la volatilisation.

- **La constante de Henry** : elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé à partir d'une phase aqueuse. Plus la constante est élevée, plus le composé est volatil. À titre indicatif, une constante de Henry supérieure à 0,04 indique une forte tendance à la volatilisation, tandis qu'une constante de Henry inférieure à 0,0004 indique une faible tendance à la volatilisation.
- **Les coefficients d'adsorption** : le coefficient de partition octanol-eau, K_{ow} , indique la tendance du composé à être adsorbé sur les particules solides ou la matière organique. Le coefficient d'adsorption sur la matière organique, K_{oc} , indique la tendance du composé à être adsorbé sur la matière organique spécifiquement. Plus ces valeurs sont importantes, plus le composé est adsorbable.

4.4.3 Choix des substances à retenir pour l'EQRS

La sélection des substances à retenir pour la réalisation de l'évaluation des risques d'exposition est réalisée à partir des critères suivants :

- Les concentrations mesurées dans les différents milieux (sol, air, eau) ;
- La représentativité des impacts détectés dans les différents milieux ;
- Les propriétés physico-chimiques des composés ;
- La classe de cancérogénicité et les valeurs toxicologiques de références des substances.

Le projet d'aménagement de l'ancienne carrière prévoit la réalisation d'une centrale photovoltaïque. Les eaux souterraines ne sont pas exploitées, il n'y a donc pas de voie de transfert avec ces dernières.

Nous considérerons donc que dans ce cas, les voies de transfert sont :

- L'inhalation de composés volatils, susceptibles de dégazer depuis les sols, vers l'extérieur ou l'intérieur des bâtiments ;
- L'ingestion par contact avec des polluants accessibles.

4.5 Évaluation des expositions

4.5.1 Sources de pollution

Les sources de pollutions, à considérer pour les calculs, présentes dans les sols sont :

- Les métaux ;
- Les HCT et HAP.

4.5.2 Identifications des modes de transfert

Dans le cadre de l'usage futur du site, deux scénarios ont été envisagés. Le mode de transfert est présenté dans le tableau ci-dessous :

Milieux	Mode de transfert vers les cibles	Cibles potentielles
Air atmosphérique	Transfert depuis les gaz du sol vers l'air extérieur sur le site d'étude	Travailleurs en extérieur

Sol	Adsorption cutanée ou ingestion directe du sol au droit du site	Travailleurs en extérieur
-----	--	---------------------------

Tableau 10 : Description des modes de transfert

4.5.3 Identification des modes d'exposition

Les voies d'adsorption possibles des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané. Ces différentes voies sont analysées en fonction des scénarios possibles spécifiques à l'usage futur du site.

Cibles	Modes d'exposition	Sélection pour l'évaluation	Justification de la sélection
Adultes	Adsorption cutanée ou ingestion directe du sol	oui	Terres impactées susceptibles d'être en contact ou ingérer recouvertes d'une couche de terre saine
Adultes ou enfants	Inhalation des polluants adsorbés sur les poussières	non	Envol de poussières négligeable devant l'ingestion
Adultes ou enfants	Ingestion d'eau de nappe	non	Absence d'exploitation des eaux souterraines
Adultes ou enfants	Ingestion d'eau du robinet	non	Pas d'installation sur le site
Adultes ou enfants	Ingestion de végétaux cultivés sur le site	non	Pas de culture sur le site
Adultes	Inhalation de polluants sous forme gazeuse en air extérieur	oui	Sols pollués par des composés volatils susceptibles de migrer vers l'air l'extérieur
Adultes ou enfants	Inhalation de polluants sous forme gazeuse en air intérieur	non	Aucun bâtiment présent sur le site
Adultes ou enfants	Adsorption cutanée de polluants sous forme gazeuse	non	Négligeable devant l'inhalation de polluants

Tableau 11 : Sélection des modes d'exposition

En fonction des voies d'exposition et de transfert, les milieux et modes d'exposition retenus sont :

- L'air extérieur par inhalation de vapeurs de substances toxiques ;
- Le sol par ingestion.

4.5.4 Evaluation des expositions

Pour la quantification des expositions potentielles, les éléments suivants sont examinés :

- Les valeurs sources au point d'émission ;
- Les modalités de transfert et les éventuels phénomènes d'auto-atténuation dans le milieu naturel, ces derniers pouvant être la dégradation des polluants et/ou leur rétention par le sol ;
- L'estimation des expositions probables des populations sur le site (en milieu intérieur) suivant la voie d'exposition inhalation uniquement ;
- L'évaluation du caractère tolérable du risque basé sur la comparaison entre :
 - Les niveaux d'expositions prévisibles pour les usagers du site ;
 - Les valeurs d'exposition environnementale de référence pour les éléments cancérogènes et non cancérogènes.

Le logiciel MODULER'S fournit par L'INERIS est utilisé pour les calculs d'expositions

Pour les voies par inhalation, les concentrations des substances dans l'air respiré, issues des dégazages depuis les sols, sont calculées à l'aide de codes de calcul, à partir des concentrations mesurées dans les sols et d'autres paramètres propres au milieu et aux aménagements :

- La modélisation des expositions par inhalation en air extérieur est réalisée à partir du module d'air extérieur dans le logiciel MODULER'S.

Pour les voies par ingestion, les concentrations mesurées dans le sol sont directement utilisées pour les calculs dans le logiciel MODULER'S.

Les équations de ce modèle sont présentées en **ANNEXE 2**.

4.5.4.1 Valeurs des paramètres

Type de sols

Dans le cadre des modèles d'expositions (Johnson & Ettinger, BP RISC, RBCA...), les sols sont définis selon la classification US Soil Conservation Service. Le type de sol choisi sera défini par celui qui est le plus proche des terrains rencontrés lors des investigations. Les terrains observés étaient des remblais de natures argileuses, nous avons choisi un sol dit « CL » (Clay Loam), afin d'être sécuritaire.

Paramètres		Valeur	Justification
Type de sol	-	Clay Loam	
Porosité du sol	θ	0,442 cm ³ /cm ³	Valeur théorique
Perméabilité intrinsèque	Ki	3,9.10 ⁻¹⁴ m ²	Valeur théorique
Teneur en eau résiduelle	θ_w	0.168 cm ³ /cm ³	Valeur calculée à partir de la matière sèche des remblais
Teneur en air maximale	θ_{air}	0.274 cm ³ /cm ³	Valeur calculée
Densité du sol	ρ	1.48 g/cm ³	Valeur théorique
Fraction de carbone organique	Foc	0.0056 g/g	Valeur mesurée dans les remblais de la dernière campagne
Profondeur source/sol	P	50 cm	
Vitesse du vent	v	3 m/s	Météo France

Tableau Erreur ! Argument de commutateur inconnu. : **Caractéristiques environnementales**

Cibles retenues

Le scénario retenu prend en compte la sommation des Quotients de Danger ou des Excès de Risques Individuels pour un individu étant exposé aux substances toxiques au droit du site.

	Paramètres		Valeur	Justification
Durée d'exposition	Adulte	Ans	30	Données INERIS
Poids corporel	Adulte	Kg	70	Données INERIS
Hauteur de la zone de mélange (hauteur de l'organe respiratoire)	Adulte	m	1,5	Données INERIS
Taux d'Inhalation	Adulte	m ³ /j	20	Données INERIS
Fréquences d'exposition	Ouvrier phase de chantier	Jours et h-j	50 - 7	Valeur théorique
	Travailleur phase exploitation	Jours/an et h-j	25 - 7	Valeur théorique

Tableau Erreur ! Argument de commutateur inconnu. : **Caractéristiques des populations du site**

Le budget espace-temps pour les travailleurs en phase d'exploitation est supérieur à celui des ouvriers en phase chantier c'est pourquoi seul l'évaluation des risques des travailleurs sera prise en compte.

Teneurs maximales retenues

Les teneurs maximales retenues correspondent aux teneurs maximales analysées dans les sols échantillonnés. En cas d'absence de mesure de gaz de sols, les concentrations obtenues dans les analyses de sols sont utilisées pour les composés volatils.

Paramètres	Analyse dans les sols (mg/kg MS)	Sondages concernés
Métaux		
Arsenic	22,6	S20
Cadmium	3,38	S16
Chrome	62	S18
Cuivre	107	S16
Mercure	3,02	S2
Nickel	38,1	S16
Plomb	399	S16
Zinc	2 010	S16
HCT		
C10 - C16	95,2	S16
C16 - C22	260	S16
C22 - C30	785	S16
C30 - C40	425	S16
HAP		
Naphtalène	9	S19
Fluorène	0,9	S19
Phénanthrène	1,9	S19
Pyrène	3,7	S19

Paramètres	Analyse dans les sols (mg/kg MS)	Sondages concernés
Benzo-(a)-anthracène	13	S19
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	7,6	S19
Dibenzo(a,h)anthracène	5,2	S19
Acénaphthylène	5,7	S19
Acénaphène	7,3	S19
Anthracène	5,9	S19
Fluoranthène	2,5	S19
Benzo(b)fluoranthène	4	S19
Benzo(k)fluoranthène	1,6	S19
Benzo(a)pyrène	3,1	S19
Benzo(ghi)Pérylène	2,4	S19

Tableau 14 : Teneurs maximales retenues dans les sols

Valeurs toxicologiques de référence retenues

Pour la plupart des valeurs, nous avons suivi les recommandations du rapport INERIS : Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges.

- VTR pour l'ingestion :

Paramètres	VTR avec seuil (mg/kg/j)	VTR sans seuil (mg/kg/j)	Source
Métaux			
Arsenic	3,00E-04	1,50E+00	INERIS 2009
Cadmium	3,60E-04	NC	INERIS 2016
Chrome	9,00E-04	NC	INERIS 2016
Cuivre	1,40E-01	NC	INERIS 2016
Mercuré	6,60E-04	NC	INERIS 2016
Nickel	1,20E-02	NC	INERIS 2016
Plomb	3,60E-03	8,50E-03	INERIS 2016
Zinc	3,00E-01	NC	INERIS 2016
HCT dans les sols			
C10 - C16	1E-01		TPHCWG 1997
C16 - C22	3E-02		TPHCWG 1997
C22 - C30	3E-02		TPHCWG 1997
C30 - C40	20		TPHCWG 1997
HAP			
Naphtalène	2E-02	1.2E-01	INERIS 2016
Acénaphène	6,00E-02	1,00E-03	INERIS 2005
Fluorène	4,00E-02	NC	INERIS 2005
Phénanthrène	4,00E-02	NC	INERIS 2005
Anthracène	3,00E-01	1,00E-02	INERIS 2005
Fluoranthène	4,00E-02	5,00E-02	INERIS 2005
Pyrène	3,00E-02	5,00E-01	INERIS 2005
Benzo(a)anthracène	NC	5,00E-03	INERIS 2005

Benzo(b)fluoranthène	NC	5,00E-03	INERIS 2005
Benzo(k)fluoranthène	NC	5,00E-03	INERIS 2005
Benzo(a)pyrène	3,00E-04	1,00E+00	INERIS 2005
Dibenzo(ah)anthracène	NC	5,00E-04	INERIS 2005
Indéno(123-cd)pyrène	NC	5,00E-03	INERIS 2005
Benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	2,00E-03	INERIS 2005

Tableau 15 : Valeurs toxicologiques de références pour l'ingestion

- VTR pour l'inhalation :

Paramètres	VTR avec seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR sans seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source
HCT			
C10 – C16	2,00E+02		INERIS 2016
C16 – C22	3,00E+01		INERIS 2016
HAP			
Naphtalène	3,70E+01	5,60E-06	INERIS 2016
Benzo-(a)-anthracène	NC	1,10E-04	INERIS 2016
Benzo(b)fluoranthène	NC	1,10E-04	INERIS 2016
Benzo(k)fluoranthène	NC	1,10E-04	INERIS 2016
Benzo(a)pyrène	2,00E-03	6,00E-04	INERIS 2016
Dibenzo(a,h)anthracène	NC	1,20E-03	INERIS 2016

Tableau 16 : Valeurs toxicologiques de références pour l'inhalation

4.6 Evaluation des risques

Dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, pour chaque substance, les concentrations sont calculées au point d'exposition à partir du milieu retenu « Air atmosphérique ou sol » pris indépendamment. Les concentrations calculées au point d'exposition sont ensuite utilisées pour le calcul des risques liés à cette substance.

Les tableaux suivants présentent les résultats des calculs des risques sanitaires (ERI et QD), réalisés pour les travailleurs de la centrale photovoltaïque. Les feuilles de calculs sont données en **ANNEXE 2**.

Seul l'évaluation des risques pour les travailleurs lors de la phase d'exploitation a été calculé car le temps d'exposition est supérieur à celui des ouvriers en phase de construction.

Paramètres	QD (Seuil : 1)	ERI (Seuil : 10^{-5})
Métaux		
Arsenic	1,47E-03	2,83E-07
Cadmium	1,88E-04	
Chrome	1,34E-03	4,40E-09
Cuivre	1,48E-05	
Mercure	1,03E-03	
Nickel	2,65E-04	
Plomb	2,16E-03	1,66E-06
Zinc	1,30E-04	
HCT dans les sols		
C10 - C16	1,85E-05	
C16 - C22	1,69E-04	
C22 - C30	5,09E-04	
C30 - C40	4,13E-07	
HAP		
Naphtalène	8,76E-06	9,01E-09
Acénaphène	2,37E-06	6,09E-11
Fluorène	4,38E-07	
Phénanthrène	9,24E-07	
Anthracène	3,83E-07	9,84E-10
Fluoranthène	1,22E-06	1,04E-09
Pyrène	2,40E-06	1,54E-08
Benzo(a)anthracène		2,17E-09
Benzo(b)fluoranthène		6,67E-10
Benzo(k)fluoranthène		2,67E-10
Benzo(a)pyrène	2,01E-04	2,59E-08
Dibenzo(ah)anthracène		8,67E-10
Indéno(123-cd)pyrène	1,56E-06	4,00E-10
Benzo(ghi)pérylène		1,27E-09
Somme des risques	7,51E-03	2,01E-06

Tableau 17 : Résultats des calculs de risques pour l'ingestion de sol

Paramètres	QD (Seuil : 1)	ERI (Seuil : 10^{-5})
HCT		
C10 – C16	1,73E-05	
C16 – C22	1,01E-05	
HAP		
Naphtalène	1,09E-02	9,69E-07
Benzo-(a)-anthracène		5,01E-10
Benzo(b)fluoranthène		1,16E-11
Benzo(k)fluoranthène		1,23E-12
Benzo(a)pyrène	1,34E-05	6,91E-12
Dibenzo(a,h)anthracène		4,06E-11
Somme des risques	1,10E-02	9,70E-07

Tableau 18 : Résultats des calculs de risques pour l'inhalation en air extérieur

Concernant les substances sans seuil (cancérogène), les résultats d'excès de Risque Individuel (ERI), sont comparés au seuil de 10^{-5} .

Concernant les substances à seuil (non cancérogène), les résultats de Quotient de Danger (QD), en additionnant les indices pour chaque composé, sont comparés au seuil de 1.

Pour l'ingestion de sol, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

Pour l'inhalation d'air en extérieur, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

4.7 Incertitudes

4.7.1 Incertitudes liées à l'évaluation de la toxicité

Les valeurs toxicologiques de référence disponibles dans les bases de données intègrent des facteurs de sécurité qui prennent en compte la variabilité de la VTR inter et intra-espèces, le passage d'une étude subchronique à chronique, etc.

Dans le cas où plusieurs valeurs toxicologiques existeraient pour une substance, il a été pris en compte les recommandations de la circulaire du Ministère de la santé du 31 octobre 2014 (DGS/EA1/DGPR/2014/307). Si elle existe, la VTR retenue par l'ANSES sera choisie. Dans un deuxième temps, la VTR la plus récente parmi celles émises par l'US-EPA, l'ATSDR et l'OMS sera retenue. Enfin, dans le cas où aucune VTR n'existe dans les sources précédemment citées, la VTR la plus récente parmi : Santé Canada, RIVM, OEHHA et EFSA sera utilisée.

4.7.2 Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition

4.7.2.1 Incertitudes liées aux propriétés de la zone non saturée

Le sol

Il est supposé homogène, et isotrope ce qui n'est vraisemblablement pas le cas compte tenu de l'hétérogénéité des remblais.

Type de sol

Les types de sol retenus sont décrits selon la classification des sols de l'US Soil Conservation Service. Or la zone est composée de remblais sur plusieurs mètres d'épaisseur. Il est donc vraisemblable que la perméabilité soit plus faible dans ce type de structure. Nous avons néanmoins considéré un sol moyennement argileux.

4.7.2.2 Incertitudes liées à la pollution

Concentrations des polluants

Les valeurs prises en compte pour la réalisation de cette étude sont les teneurs maximales au droit des zones impactées du projet (concentrations détectées ou limites de quantification) et considérées comme uniformément réparties sous l'ensemble du projet.

Les concentrations retenues correspondent aux teneurs détectées à la date de l'étude et ne prennent pas en compte une possible évolution des concentrations (dus à la volatilisation, à l'accumulation ou à l'épuisement de la source...).

Géométrie de la pollution

Les hypothèses de calcul ont été établies en considérant une répartition homogène des polluants sur l'ensemble du site. Cela est très pénalisant car les impacts n'ont pas été retrouvés sur l'ensemble du site.

Gaz du sol

En l'absence de valeur de la concentration en gaz de sol, obtenu à l'aide des piézaires, les concentrations sont calculées à partir des concentrations mesurées dans le sol. Cette conversion de concentration d'un milieu à un autre s'effectue à l'aide d'une méthode de calcul grâce au modèle RBCA. Cette approche est sécuritaire car la modélisation du sol vers gaz de sols est majorante.

Propriété physico-chimique des HCT

Les molécules de HCT ont des propriétés physico-chimiques différentes en fonction de leur nombre d'atome de carbone. Plus le nombre d'atome de carbone présent dans la molécule est grand moins elle sera volatile. Les HCT sont considérés comme volatils jusqu'à C16.

4.7.2.3 Incertitudes sur l'exposition des cibles

Les temps d'expositions pour le scénario sont théoriques et maximalistes. Les temps utilisés sont donc a priori pénalisants.

4.7.2.4 Incertitudes liées à la modélisation

Dans le cas présent, nous utilisons le cas d'une source infinie, c'est-à-dire que les concentrations restent constantes au cours du temps et ne décroissent pas, ce qui est pénalisant.

Les incertitudes liées à la modélisation (comme la plupart des outils d'évaluations des risques) sont principalement les suivantes :

- Les différents milieux poreux (remblais, sol) sont considérés comme des milieux homogènes et isotropes ;
- Les interactions entre polluants et entre matrices et polluants ne sont pas prises en compte en particulier les phénomènes de complexation avec la matière organique.

4.7.2.5 Incertitudes liées aux calculs des risques

Les niveaux de risques sont calculés en pratiquant l'additivité des risques selon les règles de l'art en la matière et en tenant compte des recommandations des instances sanitaires.

Le cumul des effets entre voies et substances sera traduit par la sommation des Quotients de Danger ou des Excès de Risques Individuels, selon les règles suivantes :

- Pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les Excès de Risques Individuels ;
- Pour les effets à seuil : à l'addition de tous les Quotients de Danger.

5 Bilan cout avantage (A330)

L'objectif du plan de gestion est de rendre compatible le site avec les usages envisagés, en intégrant les spécificités du site et de son environnement, les caractéristiques du projet de réaménagement ainsi que les solutions de remédiation possibles. Il doit donc permettre de déterminer les différentes options de gestion.

Le site s'étend sur une superficie d'environ 16,5 hectares. Nous n'avons aucune information concernant les volumes de gravats qui ont été extraits lors de l'exploitation de la carrière, ni du volume des remblais qui ont été utilisés lors de la réhabilitation.

Lors de la phase chantier, des mouvements de terre auront lieu sur l'emprise du projet : il s'agira d'opérations de déblais/remblais locaux, servant à homogénéiser le terrain d'assiette à une altimétrie uniforme (l'objectif étant que l'intégralité du terrain d'assiette soit située à une cote permettant de sortir d'aléa rouge du risque inondation). Le nivellement sera fixé à la cote 80,9 NGF, ce qui représente un volume de terres d'environ 25 000 m³. D'autre part, le tas de gravats présent actuellement (~11 000 m³) sera démantelé, concassé et ré-employé localement pour l'aménagement des pistes de circulation. Il n'est pas prévu d'évacuer des terres dans des centres de stockages.

Au vu des résultats obtenus dans l'EQRS le site est compatible avec son usage futur. L'identification de différentes mesures de gestion ainsi qu'un bilan cout avantage est donc sans objet.

5.1 *Mesure de gestion envisageable*

Bien que le site soit compatible avec l'usage futur, des mesures de protection devront quand même être prises lors de la phase travaux :

- Port des EPI obligatoire ;
- Port de masque respiration pour éviter de respirer des poussières ;
- Port de gants afin d'éviter tout risque d'ingestion de sol ;
- Si cela n'a pas déjà été effectué, il convient de retirer, avec les normes en vigueur, les plaques d'amiante présentes sur site.

De plus, en cas découverte de pollution, non identifiée lors des investigations, pendant la phase de travaux, une mise à jour du Plan de Gestion devra être effectuée

Ces mesures ne préjugent pas des mesures, qui peuvent être nécessaires dans le cadre de la cessation d'activité de l'ancienne carrière, qui devront être en adéquation avec les intérêts mentionnés dans l'article L511-1 du code de l'environnement.

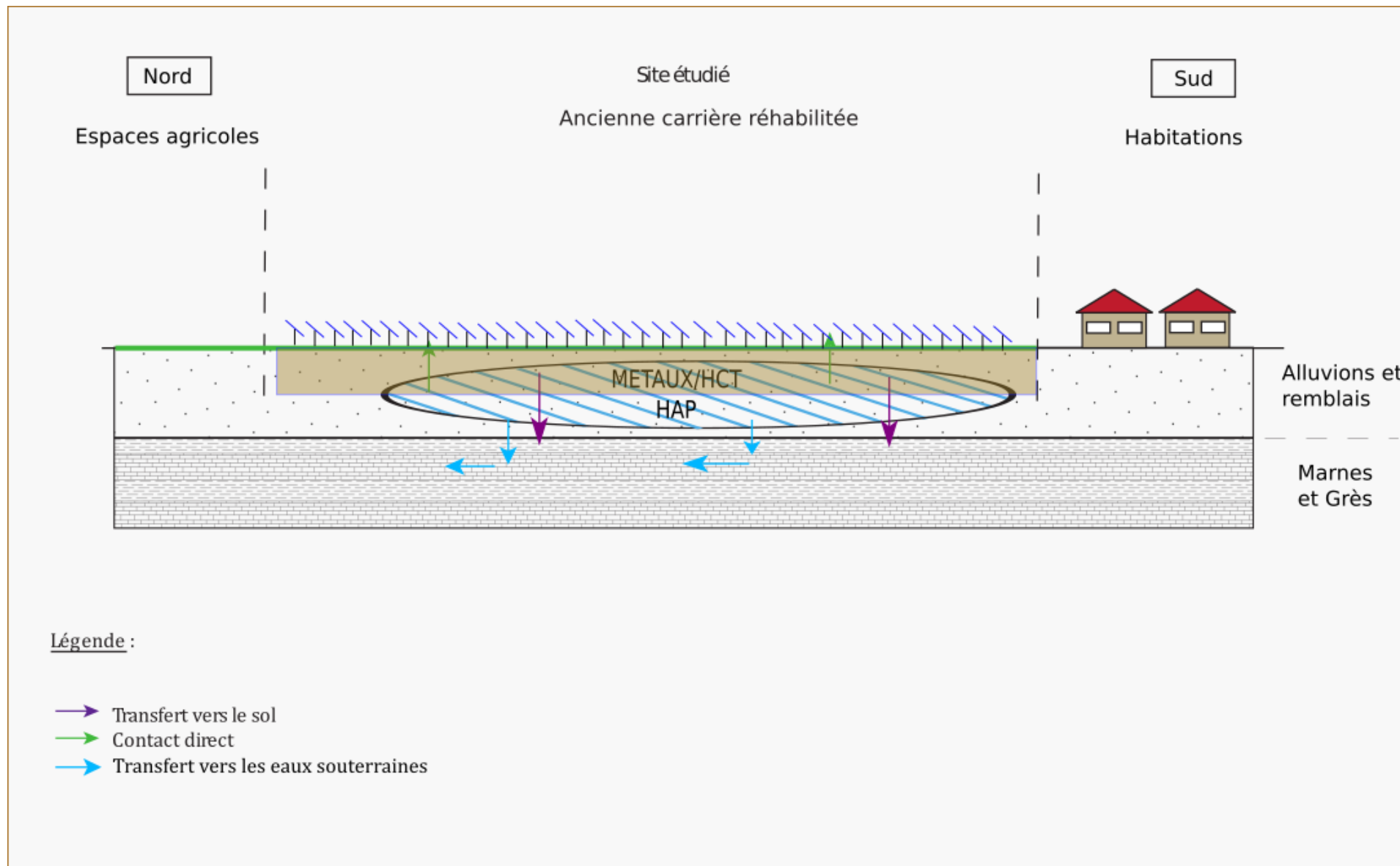


Figure 3 : Schéma conceptuel prévisionnel

6 Conclusion

Dans le cadre de la vente du projet photovoltaïque localisé sur la carrière Marin à Montauban, la société Générale du Solaire souhaite s'adjoindre les compétences d'un bureau d'étude spécialisé en environnement afin de gérer la problématique sol pollué et déchet sur ce site. Le site, siège d'une ancienne exploitation de carrière, a fait l'objet d'une remise en état et d'un remblaiement avec divers matériaux.

La superficie totale de la zone d'étude est d'environ 16,5 hectares.

Un diagnostic de la qualité des sols a été entrepris en janvier 2020 par MINELIS, complété en novembre 2022 par un diagnostic sur la qualité des eaux souterraine. Les résultats du diagnostic ont mis en évidence :

Sur les sols (synthèse résultats RESSRO20A-d-2001) :

- De métaux dans le sol à des concentrations relativement faibles excepté pour certains échantillons ;
- La présence d'HCT sur quasiment l'ensemble des échantillons ;
- La présence de HAP sur quelques échantillons dont un dépassant le seuil d'acceptabilité ISDI (S19 2-3 : 82mg/kg) ;
- Les analyses lixiviations révèlent que 4 échantillons présentent des concentrations supérieures aux seuils de classe ISDI mais rentrent néanmoins dans les critères d'acceptabilité en K3+ (si les centres ont la place au moment de l'évacuation) ou ISDND ;
- La présence d'amiante sur les plaques en fibro-ciment sur le monticule de gravât.

Sur les eaux souterraines (synthèse des résultats GDSSRO22A-b-2211) :

- De métaux à des concentrations supérieures à la NQE, fixée dans la circulaire d'application du 23 octobre 2012 de l'arrêté du 17 décembre 2008 sur les trois piézomètres.

Une Etude Quantitative des Risques Sanitaires a été réalisée pour les futurs travailleurs de la centrale photovoltaïque.

L'étude a porté sur les scénarios d'exposition suivant :

- Inhalation de gaz de sol en air extérieur ;
- Ingestion par contact avec des polluants accessibles.

L'étude a été réalisée conformément à la méthodologie nationale donnée par les textes du 8 février 2007 modifiés.

Pour l'ingestion de sol, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

Pour l'inhalation d'air en extérieur, les niveaux de risques sanitaires évalués sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale.

L'usage futur de la centrale photovoltaïque est compatible avec l'état actuel du site.

Au regard des résultats obtenus dans l'EQRS, quelques mesures de gestion sont prévues, notamment des précautions à prendre lors de la phase travaux (port des EPI, port de gants et de masques).

ANNEXES

ANNEXE 1	: Norme NF X 31-620	53
ANNEXE 2	: Feuille de calcul	57
ANNEXE 3	: Toxicologies et physico-chimie des hydrocarbures.....	59
ANNEXE 4	: Plan de masse.....	60

ANNEXE 1 : Norme NF X 31-620

Norme NF X 31-620 : Qualité du sol – Prestation de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigence dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle

Code	Prestations globales	Prestations MINELIS
AMO Etudes	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase Etudes	
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués	
INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations	
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats	
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	X
IEM	Interprétation de l'état des milieux	
SUIVI	Surveillance environnementale	
BQ	Bilan quadriennal	
CONT	Contrôle : - de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance ; - de la mise en œuvre des mesures de gestion	
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués.	
VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise	

Code	Prestations élémentaires	Prestations MINELIS
A100	Visite du site	
A110	Études historique, documentaire et mémorielle	
A120	Étude de vulnérabilité des milieux	
A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	
A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	
A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments	
A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	
A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	
A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	
A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées ou à excaver	
A270	Interprétation des résultats des investigations	
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	
A320	Analyse des enjeux sanitaires	X
A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages	X
A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes	

ANNEXE 2 : Feuille de calcul

QENSRO23A



Report generated: Fri Jul 07 15:16:24 CEST 2023

Table of contents

- 1 Project properties**
- 2 Materials/Species**
- 3. Model description**
 - 3.1. Constantes_Reglages**
 - 3.2. Sol**
 - 3.3. Niveaux_Exposition_Risque**
- 4 Simulation settings**
- 5 Results**

1. Project properties

Project name QENSRO23A
Author Harold lefevre
Description Modele_base : version 2.0.1

CHAMP D'UTILISATION

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations de risque prospectives effectuées dans le cadre de l'analyse des effets pour la santé des installations classées et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels des sites et sols pollués.

Il est donc avant tout orienté vers l'estimation des expositions et des risques chroniques pour une source de contamination locale.

Toutefois, les concentrations dans les milieux et les niveaux d'exposition sont également données en fonction du temps. La représentativité de ces données de sortie dépend de celles des données d'entrée et des hypothèses sur lesquelles reposent les modèles utilisés (calcul dynamique ou à l'état stationnaire, temps nécessaire pour satisfaire une hypothèse d'équilibre,...). Le détail de ces hypothèses est présenté dans le document "Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle" (référence INERIS DRC-08-94882-16675B).

MODUL'ERS peut être utilisé pour des substances organiques et inorganiques. Toutefois, dans sa version actuelle, MODUL'ERS ne prend pas en compte le pH des milieux et ne calcule pas la fraction ionisée des substances organiques partiellement ionisables. Pour étudier les substances organiques partiellement ionisables, il peut être nécessaire d'ajuster les paramètres relatifs aux substances en fonction de la répartition entre la forme neutre et la forme ionisée dans le milieu. Pour le mercure, MODUL'ERS donne des valeurs de paramètres pour les formes inorganique et organique, mais n'estime pas la répartition des deux formes dans les différents milieux.

2. Materials/Species

Materials

Name	Enabled
Acénaphène	Yes
Anthracène	Yes
Arsenic	Yes
Benzo(a)anthracène	Yes
Benzo(a)pyrène	Yes
Benzo(b)fluoranthène	Yes
Benzo(ghi)pérylène	Yes
Benzo(k)fluoranthène	Yes
C10-C16	Yes
C16-C22	Yes
C22-C30	Yes
C30-C40	Yes
Cadmium	Yes
Chrome	Yes
Cuivre	Yes
Dibenzo(ah)anthracène	Yes
Fluoranthène	Yes
Fluorène	Yes
Indéno(123-cd)pyrène	Yes
Mercure	Yes
Naphtalène	Yes
Nickel	Yes
Phénanthrène	Yes
Pb	Yes
Pyrène	Yes
Zinc	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Sol		1
	Sol	Sol to Niveaux Exposition Risque	2
		Niveaux Exposition Risque	3
1	2	3	

3.1. Constantes Reglages

Constantes Reglages		Sub-system
Id	Constantes_Reglages	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Constantes Reglages	
Object	Output	Sub-system
inorganique	inorganique	Sol
organique	organique	Sol
type Polluant	type Polluant	Sol

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Acénaphthène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Anthracène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Arsenic	inorganique	
Benzo(a)anthracène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Benzo(a)pyrène	organique	
Benzo(b)fluoranthène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Benzo(ghi)pérylène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Benzo(k)fluoranthène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
C10-C16	organique	
C16-C22	organique	
C22-C30	organique	
C30-C40	organique	
Cadmium	inorganique	
Chrome	inorganique	
Cuivre	inorganique	Constantes_Reglages.non_defini
Dibenzo(ah)anthracène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Fluoranthène	organique	
Fluorène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Indéno(123-cd)pyrène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Mercure	inorganique	
Naphtalène	organique	
Nickel	inorganique	
Phénanthrène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Plomb	inorganique	
Pyrène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Zinc	inorganique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Age de l'individu au début de l'exposition	Age individu,debut,expo	year			
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined

18.0	0.0					unid(0,18)
------	-----	--	--	--	--	------------

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Date du début d'exposition de l'individu	Date _{debut,expo,individu}	year
---	-------------------------------------	------

Description

sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes). Date du début d'exposition de l'individu à ou aux sources de contamination étudiée(s) par rapport au début de la simulation.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
-------	------------	-----------	-----------	-----	------------

18.0	0.0			unid(0,30)	
------	-----	--	--	------------	--

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Durée d'exposition de l'individu	Duree _{expo,individu}	year
---	--------------------------------	------

Description

sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
-------	------------	-----------	-----------	-----	------------

30.0	30.0				
------	------	--	--	--	--

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Age minimal de chaque classe d'âge	Age _{min,classes}	year
---	----------------------------	------

Description

sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes). Pour chaque classe d'âge à prendre en compte, définir l'âge minimal. Les classes doivent se succéder selon l'âge croissant. Pour les classes non utilisées, laisser la valeur infinie par défaut.

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
---------------	-------	------------	-----------	-----------	-----	------------

classe_1	18.0	0.0				
----------	------	-----	--	--	--	--

classe_10	Infinity					
-----------	----------	--	--	--	--	--

classe_2	Infinity	1.0				
----------	----------	-----	--	--	--	--

classe_3	Infinity	3.0				
----------	----------	-----	--	--	--	--

classe_4	Infinity	6.0				
----------	----------	-----	--	--	--	--

classe_5	Infinity	11.0				
----------	----------	------	--	--	--	--


classe_6	Infinity	15.0				
----------	----------	------	--	--	--	--

classe_7	Infinity	18.0				
----------	----------	------	--	--	--	--

classe_8	Infinity					
----------	----------	--	--	--	--	--

classe_9	Infinity					
----------	----------	--	--	--	--	--

3.2. Sol

Sol		Sub-system
Id	Sol	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Sol	
Description	<p>Ce module permet de calculer la concentration dans une couche de sol en surface au cours du temps en tenant compte ou non des apports atmosphériques, des apports par irrigation et des mécanismes de perte (dégradation, lixiviation, érosion, ruissellement). Les concentrations dans l'eau du sol peuvent être calculées en tenant compte de la présence d'un mélange de substances dans le sol et en appliquant ou non la loi de Raoult.</p> <p>L'épaisseur de la couche de sol où s'accumule le polluant est définie en fonction de l'usage de la zone et du phénomène de transfert étudiés (cf. section 1.1.2.2.3). Pour deux couches de sol de hauteurs différentes, deux modules sol devront être définis .</p> <p>Voir le chapitre 1 Partie B du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle.</p>	
Object	Input	Sub-system
organique	organique	Constantes Reglages
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Dose _{ingsol,freq,expo,classe,age}	Dose _{ingsol,freq,expo,classe,age}	Niveaux Exposition Risque
Dose _{ingsol,freq,expo,individu}	Dose _{ingsol,freq,expo,individu}	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
Concentration dans le sol (pour le calcul des doses d'exposition)	Cs	
Description		
A définir pour le calcul des doses d'exposition liées à l'ingestion de sol. Sélectionner la concentration à utiliser pour le calcul des niveaux d'exposition et de risque : concentration attribuable à la ou aux source(s) étudiée(s) (Cs_attrib) ou concentration totale (Cs_tot).		
Materials	Value	Predefined value
Acénaphène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Anthracène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Arsenic	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Benzo(a)anthracène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Benzo(a)pyrène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Benzo(b)fluoranthène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Benzo(ghi)pérylène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Benzo(k)fluoranthène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
C10-C16	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
C16-C22	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
C22-C30	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
C30-C40	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Cadmium	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Chrome	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Cuivre	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Dibenzo(ah)anthracène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Fluoranthène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Fluorène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Indéno(123-cd)pyrène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Mercure	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Naphtalène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Nickel	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Phénanthrène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Plomb	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Pyrène	Cs_tot	Sol.Cs_attrib
Zinc	Cs_tot	Sol.Cs_attrib

Full Name	Symbol	Unit
Concentration totale dans le sol	$C_{s,tot}$	
Description		
Sélectionner la concentration totale définie par l'utilisateur (Cs_tot_E) ou la concentration totale calculée par le modèle (Cs_tot_C)		
Materials	Value	Predefined value
Acénaphène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C

Anthracène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Arsenic	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Benzo(a)anthracène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Benzo(a)pyrène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Benzo(b)fluoranthène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Benzo(ghi)pérylène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Benzo(k)fluoranthène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
C10-C16	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
C16-C22	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
C22-C30	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
C30-C40	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Cadmium	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Chrome	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Cuivre	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Dibenzo(ah)anthracène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Fluoranthène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Fluorène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Indéno(123-cd)pyrène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Mercure	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Naphtalène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Nickel	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Phénanthrène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Plomb	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Pyrène	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C
Zinc	Cs_tot_E	Sol.Cs_tot_C

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

definition_Cs_attrib	definition Cs attrib	
--------------------------------------	----------------------	--

Description

Sélectionner le mode d'estimation de la concentration de polluant dans le sol attribuable à la source ou aux sources étudiée(s) (hors bruit de fond) : valeur calculée par le modèle (Cs_attrib_C) ou valeur définie par l'utilisateur (Cs_attrib_E).

Materials	Value	Predefined value
Acénaphène	valeur_entree	Sol.non_defini
Anthracène	valeur_entree	Sol.non_defini
Arsenic	valeur_entree	Sol.non_defini
Benzo(a)anthracène	valeur_entree	Sol.non_defini
Benzo(a)pyrène	valeur_entree	Sol.non_defini
Benzo(b)fluoranthène	valeur_entree	Sol.non_defini
Benzo(ghi)pérylène	valeur_entree	Sol.non_defini
Benzo(k)fluoranthène	valeur_entree	Sol.non_defini
C10-C16	valeur_entree	Sol.non_defini
C16-C22	valeur_entree	Sol.non_defini
C22-C30	valeur_entree	Sol.non_defini
C30-C40	valeur_entree	Sol.non_defini

Cadmium	valeur_entree	Sol.non_defini
Chrome	valeur_entree	Sol.non_defini
Cuivre	valeur_entree	Sol.non_defini
Dibenzo(ah)anthracène	valeur_entree	Sol.non_defini
Fluoranthène	valeur_entree	Sol.non_defini
Fluorène	valeur_entree	Sol.non_defini
Indéno(123-cd)pyrène	valeur_entree	Sol.non_defini
Mercure	valeur_entree	Sol.non_defini
Naphtalène	valeur_entree	Sol.non_defini
Nickel	valeur_entree	Sol.non_defini
Phénanthrène	valeur_entree	Sol.non_defini
Plomb	valeur_entree	Sol.non_defini
Pyrène	valeur_entree	Sol.non_defini
Zinc	valeur_entree	Sol.non_defini

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit
Masse de particules de sol ingérées par jour	Q_s	mg d ⁻¹

Description

A définir pour le calcul de la dose d'exposition par ingestion de sol.
Masse de sol ingérée par jour par la cible humaine

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	20.0	30.0		200.0		
classe_10	0.0					
classe_2	0.0	50.0		200.0		
classe_3	0.0	50.0		200.0		
classe_4	0.0	50.0		200.0		
classe_5	0.0	20.0		400.0		
classe_6	0.0	20.0		400.0		
classe_7	0.0	20.0		400.0		
classe_8	0.0					
classe_9	0.0					

Full Name	Symbol	Unit
Masse corporelle de la cible	B_w	kg

Description

A définir pour le calcul des doses d'exposition. Définir autant de données que de classes d'âge nécessaires.

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	70.4	7.6	4.9	8.2		
classe_10	0.0					

classe_2	0.0	12.4	9.1	14.4
classe_3	0.0	17.8	12.7	20.5
classe_4	0.0	28.7	19.4	34.2
classe_5	0.0	47.2	31.7	57.4
classe_6	0.0	60.0	43.1	71.0
classe_7	0.0	70.4	51.2	97.0
classe_8	0.0			
classe_9	0.0			

Full Name					Symbol	Unit
Nombre de jour par an d'exposition de la cible à ce sol					nb _{jour,an,expo}	unitless
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	25.0	365.0				
classe_10	25.0	365.0				
classe_2	25.0	365.0				
classe_3	25.0	365.0				
classe_4	25.0	365.0				
classe_5	25.0	365.0				
classe_6	25.0	365.0				
classe_7	25.0	365.0				
classe_8	25.0	365.0				
classe_9	25.0	365.0				

Lookup table changes


Vector lookup tables

Full Name								Symbol	Unit
Cs_attrib_E (Concentration dans le sol, hors bruit de fond)								Cs _{attrib,E}	mg kg ⁻¹
Description									
A définir si definition_Cs_attrib=valeur_entree. Concentration dans la couche de sol, hors bruit de fond : valeur définie par l'utilisateur									
Cyclic option									
Yes									
Interpolation									
Interpolation-Extrapolation									
Time	Acénaphthène	Time	Anthracène	Time	Arsenic	Time	Benzo(a)anthracène	Time	
Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN
0.0	7.3	0.0	5.9	0.0	22.6	0.0	13.0		
Time	Benzo(a)pyrène	Time	Benzo(b)fluoranthène	Time	Benzo(ghi)pérylène	Time		Time	
Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN	Predefined	0.0:NaN		
0.0	3.1	0.0	4.0	0.0	2.4				
Time	Benzo(k)fluoranthène	Time	C10-C16	Time	C16-C22	Time	C22-C30	Time	C30-C40

Predefined 0.0:NaN

0.0 2010.0

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individus (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes.</p> <p>Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérigènes. Pour le calcul du risque cancérigène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	Sub-system
Dose ingsol,freq,expo,individu	Dose ingsol,freq,expo,individu	Sol
Dose ingsol,freq,expo,classe,age	Dose ingsol,freq,expo,classe,age	Sol

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"	VTRo,ss	mg ⁻¹ kg d				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Acénaphène	0.0010	NaN				

Anthracène	0.02	NaN
Arsenic	1.5	NaN
Benzo(a)anthracène	0.02	NaN
Benzo(a)pyrène	1.0	NaN
Benzo(b)fluoranthène	0.02	NaN
Benzo(ghi)pérylène	0.02	NaN
Benzo(k)fluoranthène	0.02	NaN
C10-C16	NaN	
C16-C22	NaN	
C22-C30	NaN	
C30-C40	NaN	
Cadmium	NaN	
Chrome	0.0085	NaN
Cuivre	NaN	
Dibenzo(ah)anthracène	0.02	NaN
Fluoranthène	0.05	NaN
Fluorène	NaN	
Indéno(123-cd)pyrène	0.02	NaN
Mercuré	NaN	
Naphtalène	0.12	NaN
Nickel	NaN	
Phénanthrène	NaN	
Plomb	0.5	NaN
Pyrène	0.5	NaN
Zinc	NaN	

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"	VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³

Description
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Acénaphène	NaN					
Anthracène	NaN					
Arsenic	NaN					
Benzo(a)anthracène	0.11	NaN				
Benzo(a)pyrène	0.6	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	0.11	NaN				
Benzo(ghi)pérylène	NaN					
Benzo(k)fluoranthène	0.11	NaN				
C10-C16	NaN					
C16-C22	NaN					
C22-C30	NaN					
C30-C40	NaN					

Cadmium	NaN	
Chrome	NaN	
Cuivre	NaN	
Dibenzo(ah)anthracène	1.2	NaN
Fluoranthène	NaN	
Fluorène	NaN	
Indéno(123-cd)pyrène	0.11	NaN
Mercure	NaN	
Naphtalène	0.0056	NaN
Nickel	NaN	
Phénanthrène	NaN	
Plomb	NaN	
Pyrène	NaN	
Zinc	NaN	

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"	VTR seuil,orale	mg kg ⁻¹ d -1

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Acénaphthène	0.06	NaN				
Anthracène	0.3	NaN				
Arsenic	3.0E-4	NaN				
Benzo(a)anthracène	NaN					
Benzo(a)pyrène	3.0E-4	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	NaN					
Benzo(ghi)pérylène	0.03	NaN				
Benzo(k)fluoranthène	NaN					
C10-C16	0.1	NaN				
C16-C22	0.03	NaN				
C22-C30	0.03	NaN				
C30-C40	20.0	NaN				
Cadmium	3.5E-4	NaN				
Chrome	9.0E-4	NaN				
Cuivre	0.141	NaN				
Dibenzo(ah)anthracène	NaN					
Fluoranthène	0.04	NaN				
Fluorène	0.04	NaN				
Indéno(123-cd)pyrène	NaN					
Mercure	5.71E-5	NaN				
Naphtalène	0.02	NaN				
Nickel	0.0028	NaN				

Phénanthrène	0.04	NaN
Plomb	0.0036	NaN
Pyrène	0.03	NaN
Zinc	0.3	NaN

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"	VTR seuil,inh	mg m ⁻³

Description
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Acénaphène	NaN					
Anthracène	NaN					
Arsenic	NaN					
Benzo(a)anthracène	NaN					
Benzo(a)pyrène	2.0E-6	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	NaN					
Benzo(ghi)pérylène	NaN					
Benzo(k)fluoranthène	NaN					
C10-C16	0.2	NaN				
C16-C22	0.03	NaN				
C22-C30	NaN					
C30-C40	NaN					
Cadmium	NaN					
Chrome	NaN					
Cuivre	NaN					
Dibenzo(ah)anthracène	NaN					
Fluoranthène	NaN					
Fluorène	NaN					
Indéno(123-cd)pyrène	NaN					
Mercure	NaN					
Naphtalène	0.037	NaN				
Nickel	NaN					
Phénanthrène	NaN					
Plomb	NaN					
Pyrène	NaN					
Zinc	NaN					

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	70.0 Years
Output option	Produce specified output only
Time series	Linear Increment(start,end,1.0)
Solver	NDF
Absolute tolerance	Auto
Relative tolerance	0.0010
Initial step size	1.0E-5
Maximum step size	0.5
Minimum step size	Auto
Refine output	1
Limit number of data points to last	1000
Control error relative to norm of solution	No
Allowed number of step size violations	1
Enable saturation	Yes
Maximum order	5
LU decomposition matrix format	Dense

5. Results

Tables

Time table

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD ing cum	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI ing
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
7,00E1	7,51E-3	7,00E1	2,01E-6

Index table

Index	Niveaux Exposition Risque.ERI ingsol	Index	Niveaux Exposition Risque.QD ingsol
Acénaphène	6,09E-11	Acénaphène	2,37E-6
Anthracène	9,84E-10	Anthracène	3,83E-7
Arsenic	2,83E-7	Arsenic	1,47E-3
Benzo(a)anthracène	2,17E-9	Benzo(a)anthracène	0,00E0
Benzo(a)pyrène	2,59E-8	Benzo(a)pyrène	2,01E-4
Benzo(b)fluoranthène	6,67E-10	Benzo(b)fluoranthène	0,00E0
Benzo(ghi)pérylène	4,00E-10	Benzo(ghi)pérylène	1,56E-6
Benzo(k)fluoranthène	2,67E-10	Benzo(k)fluoranthène	0,00E0
C10-C16	0,00E0	C10-C16	1,85E-5
C16-C22	0,00E0	C16-C22	1,69E-4
C22-C30	0,00E0	C22-C30	5,09E-4
C30-C40	0,00E0	C30-C40	4,13E-7
Cadmium	0,00E0	Cadmium	1,88E-4
Chrome	4,40E-9	Chrome	1,34E-3
Cuivre	0,00E0	Cuivre	1,48E-5
Dibenzo(ah)anthracène	8,67E-10	Dibenzo(ah)anthracène	0,00E0
Fluoranthène	1,04E-9	Fluoranthène	1,22E-6
Fluorène	0,00E0	Fluorène	4,38E-7
Indéno(123-cd)pyrène	1,27E-9	Indéno(123-cd)pyrène	0,00E0
Mercure	0,00E0	Mercure	1,03E-3
Naphtalène	9,01E-9	Naphtalène	8,76E-6
Nickel	0,00E0	Nickel	2,65E-4
Phénanthrène	0,00E0	Phénanthrène	9,24E-7
Plomb	1,66E-6	Plomb	2,16E-3
Pyrène	1,54E-8	Pyrène	2,40E-6
Zinc	0,00E0	Zinc	1,30E-4

QENSRO23A- inhalation



Report generated: Fri Jul 07 15:17:28 CEST 2023

Table of contents

- 1 Project properties**
- 2 Materials/Species**
- 3. Model description**
 - 3.1. Constantes_Reglages**
 - 3.2. Conc_gaz_air_exterieur**
 - 3.3. Niveaux_Exposition_Risque**
- 4 Simulation settings**
- 5 Results**

1. Project properties

Project name	QENSRO23A- inhalation
Author	Harold lefevre
Description	Modele_base : version 2.0.1

CHAMP D'UTILISATION

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations de risque prospectives effectuées dans le cadre de l'analyse des effets pour la santé des installations classées et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels des sites et sols pollués.

Il est donc avant tout orienté vers l'estimation des expositions et des risques chroniques pour une source de contamination locale.

Toutefois, les concentrations dans les milieux et les niveaux d'exposition sont également données en fonction du temps. La représentativité de ces données de sortie dépend de celles des données d'entrée et des hypothèses sur lesquelles reposent les modèles utilisés (calcul dynamique ou à l'état stationnaire, temps nécessaire pour satisfaire une hypothèse d'équilibre,...). Le détail de ces hypothèses est présenté dans le document "Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle" (référence INERIS DRC-08-94882-16675B).

MODUL'ERS peut être utilisé pour des substances organiques et inorganiques. Toutefois, dans sa version actuelle, MODUL'ERS ne prend pas en compte le pH des milieux et ne calcule pas la fraction ionisée des substances organiques partiellement ionisables. Pour étudier les substances organiques partiellement ionisables, il peut être nécessaire d'ajuster les paramètres relatifs aux substances en fonction de la répartition entre la forme neutre et la forme ionisée dans le milieu. Pour le mercure, MODUL'ERS donne des valeurs de paramètres pour les formes inorganique et organique, mais n'estime pas la répartition des deux formes dans les différents milieux.

2. Materials/Species

Materials

Name	Enabled
Benzo(a)anthracène	Yes
Benzo(a)pyrène	Yes
Benzo(b)fluoranthène	Yes
Benzo(k)fluoranthène	Yes
C10-C16	Yes
C16-C22	Yes
Dibenzo(ah)anthracène	Yes
Naphtalène	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air exterieur		1
	Conc gaz air exterieur	Conc gaz air exterieur to Niveaux Exposition Risque	2
		Niveaux Exposition Risque	3
1	2	3	

3.1. Constantes Replages

Constantes Replages		Sub-system
Id	Constantes_Replages	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Constantes Replages	
Object	Output	Sub-system
inorganique	inorganique	Conc gaz air exterieur
type Polluant	type Polluant	Conc gaz air exterieur
organique	organique	Conc gaz air exterieur

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzo(a)anthracène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Benzo(a)pyrène	organique	
Benzo(b)fluoranthène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Benzo(k)fluoranthène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
C10-C16	organique	
C16-C22	organique	
Dibenzo(ah)anthracène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Naphtalène	organique	

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Age de l'individu au début de l'exposition	Age individu,debut,expo	year			
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name	Symbol	Unit			
Date du début d'exposition de l'individu	Date debut,expo,individu	year			
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes). Date du début d'exposition de l'individu à ou aux sources de contamination étudiée(s) par rapport au début de la simulation.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0	0.0			unid(0,30)	

Full Name	Symbol	Unit			
Durée d'exposition de l'individu	Duree expo,individu	year			
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
30.0	30.0				

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit
Age minimal de chaque classe d'âge	Age _{min,classes}	year

Description


sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).

Pour chaque classe d'âge à prendre en compte, définir l'âge minimal. Les classes doivent se succéder selon l'âge croissant.

Pour les classes non utilisées, laisser la valeur infinie par défaut.

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	18.0	0.0				
classe_10	Infinity					
classe_2	Infinity	1.0				
classe_3	Infinity	3.0				
classe_4	Infinity	6.0				
classe_5	Infinity	11.0				
classe_6	Infinity	15.0				
classe_7	Infinity	18.0				
classe_8	Infinity					
classe_9	Infinity					

3.2. Conc gaz air extérieur

Conc gaz air extérieur		Sub-system
Id	Conc_gaz_air_exterieur	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air extérieur	
Description	<p>Le module permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe, l'estimation des concentrations attendues dans l'air et les niveaux d'exposition par inhalation de polluant gazeux en milieux extérieur</p> <p>Dans les deux cas, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes au-dessus de la source (sauf pour le calcul du flux de diffusion à partir d'une source sol finie). Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface . Si une seule couche de sol a besoin d'être renseignée entre la source et la surface d'émission (sol homogène), renseigner la couche numérotée 2 et laisser les valeurs par défaut des données d'entrée pour la couche 1 .</u></p> <p>1) <u>Dans le cas d'une source nappe , la concentration sera définie comme une constante</u> . Il sera possible de considérer des remontées capillaires jusqu'à la surface ou non et la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé") en plus du transfert dans la frange capillaire.</p> <p>2) <u>Dans le cas d'une source sol, si la distance entre la source et la surface du sol est non nulle, le flux de diffusion devra être calculé en régime stationnaire (ce qui correspond à une source sol infinie)</u> , avec ou sans remontées capillaires à la surface. La concentration dans le sol ou le gaz du sol sera définie comme une constante .</p> <p>Dans ce cas, <u>en définissant le volume de la source, la surface d'émission (S_émission) et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , il est néanmoins possible de limiter le flux d'émission émis à un instant t par un <u>contrôle de la masse de polluant dans le sol</u> . Le contrôle de la masse de polluant effectué porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation.</p> <p>* Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times S_{\text{émission}} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / S_{\text{émission}} / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation.</p> <p>* Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_prime), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times S_{\text{émission}} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) et aux niveaux d'exposition en moyenne annuelle lors de la première année de simulation (les variables calculées selon cette approche portent le suffixe _prime).</p> <p>Par ailleurs, dans le cas d'une source sol infinie, la concentration dans l'air du sol peut être calculée en tenant compte ou non du mélange de substances présentes dans le sol et en appliquant ou non la loi de Raoult pour cela.</p> <p>* <u>Dans le cas d'une source sol, si la distance entre la source et la surface du sol est nulle</u> , le flux de diffusion devra être calculé en utilisant l'approche de Jury (1984) : approche avec une source-sol finie.</p>	

Pour le calcul de la concentration inhalée par les cibles, il est possible, en plus des sources sol ou nappe, de tenir compte de la concentration de polluant liée à d'autres sources de polluants issues du site. Pour définir cette concentration et la concentration de bruit de fond dans l'air, l'utilisateur peut définir les concentrations incluant les fractions gazeuse et particulaire ($Ca_e_autres_sources_sites$ et Ca_e_BF respectivement) ou les concentrations gazeuses seules ($Cag_e_autres_sources_sites_E$ et Cag_e_BF). Dans le premier cas, la fraction gazeuse sera calculée à partir de l'équation 1.1.35 du rapport sur les Jeux d'équation.

La concentration inhalée par les cibles est calculée à la hauteur de respiration de ces cibles. Il est aussi possible de calculer la concentration dans l'air à une hauteur Hb différente (exemple hauteur des fenêtres pour connecter cette donnée au module $Conc_gaz_air_int_Volasoil$ et tenir compte de l'apport de polluant dans le bâtiment à partir de l'extérieur).

Voir le chapitre 1.2 Partie B du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle et note INERIS_DRC_18 sur les modes de calcul des flux de polluant..

Object	Input	Sub-system
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
C_{inh} fraction,expo,vie,entiere	C_{inh} fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
C_{inh} fraction expo classe age moy an	C_{inh} fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

[definition_Cas_source_sol](#) definition Cas source sol

Description

A définir si definition_flux_J=source_sol_infinie ou si definition_flux_J= source_sol_finie.Sélectionner le mode d'estimation de la concentration dans l'air du sol, attribuable à la source sol étudiée (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur ou valeur calculée.

Materials	Value	Predefined value
Benzo(a)anthracène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(a)pyrène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(b)fluoranthène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(k)fluoranthène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C10-C16	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C16-C22	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Dibenzo(ah)anthracène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Naphtalène	valeur_calculée	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

[definition_Cinh](#) definition Cinh

Description

Sélectionner la concentration à prendre en compte pour le calcul du niveau d'exposition des cibles. Il peut s'agir d'une valeur calculée par le modèle : concentration attribuable au site (valeur_Cag_e_inh_attrib) ou concentration totale (valeur_Cag_e_inh_tot) ou d'une valeur définie par l'utilisateur (valeur entree)

Materials	Value	Predefined value
Benzo(a)anthracène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(a)pyrène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(b)fluoranthène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(k)fluoranthène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C10-C16	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C16-C22	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Dibenzo(ah)anthracène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Naphtalène	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

[definition_flux_J](#) definition flux J

Description

A si definition_Cinh est différent de valeur_entree ou si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb. Sélectionner le mode d'estimation du flux d'émission à utiliser pour le calcul de la concentration dans l'air extérieur attribuable à la contamination du sol ou de la nappe : valeur calculée par le modèle pour une source-nappe sans remontées capillaires à la surface, pour une source-nappe avec remontées capillaires jusqu'à la surface, pour une source-sol finie, pour une source-sol infinie ou valeur définie par l'utilisateur.

Si la source sol affleure à la surface, sélectionner source-sol finie.

Materials	Value	Predefined value
Benzo(a)anthracène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Benzo(a)pyrène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(b)fluoranthène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Benzo(k)fluoranthène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C10-C16	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
C16-C22	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Dibenzo(ah)anthracène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
Naphtalène	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Dimension de la zone d'émission parallèle à la direction du vent	Dim _{zone,emission}	m			
Description					
A définir si definition_C_inh est différent de valeur_entree ou si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb. Sert au calcul des concentrations gazeuses dans l'air extérieur attribuable au sol ou à la nappe					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
500.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit			
Porosité de la couche contenant la source sol	Porosite _{couche,source}	unitless			
Description					
A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Flux_J=source_sol_infinie					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.422	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name	Symbol	Unit			
Porosité de la couche de sol 2	n ₂	unitless			
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.422	0.0	0.3	0.7		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,4 par défaut : sols limoneux et argileux : 0,5					

Full Name	Symbol	Unit			
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	f _{oc}	unitless			
Description					
A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Cas_source_sol=valeur_calculée et si Kd_source est défini à partir de Koc ou logKoc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined

0.0056 0.0 0.0010 0.01

Comment

Vérifié

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'air	Da	$m^2 s^{-1}$

Description

A définir si definition_Cinh et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	2.61E-6	NaN				
Benzo(a)pyrène	4.85E-6					
Benzo(b)fluoranthène	2.26E-6	NaN				
Benzo(k)fluoranthène	2.26E-6	NaN				
C10-C16	1.0E-5	NaN				
C16-C22	1.0E-5	NaN				
Dibenzo(ah)anthracène	3.1E-6	NaN				
Naphtalène	7.33E-6					

Materials	Comment
Benzo(a)anthracène	
Benzo(a)pyrène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 4,5E-6
Benzo(b)fluoranthène	
Benzo(k)fluoranthène	
C10-C16	
C16-C22	
Dibenzo(ah)anthracène	
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,9E-6

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'eau	De	$m^2 s^{-1}$

Description

A définir si definition_Cinh et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	6.7495E-10	NaN				
Benzo(a)pyrène	5.69E-10					
Benzo(b)fluoranthène	5.56E-10	NaN				
Benzo(k)fluoranthène	5.56E-10	NaN				
C10-C16	1.0E-9	NaN				

C16-C22	1.0E-9	NaN
Dibenzo(ah)anthracène	4.8E-10	NaN
Naphtalène	7.989999999999999E-10	
Materials	Comment	
Benzo(a)anthracène		
Benzo(a)pyrène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 4,0E-10	
Benzo(b)fluoranthène		
Benzo(k)fluoranthène		
C10-C16		
C16-C22		
Dibenzo(ah)anthracène		
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 5,6E-10	

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de partage carbone organique-eau	Koc	l kg ⁻¹

Description

Coefficient de partage carbone organique-eau. A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Cas_source_sol=valeur_calculée. L'utilisateur doit définir pour chaque substance une valeur soit pour Kd_source_E, soit pour log Kd_source_E, soit pour Koc, soit pour log Koc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont). Mettre Koc à -1 (valeur par défaut) pour les substances inorganiques et le mercure organique

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	176900.0	-1.0				
Benzo(a)pyrène	-1.0					
Benzo(b)fluoranthène	1230000.0	-1.0				
Benzo(k)fluoranthène	790000.0	-1.0				
C10-C16	3760.0	-1.0				
C16-C22	15800.0	-1.0				
Dibenzo(ah)anthracène	140000.0	-1.0				
Naphtalène	-1.0					

Full Name	Symbol	Unit
Concentration au niveau de la source sol (hors bruit de fond)	Cs _{source,sol}	mg kg ⁻¹

Description

A définir si 1) definition_J= source_sol_finie ou 2) definition_Cas_source=valeur_calculée ou 3) definition_J= source_sol_infinie ou 4) melange_source_sol=oui. Concentration dans le sol prise en compte pour le calcul des émissions de polluants gazeux à partir du sol vers l'air extérieur (concentration hors bruit de fond).
 Pour le calcul du flux, si definition_J= source_sol_infinie et si la concentration de la source n'est pas connue, laisser la valeur par défaut (le flux maximal émis lié à la quantité initiale de polluant présente dans le sol ne sera alors pas pris en compte = pas de contrôle de la masse de polluant dans le sol).

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	13.0	0.0				
Benzo(a)pyrène	3.1	0.0				
Benzo(b)fluoranthène	4.0	0.0				

Benzo(k)fluoranthène	1.6	0.0
C10-C16	95.2	0.0
C16-C22	260.0	0.0
Dibenzo(ah)anthracène	5.2	0.0
Naphtalène	9.0	0.0

Full Name	Symbol	Unit
Constante de Henry à température du sol	H_{Ts}	$\text{Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$

Description
A définir si definition_Cinh et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques sauf mercure

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	1.2	-1.0				
Benzo(a)pyrène	0.0535		0.0465	0.111		
Benzo(b)fluoranthène	15.617428	-1.0				
Benzo(k)fluoranthène	0.04	-1.0				
C10-C16	0.0962	-1.0				
C16-C22	0.013	-1.0				
Dibenzo(ah)anthracène	0.004809176	-1.0				
Naphtalène	48.0					

Materials	Comment
Benzo(a)anthracène	
Benzo(a)pyrène	Valeurs à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 0,025
Benzo(b)fluoranthène	
Benzo(k)fluoranthène	
C10-C16	
C16-C22	
Dibenzo(ah)anthracène	
Naphtalène	Valeur à 25°C - Valeur ajustée à 12,5°C : 19

Full Name	Symbol	Unit
Épaisseur de la couche 2 de la ZNS (située entre la couche 1 et la surface du sol)	l_2	m

Description
Épaisseur de la couche 2 de la zone insaturée du sol (situé entre la surface et la couche1). A définir si definition_flux_J =source_sol_infinie ou si definition_Cas_source_nappe=valeur_calculée. **Si definition_flux_J =source_sol_infinie, l'épaisseur de la couche 2 doit être supérieure à 0** (approche ne pouvant pas être utilisée pour une source sol affleurant à la surface)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	0.5	0.0				
Benzo(a)pyrène	0.5	0.0				

Benzo(b)fluoranthène	0.5	0.0
Benzo(k)fluoranthène	0.5	0.0
C10-C16	0.5	0.0
C16-C22	0.5	0.0
Dibenzo(ah)anthracène	0.5	0.0
Naphtalène	0.5	0.0

Full Name	Symbol	Unit
Fraction annuelle de temps passé à l'extérieur sur le site	f	unitless
	annuelle,temps,ext	

Description
A définir pour le calcul du niveau d'exposition par inhalation

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.0279	0.0313				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0	0.0313				
classe_3	0.0	0.09999999999999999				
classe_4	0.0	0.1				
classe_5	0.0	0.0361				
classe_6	0.0	0.0361				
classe_7	0.0	0.0279				
classe_8	0.0					
classe_9	0.0					

Classes_d'age	Comment
classe_1	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_10	
classe_2	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_3	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_4	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_5	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_6	Temps passé à l'extérieur au domicile
classe_7	Temps passé à l'extérieur au domicile. Pour les agriculteurs, f_annuelle_temps_ext=0,26
classe_8	
classe_9	

Full Name	Symbol	Unit
Hauteur de respiration de la cible	H _{resp}	m

Description
doit être supérieure à 0

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	1.55	0.3				
classe_10	0.0					

classe_2	0.0	0.7
classe_3	0.0	0.9
classe_4	0.0	1.1
classe_5	0.0	1.35
classe_6	0.0	1.5
classe_7	0.0	1.55
classe_8	0.0	
classe_9	0.0	
Classes_d'age	Comment	
classe_1	Se rapporte à un enfant assis	
classe_10		
classe_2	Estimé à partir de la taille	
classe_3	Estimé à partir de la taille	
classe_4	Estimé à partir de la taille	
classe_5	Estimé à partir de la taille	
classe_6	Estimé à partir de la taille	
classe_7	Estimé à partir de la taille	
classe_8		
classe_9		

Full Name	Symbol	Unit
Log du coefficient de partage carbone organique-eau	logKoc	l kg ⁻¹

Description

A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Cas_source_sol=valeur_calculée. Log du coefficient de partage carbone organique-eau. L'utilisateur doit définir pour chaque substance une valeur soit pour Kd_source_E, soit pour log Kd_source_E, soit pour Koc, soit pour log Koc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont). Mettre logKoc à -1 (valeur par défaut) pour les substances inorganiques et le mercure organique. Si pour une substance, logKoc est inférieur ou égal à -1 (la valeur par défaut) ou peut prendre ces valeurs (distribution statistique), renseigner un autre paramètre.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	5.247727832909723	-1.0				
Benzo(a)pyrène	6.63		5.25	6.84		
Benzo(b)fluoranthène	6.089905111439398	-1.0				
Benzo(k)fluoranthène	5.897627091290442	-1.0				
C10-C16	3.575187844927661	-1.0				
C16-C22	4.198657086954422	-1.0				
Dibenzo(ah)anthracène	5.146128035678238	-1.0				
Naphtalène	3.04		2.42	4.43		

Full Name	Symbol	Unit
Masse molaire	M	g mol ⁻¹

Description

A définir si definition_Cas_source_sol=valeur_calculée

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	228.29	-1.0				
Benzo(a)pyrène	252.32					
Benzo(b)fluoranthène	252.31	-1.0				
Benzo(k)fluoranthène	252.31	-1.0				
C10-C16	184.36	-1.0				
C16-C22	275.53	-1.0				
Dibenzo(ah)anthracène	278.35	-1.0				
Naphtalène	128.18					

Full Name	Symbol	Unit
Pression de vapeur à température du sol	Pa	Pa

Description
A définir si definition_Cas_source_sol=valeur_calculée

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	6.67E-7	-1.0				
Benzo(a)pyrène	7.21E-7					
Benzo(b)fluoranthène	1.3E-8	-1.0				
Benzo(k)fluoranthène	2.33E-5	-1.0				
C10-C16	0.05026	-1.0				
C16-C22	0.0053	-1.0				
Dibenzo(ah)anthracène	1.3E-8	-1.0				
Naphtalène	11.0					

Materials	Comment
Benzo(a)anthracène	
Benzo(a)pyrène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 8,2E-8 ; valeur ajustée à 20°C : 3,0E-7
Benzo(b)fluoranthène	
Benzo(k)fluoranthène	
C10-C16	
C16-C22	
Dibenzo(ah)anthracène	
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 3,1 ; valeur ajustée à 20°C : 7,6

Full Name	Symbol	Unit
Température de fusion	Tm	K

Description
Paramètre servant au calcul des fractions de polluant sous forme particulaire et sous forme gazeuse dans l'air, au calcul du flux émis en source finie ou si definition_flux_J=source_sol_infinie et definition_Cas_source_sol=valeur_calculée

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	433.15	-1.0				
Benzo(a)pyrène	452.0					

Benzo(b)fluoranthène	442.15	-1.0
Benzo(k)fluoranthène	442.55	-1.0
C10-C16	267.84	-1.0
C16-C22	306.75	-1.0
Dibenzo(ah)anthracène	535.15	-1.0
Naphtalène	353.0	

Full Name				Symbol	Unit	
Vitesse du vent dans la boîte à la hauteur de respiration des cibles				u_{Hresp}	$m\ s^{-1}$	
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	3.0	0.0				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0					
classe_3	0.0					
classe_4	0.0					
classe_5	0.0					
classe_6	0.0					
classe_7	0.0					
classe_8	0.0					
classe_9	0.0					

Lookup table changes

Scalar lookup tables

Full Name		Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche contenant la source sol		$\Theta_{couche,source}$	unitless
Description			
A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Cas_source_sol=valeur_calculée			
sables : de 0,04 à 0,26, limons : de 0,05 à 0,35, argile : 0,08 à 0,35 (USEPA, 2004; Bruand, 2004)			
Cyclic option			
No			
Interpolation			
Interpolation-Use End Values			
Time	Values		
Predefined	0.0:0.0		
0.0	0.168		

Full Name		Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche de sol 1		$\Theta_{couche1}$	unitless
Description			

A définir si Epaisseur_couche1>0

A définir en fonction du bilan hydrique, sables : de 0,04 à 0,26, limons : de 0,05 à 0,35, argile : 0,08 à 0,35 (Bruand, 2004 ; USEPA, 2004)

Cyclic option

No

Interpolation


Interpolation-Use End Values

Time	Values
-------------	---------------

Predefined	0.0:0.0
------------	---------

0.0	0.168
-----	-------

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individu (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes.</p> <p>Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge et le profil d'individu définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérigènes. Pour le calcul du risque cancérigène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air extérieur
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air extérieur

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"	VTRo,ss	mg ⁻¹ kg d				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	0.02	NaN				

Benzo(a)pyrène	1.0	NaN
Benzo(b)fluoranthène	0.02	NaN
Benzo(k)fluoranthène	0.02	NaN
C10-C16	NaN	
C16-C22	NaN	
Dibenzo(ah)anthracène	0.02	NaN
Naphtalène	0.12	NaN

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"	VTR _{inh,ss}	mg ⁻¹ m ³

Description
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	0.11	NaN				
Benzo(a)pyrène	0.6	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	0.11	NaN				
Benzo(k)fluoranthène	0.11	NaN				
C10-C16	NaN					
C16-C22	NaN					
Dibenzo(ah)anthracène	1.2	NaN				
Naphtalène	0.0056	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"	VTR seuil,orale	mg kg ⁻¹ d ⁻¹

Description
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie orale, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	NaN					
Benzo(a)pyrène	3.0E-4	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	NaN					
Benzo(k)fluoranthène	NaN					
C10-C16	0.1	NaN				
C16-C22	0.03	NaN				
Dibenzo(ah)anthracène	NaN					
Naphtalène	0.02	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"	VTR seuil,inh	mg m ⁻³

Description
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzo(a)anthracène	NaN					
Benzo(a)pyrène	2.0E-6	NaN				
Benzo(b)fluoranthène	NaN					
Benzo(k)fluoranthène	NaN					
C10-C16	0.2	NaN				
C16-C22	0.03	NaN				
Dibenzo(ah)anthracène	NaN					
Naphtalène	0.037	NaN				

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	30.0 Years
Output option	Produce specified output only
Time series	Linear Increment(start,end,1.0)
Solver	NDF
Absolute tolerance	Auto
Relative tolerance	0.0010
Initial step size	1.0E-5
Maximum step size	0.5
Minimum step size	Auto
Refine output	1
Limit number of data points to last	1000
Control error relative to norm of solution	No
Allowed number of step size violations	1
Enable saturation	Yes
Maximum order	5
LU decomposition matrix format	Dense

5. Results

Tables

Time table

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD inh cum	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
3,00E1	1,10E-2	3,00E1	9,70E-7

Index table

Index	Niveaux Exposition Risque.ERI inh	Index	Niveaux Exposition Risque.QD inh
Benzo(a)anthracène	5,01E-10	Benzo(a)anthracène	0,00E0
Benzo(a)pyrène	6,91E-12	Benzo(a)pyrène	1,34E-5
Benzo(b)fluoranthène	1,16E-11	Benzo(b)fluoranthène	0,00E0
Benzo(k)fluoranthène	1,23E-12	Benzo(k)fluoranthène	0,00E0
C10-C16	0,00E0	C10-C16	1,73E-5
C16-C22	0,00E0	C16-C22	1,01E-5
Dibenzo(ah)anthracène	4,06E-11	Dibenzo(ah)anthracène	0,00E0
Naphtalène	9,69E-7	Naphtalène	1,09E-2

ANNEXE 3 : Toxicologies et physico-chimie des hydrocarbures

HYDROCARBURES

A) Propriétés intrinsèques

Le terme « hydrocarbures » constitue un nom générique pour rendre compte de nombreux mélanges de substances présentant des chaînes carbone-hydrogène. Les mélanges tels que les essences, fioul, huiles, etc. sont composés de plusieurs hydrocarbures en proportions différentes ; les propriétés physico-chimiques et toxicologiques de ces mélanges dépendent ainsi des proportions dans le mélange considéré.

Les hydrocarbures sont des liquides visqueux souvent odorants qui peuvent migrer dans les différents compartiments du système écologique. Le seuil olfactif dépend également de la composition des hydrocarbures, pour les solvants (de type white spirit à partir de C8), il est de l'ordre du ppm (INRS, fiche toxicologique FT94), soit entre 4 et 8 mg/m³. Pour l'hexane, l'heptane, etc... (Hydrocarbures aliphatiques inférieurs à C8), le seuil olfactif est plus élevé : de l'ordre de 150 ppm (INRS) soit l'ordre de 600 mg/m³.

Dans le cas d'une pollution complexe par des hydrocarbures les risques sanitaires non cancérogènes potentiellement induits peuvent être traités de deux manières :

- soit par substance (par exemple le méthane, les BTEX, etc.) mais les composés présents dans la famille de produits que constitue les hydrocarbures (avec des nombre de carbones allant de 6 à plus de 40) ne peuvent tous être analysés, les identifications de danger ne sont pas toutes étudiées ;
- soit en appliquant la méthode du TPHCWG¹ qui considère que les produits de nature chimique proche (aliphatiques ou aromatiques) ayant les mêmes températures d'ébullition se comporteront de manière similaire. Cette méthode permet de traiter conjointement des ensembles de composés et non chaque produit pris séparément.

Les familles de produits sont définies (6 familles pour les aliphatiques et 7 pour les aromatiques, dont le benzène et le toluène pris séparément. Pour chacune d'elle le TPHCWG a établi des caractéristiques physico-chimiques (une solubilité, une constante de Henry, etc.) et des valeurs toxicologiques pour les voies orale et inhalation.

Caractéristiques des classes d'hydrocarbures du TPHCWG

Les classes d'hydrocarbures sont définies à partir du nombre de carbones équivalents «nC» des substances considérées. Le tableau ci-après présente une synthèse non exhaustive des substances prises en compte dans chaque fraction (volume 3 du TPHWG).

Les deux figures ci-après donnent la méthode de calcul du nombre de carbone équivalent (en référence à la température d'ébullition de la substance) et la corrélation entre nombre de carbones (C) et nombre de carbone équivalent (EC). Par la suite on utilisera l'abréviation « nC » à la place de « EC ».

¹ Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group

Le tableau donné à la suite reprend pour les différentes classes définies par le TPHCWG les principales substances contenues dans ces classes.

Classes définies par le TPHCWG en nombre de carbone équivalent	Substances associées aux classes définies (C= nombre de carbone; nC= nombre de carbone équivalent)
Aliphatic nC>5-nC6	n-pentane (C= 5; nC=5), n-hexane (C=6 ; nC=6), penten , methyl-butane
Aliphatic nC>6-nC8	N-heptane, n-octane, hexen, heptene, methyl-butane, methyl-pentane, methylhexane, methyl-heptane,
Aliphatic nC>8-nC10	N_nonane, n-decane, octene, nonene, decene, methyl-hexane, methyl-heptane,ethylheptane, ethyl-heptane, methyl-octane, methyl-nonane
Aliphatic nC>10-nC12	n-undenane, n-docecane,
Aliphatic nC>12-nC16	n-tridecane, n-tetradecane, n-pentadecane, n-hexadecane
Aliphatic nC>16-nC35	Heptan, nona, octa-decane, eicosane, hen et hex- eicosane,
Aliphatic >nC35	Non définis
Aromatic nC>5-nC7 benzène	Benzène (C= 6; nC=6.5)
Aromatic nC>7-nC8 toluène	Toluène (C= 7; nC=7.58)
Aromatic nC>8-nC10	Ethylbenzène (C= 8; nC=8.5), xylènes (C= 8; nC=8.6 à 8.8), isopropyl-benzène (C= 9; nC=9.13), qq méthyl- ,1.2.3, 1.2.4 et 1.3.5 triméthyl-benzène (C=9 ; nC=9.5 à 9.8), qq butyl-benzènes (C=10 ; nC=9.8 à 9.9)
Aromatic nC>10-nC12	Naphtalène (C= 10; nC=11.7), methyl-lindan (C= 11; nC=11.3), Indan (C=9 ; nC=10.3) 1.2.3Trimethyl-benzène (C=9 ; nC=10.1), Methyl-propyl-benzène (C=10 ; nC=10.1), Diethyl-benzène (C= 10; nC=10.4), Dimethyl-ethyl-benzène (C= 10; nC=10.5 à 10.9), methyl-butyl-benzène (C= 11; nC=10.9), tetramethyl-benzène (C= 10; nC=11.1à 11.6), n-pentyl-benzène (C=11 ; nC=11.5)
Aromatic nC>12-nC16	Methyl-naphtalène (C= 11; nC=12.9), Ethyl-naphtalène (C=12 ; nC=14 à 14.4), Dimethylnaphtalène (C=12 ; nC=13 à15) Acenaphtylène (C=12 ; nC=15.1), Acénaphtène (C=12 ; nC=15.5) Triethyl-benzène (C= 12; nC=12.1 à 12.3), n-hexyl-benzène (C= 12; nC=12.5), Biphenyl (C= 12; nC=14.3), Methyl-biphenyl (C=13 ; nC=14.9),
Aromatic nC>16-nC21	Fluorene(C= 13; nC=16.55), Phenantrene(C=14 ; nC=19.4), Anthracene(C= 14; nC=19.4), methyl-fluorene(C= 14; nC=18), Methyl-anthracene(C= 15; nC=20.5), methyl-phenantrene (C= 15; nC=20.7), Pyrene(C=16 ; nC=20.8),
Aromatic nC>21-nC35	Fluoranthene (C=16 ; nC=21.9), BenzoFluorene (C= 17; nC=24), Benzo(a)Anthracene (C=18 ; nC=26.4), Chrysene (C= 18; nC=27.4), Benzo(b)Fluornathène (C= 20; nC=30.1), Benzo(k)Fluoranthène (C= 20; nC=30.1), Perylene (C= 20; nC=31.3), BaP (C= 20; nC=31.3), Indeno(1,2,3,cd)pyrene (C=21; nC=35), B(ghi)P (C= 21; nC=34), Dibenz-anthracene (C= 22; nC=34),

Les caractéristiques physicochimiques définies par le TPHCWG sont propres à chacune des classes prédéfinies.

Voies d'exposition et absorption

Les voies d'exposition principales varient en fonction de la classe d'hydrocarbures considérée. En effet, pour les plus volatils, la voie principale est l'inhalation, tandis que pour les familles d'hydrocarbures à nombre de carbone supérieur à 16, la voie principale d'exposition est l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption ne sont pas connus par classes d'hydrocarbures, nous considérerons que le taux d'absorption par voie orale est de 100% et de 10% par voie cutanée (en référence à la base de donnée de RISC 4.0). On notera cependant que le MADEP fournit des taux pour le contact cutané en fonction des classes qui varient de 10% à 100%.

B) valeurs guides

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour les hydrocarbures au sens large.

La concentration limite dans les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable issue de ce même texte réglementaire est de 1000 µg/l pour la somme des hydrocarbures.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) propose une valeur guide de 300 µg/l pour les huiles minérales précisant que les eaux ne devront pas présenter de film en surface et d'odeurs.

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) ne propose pas de valeur guide pour les eaux potables des hydrocarbures considérant que les hydrocarbures aromatiques les plus solubles seront détectables par le goût et l'odeur (à partir de quelques µg/l pour les alkylbenzène et alkylnaphtalènes) avant de présenter un risque aigu pour les populations.

Cependant, l'OMS précise également que si une évaluation des risques est nécessaire, la prise en compte des relations doses-réponse des différentes classes du TPHCWG est approprié en considérant que l'eau de boisson intervient pour 10 % de la dose journalière acceptable (TDI).

Dans le précédent décret français (décret 89-3), la concentration admissible dans les eaux de boisson en France était de 10 µg/l.

Dans les sols et l'air, on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

C) Profil toxicologique

Classement

Les symboles classant les hydrocarbures de type white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) dans les fiches INRS respectives FT94, FT96, FT106 et FT140 sont **Xn** (nocif) et **F** pour les essences (facilement inflammable).

Les phrases de risque qui les représentent sont tout type d'hydrocarbures confondu : **R10/11** (inflammable), **R65** (nocif), **S23**, **S24**, **S62**

Effets Mutagènes, effets sur la reproduction, effets cancérigènes

Pour les white spirit (FT 94), plusieurs études chez l'homme mettent en évidence des cas de cancer (tout cancers confondus) et des effets sur la reproduction, cependant, dans aucune de ces études il n'est possible de faire la relation directe entre l'exposition aux white spirit seuls et les effets observés.

Pour les essences spéciales, la génotoxicité et les effets sur la reproduction ont été peu testés, les résultats disponibles ne montrent pas ce type d'effet (FT 96).

Concernant les solvants aromatiques, des effets sur la reproduction (en particulier une foetotoxicité, et des effets sur le développement) ont été notés sur les animaux. Chez les femmes exposées dans l'industrie du caoutchouc, des troubles du cycle et une augmentation des nombres de fausses couches ont été notés. Par ailleurs, l'INRS précise que l'exposition de travailleurs à des solvants aromatiques chez les sujets exposés plus de 20 ans a montré une augmentation significative de cancer du poumon et de la prostate, mais la relation entre les substances incriminées et les cas de cancer n'a pu être réalisée.

Sur les animaux (rats et souris), des cancers de la peau ont été mis en évidence lors d'exposition à des hydrocarbures de type kérosène.

Autres effets toxiques

Différents types d'effets sur l'homme plus ou moins réversibles sont notés pour les différents hydrocarbures. Il s'agit d'irritation oculaire, cutanée, respiratoire mais aussi des symptômes de type céphalées, nausées, perte d'appétit, etc. et des effets neurologiques.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (TPHCWG, MADEP).

On notera que le TPHCWG est constitué de représentant de divers horizons (militaires, industries du gaz et du pétrole, des agences de régulations et des agences des différents états des USA. L'approche est proposée pour l'ensemble des états des USA. Le MADEP (département de protection de l'environnement du Massachusetts) présente quant à lui des valeurs guides pour son état.

Valeurs toxicologiques du TPHCWG

TPHCWG's risk assessment methodology a établi des valeurs toxicologiques de équivalentes (RfD et RfC) pour les familles de produits précédemment cités. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous qui reprend par ailleurs les liens entre les valeurs toxicologiques équivalentes et celles propres aux différentes substances choisies pour représenter la classe entière.

TPHCWG	RfD équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic nC>5-C6	5 mg/kg/j (SF = 1000)	Hexane commercial (dérivé de RfC)	18,4 mg/m³ (SF : 100)	Hexane commercial	Neurotoxique
Aliphatic nC>6-C8					
Aliphatic nC>8-C10	0,1 mg/kg/j (SF = 1000)	C10-C13	1 mg/m³ (SF = 1000)	White spirit désaromatisé C7-C11, isoparaffines C10-C11 et Fuel JP-8	Hépatotoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>10-nC12					
Aliphatic nC>12-nC16					
Aliphatic nC>16-nC35	2 mg/kg/j (SF = 100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20 mg/kg/j (SF = 100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aromatic nC>5-nC7	Classe correspondant au benzène à prendre en tant que tel				
Aromatic nC>7-nC8	0,2 mg/kg/j (SF = 1000)	styrène	0,4 mg/m³ (SF = 300)	Toluène	Hépa et néphrotoxiques
Aromatic nC>8-nC10	0,04 mg/kg/j (SF = 10000)	Isopropylbenzene, naphtalène, fluoranthène, fluorene	0,2 mg/m³ (SF = 1000)	C9-aromatiques	Diminution du poids
Aromatic nC>10-nC12					
Aromatic nC>12-nC16					
Aromatic nC>16-nC21	0,03 mg/kg/j (SF = 3000)	pyrene	Non volatil	Non volatil	Néphrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35					

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

Valeurs toxicologiques du MADEP

Le département of environmental protection (DEP) de l'état du Massachusetts (MA) a établi des valeurs toxicologiques de références pour des classes d'hydrocarbures de la même manière que le TPHCWG, les premières valeurs établies en 1994 ont été revues en octobre 2003 et sont présentés dans le document "Updated Petroleum Hydrocarbon Fraction Toxicity Values for the VPH/EPH/APH Methodology" (October, 2003).

Le MADEP établi une distinction entre les fractions volatiles (VPH) and extractibles (EPH). Cette distinction n'est pas reprise ici.

Par ailleurs, on note que, à la différence du TPHCWG, le MADEP considère des fractions par nombre de carbone dans les molécules « C » et non les nombres de carbones équivalents « nC » du TPHCWG.

MAPED	RfD équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic nC>5-C6	0,04 mg/kg/j (SF = 10000)	n-hexane	0,2 mg/m³ (SF : 300)	n-hexane	neurotoxicité
Aliphatic nC>6-C8					
Aliphatic nC>8-C10	0,1 mg/kg/j (SF = 1000)	Isoparaffines, alcanes, naphtènes	0,2 mg/m³ (SF = 3000)	White spirit désaromatisé C7-C11, isoparaffines C10-C11	Cellule sanguines, liver, kidney (ing°) neurotoxique (inh°)
Aliphatic nC>10-nC12					
Aliphatic nC>12-nC18					
Aliphatic nC>19-nC36	2 mg/kg/j (SF =100)	huiles	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC36	20 mg/kg/j présenté mais non considéré (SF =100)	huiles	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aromatic C5-C8	Faire référence aux BTEX				
Aromatic C9-C10	0,03 mg/kg/j (SF = 3000)	Pyrène (C16)** en considérant que la valeur retenue est protectrice/rapport aux RfD des autres composés de C9 à C16	0,05 mg/m³ (SF = 3000)	Naphta aromatiques	Kidney effects (ing°) CNS effect, diminution du poids, rein, développement (inh°)
Aromatic C11-C12					
Aromatic C12-C16					
Aromatic C16-C22			Non défini	-	-
Aromatic >C22	Non défini				

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

** US EPA-Derived Oral Toxicity Values for Compounds in the C9 - C32 Aromatic Fraction Carbon number Compounds RfD mg/kg/d : C9 isopropylbenzene 0.1 mg/kg/d ; C10 naphthalene 0.02 mg/kg/d ; C12 acenaphthene 0.06 mg/kg/d ; C12 biphenyl 0.05 mg/kg/d ; C13 fluorene 0.04 mg/kg/d ; C14 anthracene 0.3 mg/kg/d ; C16 fluoranthene 0.04 mg/kg/d ; C16 pyrene 0.03 mg/kg/d :

Les aliphatiques C5-C8

Le n-hexane est le plus nocif des hydrocarbures saturés en C6. Les propriétés toxicologiques de l'hexane commercial peuvent ainsi varier de manière significative en fonction de sa teneur en n-hexane. Les données expérimentales publiées se réfèrent en général au n-hexane pur (pureté supérieure à 95 %) ou à des mélanges dont la teneur en n-hexane est connue. En revanche, les observations chez l'homme font souvent suite à des expositions à des mélanges commerciaux de composition mal définie.

L'hexane que l'on trouve habituellement dans l'industrie correspond à un mélange d'hydrocarbures en C₆. Le constituant principal est le plus souvent le n-hexane de formule CH₃-(CH₂)₄-CH₃. Sa teneur se situe alors entre 40 et 50 %, mais il existe des mélanges commerciaux à teneur en n-hexane inférieur à 5 %.

E) Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

Les deux approches du TPHCWG et du MADEP sont différentes et complémentaires. Une des différences repose sur la prise en compte par le MADEP des nombres de carbones (C) et par le TPHCWG de nombre de carbones équivalent (nC ou EC). Par ailleurs, l'approche du TPHCWG est plus complète, basée à la fois sur les propriétés physico-chimiques et l'ensemble des données toxicologiques disponibles à l'époque (1997).

Globalement on peut conclure que l'approche du MADEP est vraisemblablement plus adaptée pour la prise en compte d'un contact direct avec des hydrocarbures et que l'approche développée par le TPHCWG est plus appropriée quand il s'agit de rendre compte d'un transfert de ces hydrocarbures vers les différents milieux (air, eaux).

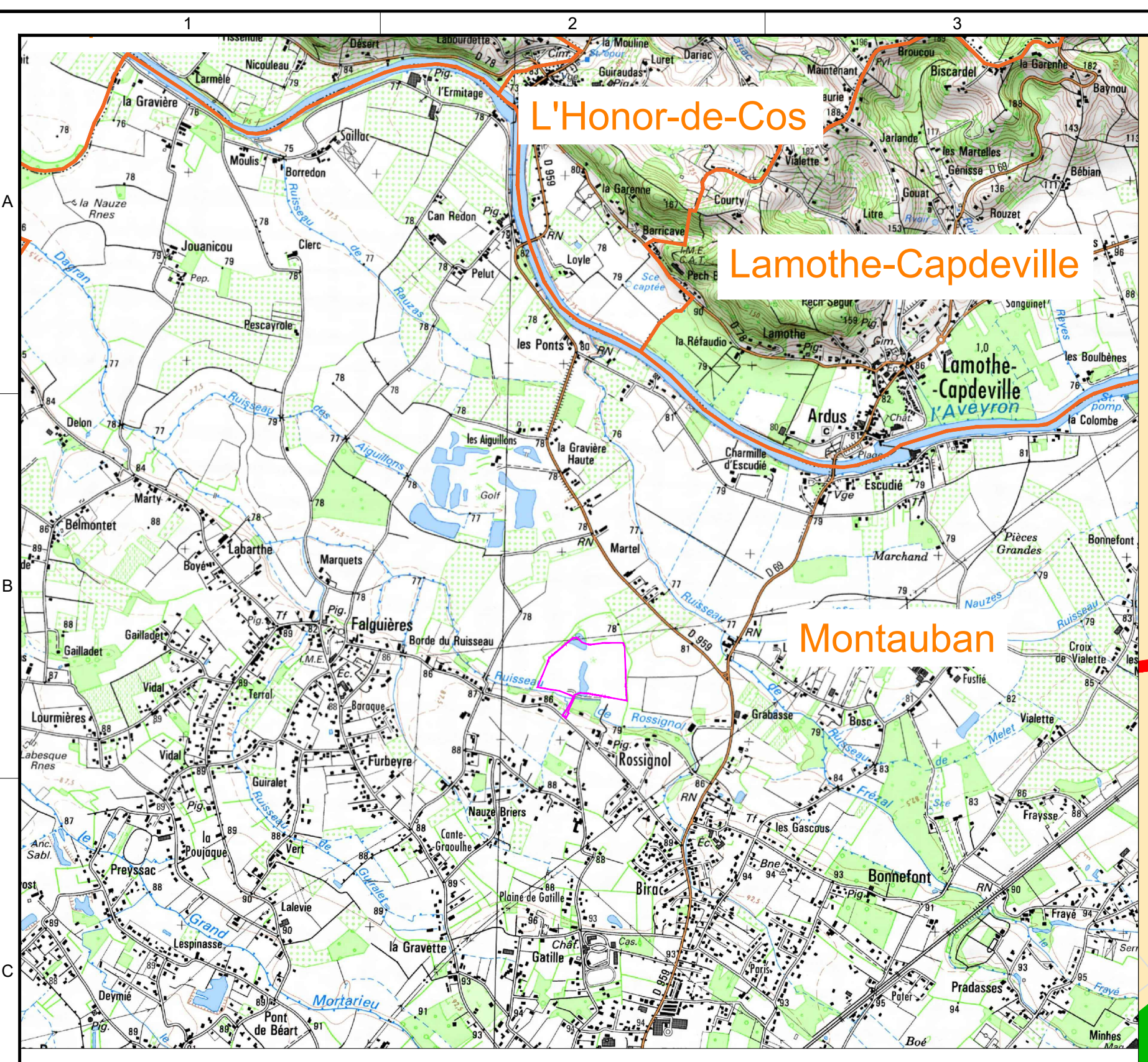
Dans une approche prudence et proportionnelle, nous retiendrons les caractéristiques physicochimiques des classes définies par le TPHCWG et les valeurs toxicologiques présentées dans le tableau suivant. Les raisons des choix y font référence aux points suivants :

1. pour l'ensemble des classes, les facteurs de sécurité appliqués aux NOAEL ou LOAEL sont parfois élevés (SF variant de 100 à 10000), nous jugeons que la prise en compte d'un facteur de 10000 rend la confiance dans la valeur affichée très faible et la valeur douteuse n'est pas retenue ;
2. pour les composés aromatiques la principale raison est le fait que les BTEX et HAP sont considérés dans les études de risques sanitaires de manière distincte (substance par substance) compte tenu de leur potentiel cancérigène non pris en compte par les deux approches ici présentées ;
3. pour les composés aromatiques à nombre de carbone équivalent supérieur à 21, compte tenu de la présence uniquement de HAP dans l'approche du TPHCWG pour lesquels les principaux effets sont cancérigènes et compte tenu du point 2. ci-dessus, nous ne retiendrons pas de VTR ;
4. l'établissement de nouvelles valeurs toxicologiques de référence par l'US-EPA en 2005. En 2005, l'US-EPA dans la base de données IRIS donne pour le n-hexane une RfC de 0,7 mg/m³, cette valeur repose sur les observations d'anciennes et de plus récentes études et sur le fait que le principal effet est la neurotoxicité de cette substance. Le facteur de sécurité de 300 appliqué au LOAEL tient compte de la variabilité intra-espèce, de l'utilisation d'un LOAEL et du manque de données pour les effets par voie inhalation. La valeur présentée de 18,4 mg/m³ pour l'hexane commercial retenue que nous avons retenu par le passé est remplacé par cette nouvelle RfC.

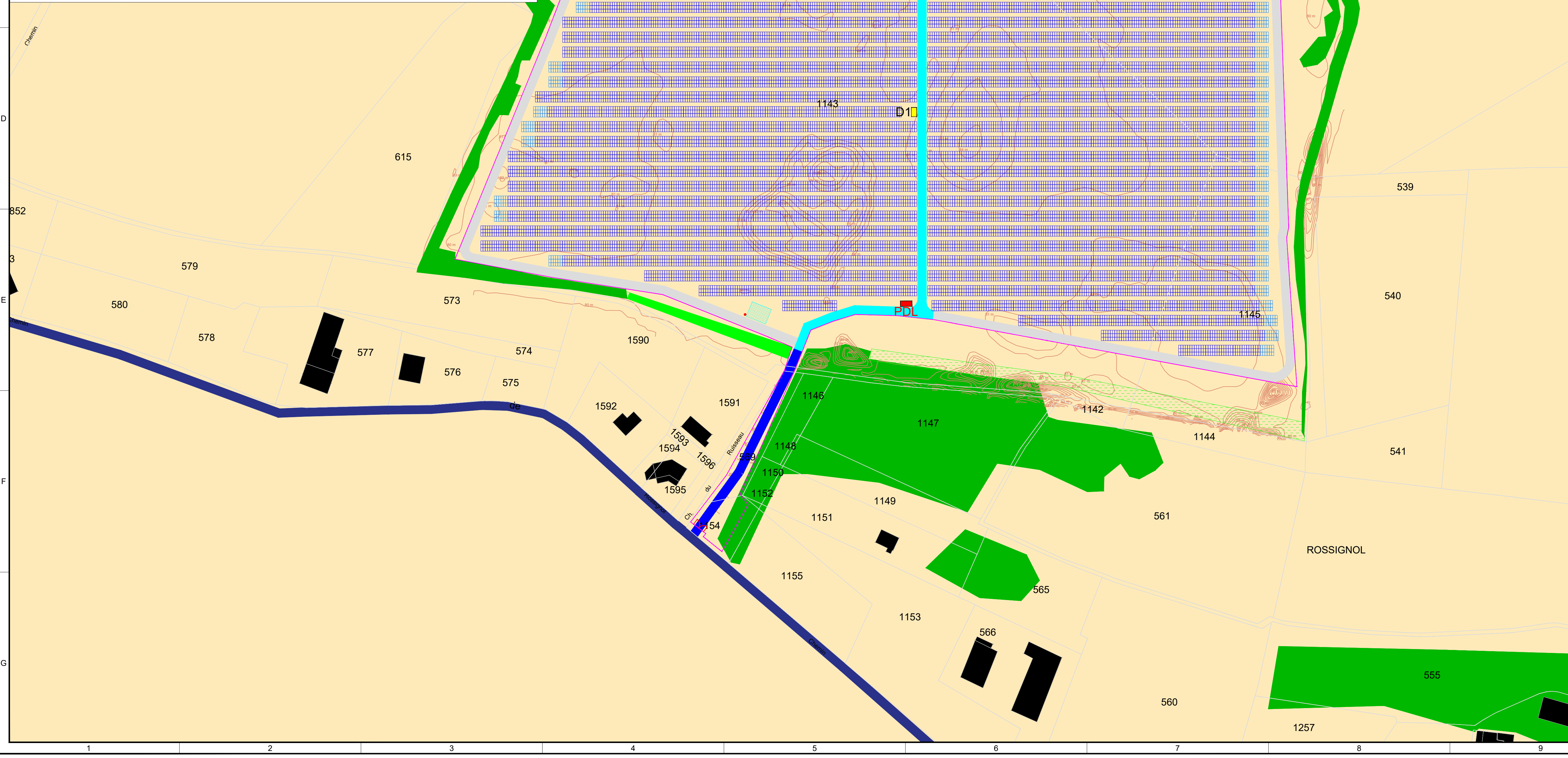
Dans cette fiche IRIS, l'US-EPA précise que la transposition de la toxicité voie inhalation à la voie orale n'est pas adaptée en l'absence totale d'étude des effets de l'exposition par voie orale au n-hexane. Ainsi, nous n'avons pas retenu de RfD pour les aliphatiques nC5 à nC8. Cette approche a été retenue en l'absence d'information, elle est cependant sans impact sur les risques qui sont généralement tirés par la voie inhalation. (NB la dérivation de la RfC donnerait une RfD de 0.2 mg/kg/j pour les adultes).

Choix de VTR réalisé par MINELIS	RfD équivalente (mg/kg/j)	Raison du choix	RfC équivalente (mg/m ³)	Raison du choix	Effets
Aliphatic nC>5-C6 Aliphatic nC>6-C8	-	Commentaire fiche IRIS 4.	0,7	Nouvelle estimation (4.) (SF=300)	Neurotoxique
Aliphatic nC>8-C10 Aliphatic nC>10-nC12 Aliphatic nC>12-nC16	0,1	Approches TPHCWG et MADEP (SF=1000)	1	Approches TPHCWG (1.) (SF=1000)	Hépatotoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>16-nC35	2	Approches TPHCWG et MADEP (SF=100)	Dérivation pour poussières si nécessaire	Approches TPHCWG et MADEP Non volatils	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20	Approches TPHCWG et MADEP (SF=100)	Dérivation pour poussières si nécessaire	Approches TPHCWG et MADEP Non volatils	Tumeurs hépatiques
Aromatic nC>5-nC7	Classe correspondant au benzène à prendre en tant que tel				
Aromatic nC>7-nC8	Classe correspondant au toluène à prendre en tant que tel				
Aromatic nC>8-nC10 Aromatic nC>10-nC12 Aromatic nC>12-nC16	0,03	Approche MADEP (et 2.)	0,2	Approches TPHCWG (C9 aromatiques) (SF=1000)	Diminution du poids
Aromatic nC>16-nC21	0,03	Approches TPHCWG et MADEP (SF=3000)	Dérivation pour poussières si nécessaire	Approches TPHCWG et MADEP Non volatils	Néphrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35	-	Approche MADEP (3.)	-	Approche MADEP (3.)	-

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionné



Localisation du projet à l'échelle de la commune (1 / 25 000)



Projet

- Panneaux PV
- PDL (6,50m x 3m)
- PTR (5,20m x 3m)
- Portail
- Citerne à incendie
- Borne d'aspiration
- Clôture
- Accès à créer et à empierrer (5m)
- Accès interne non empierré (5m)
- Accès à améliorer et à empierrer
- Epaississement de la haie végétale existante
- Haie végétale à créer

Milieu naturel

- Végétation
- Milieu ouvert

Infrastructures

- Route départementale
- Passage ligne haute tension

Topographie

- Courbe de niveau

Données administratives

- Limite cadastrale
- Limite Communale

05	AEG	---	LGR	16/08/22	PCM
04	AEG	VBU	LGR	30/11/20	CLOTURE
03	CF	KA	LG	03/06/20	SURELEVATION POSTES
02	CF	KA	LG	31/01/20	MAJ DOSSIER PC
01	CF	KA	LG	05/12/19	FIRST ISSUE
VERS	PAR	APP	DATE	COMMENTAIRES	
LAYOUT DWG	N/A			T.LAYOUT NO. N/A	
N° DU DESSIN					
03925D2818-01					
COORDS L93					
OBJECTIF OTHER					
ECHELLE 1:1250				IMPRIMER AU FORMAT D'ORIGINE A1	
NOM DU PROJET					
SOLEIL ROUGE					
NOM DU DESSIN					
PCM2 : Plan de masse du projet					
Commune de MONTAUBAN					
CE PLAN EST LA PROPRIETE DE CPES SOLEIL ROUGE. TOUTE REPRODUCTION SANS AUTORISATION EST INTERDITE.					



www.minelis.com

MINELIS SAS, Société par Actions Simplifiée au capital de 30 000 Euros
8 rue Paulin Talabot, 31100 TOULOUSE – Tél : 05 61 16 54 71 – Fax : 01 73 64 69 87 –
Email : contact@minelis.com
RC S TOULOUSE 435 308 184 00033 – APE : 7112B – TVA : FR81 435 308 184