

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 07.07.2023

N° Client 35004269

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1290140 BC5752 - NO3700187 - Mazingarbe - GDS

N° échant.

259075 Air

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que les informations sur la méthode de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Début des analyses: 29.06.2023

Fin des analyses: 06.07.2023

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Mme Delphine Colin, Tel. +33/380681935
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "*)".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 2 de 2



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ARRAS 62)
Monsieur Jean-Guillaume ROBIN
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 07.07.2023
N° Client 35004269

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1290140 BC5752 - NO3700187 - Mazingarbe - GDS
N° échant. 259076 Air
Date de validation 29.06.2023
Prélèvement 28.06.2023
Spécification des échantillons Blanc 28/06 ZM

Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
-------	----------	---------------	--------------------	---------

Mesures sur absorbant

Mercure (Hg)	µg/tube	<0,004	0,004			conforme NF ISO 17733
--------------	---------	--------	-------	--	--	-----------------------

Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	0,13	0,05	+/- 13		méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	2,6	0,1	+/- 20		méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	0,34	0,1	+/- 24		méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	1,2	0,1	+/- 28		méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	0,29	0,1	+/- 25		méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	1,5				méthode interne

COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube) *)	µg/tube	n.d.				méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25			méthode interne
Trans-1,2-Dichloroéthylène (tube) *)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
cis-1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05			méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne

TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube)*)	µg/tube	58 x)		+/- 30		méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube)*)	µg/tube	5,4 x)		+/- 30		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *)	µg/tube	42	2	+/- 30		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube)	µg/tube	16	2	+/- 30		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube)	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube)	µg/tube	0,13	0,05	+/- 13		méthode interne

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 07.07.2023

N° Client 35004269

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1290140 BC5752 - NO3700187 - Mazingarbe - GDS

N° échant.

259076 Air

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube)	µg/tube	2,6	0,1	+/- 20	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *)	µg/tube	2,7	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l'incertitude de mesure analytique combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d'élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Début des analyses: 29.06.2023

Fin des analyses: 06.07.2023

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Mme Delphine Colin, Tel. +33/380681935
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "x)".

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ARRAS 62)
Monsieur Jean-Guillaume ROBIN
143 Avenue de Verdun
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
FRANCE

Date 07.07.2023
N° Client 35004269

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1290140 BC5752 - NO3700187 - Mazingarbe - GDS
N° échant. 259077 Air
Date de validation 29.06.2023
Prélèvement 28.06.2023
Spécification des échantillons Blanc 28/06 ZC

Unité Résultat Limite Quant. Incert. Résultat % Méthode

Mesures sur absorbant

Mercure (Hg)	µg/tube	<0,004	0,004			conforme NF ISO 17733
--------------	---------	--------	-------	--	--	-----------------------

Composés aromatiques

Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05			méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	n.d.				méthode interne

COHV

1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	0,1			méthode interne
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube) *	µg/tube	n.d.				méthode interne
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,25	0,25			méthode interne
Trans-1,2-Dichloroéthylène (tube) *	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
cis-1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05			méthode interne
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	0,2			méthode interne

TPH

Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) *	µg/tube	n.d.				méthode interne
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) *	µg/tube	n.d.				méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) *	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube)	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube)	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) *	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) *	µg/tube	<2,0	2			méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube)	µg/tube	<0,050	0,05			méthode interne

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " * ".

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Date 07.07.2023

N° Client 35004269

RAPPORT D'ANALYSES

Cde

1290140 BC5752 - NO3700187 - Mazingarbe - GDS

N° échant.

259077 Air

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) *)	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que les informations sur la méthode de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

Classe III 12/12/2014: Déchets inertes-Arrêté du 12/12/2014

Début des analyses: 29.06.2023

Fin des analyses: 06.07.2023

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

AL-West B.V. Mme Delphine Colin, Tel. +33/380681935
Chargée relation clientèle

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "n.d.". DOC-13-21153568-FR-P20

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

page 2 de 2



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° de projet
Nom de projet :
AL-West Numéro commande 1290140

Début des analyses: 29.06.2023
Fin des analyses: 06.07.2023

analyses

N° échant.	Code-barres	Nom de	Prélèvement	Date de réception
259068	A99902318132	PzR 1 ZM	28.06.23	29.06.23
259069	A99902318133	PzR 1 ZC	28.06.23	29.06.23
259070	A99902318136	PzR 2 ZM	28.06.23	29.06.23
259071	A99902318137	PzR 2 ZC	28.06.23	29.06.23
259072	A99902318138	PzR 3 ZM	28.06.23	29.06.23
259073	A99902318139	PzR 3 ZC	28.06.23	29.06.23
259074	A99902318140	PzR 4 ZM	28.06.23	29.06.23
259075	A99902318141	PzR 4 ZC	28.06.23	29.06.23
259076	A99902318134	Blanc 28/06 ZM	28.06.23	29.06.23
259077	A99902318135	Blanc 28/06 ZC	28.06.23	29.06.23

Annexe 8. Données toxicologiques

Cette annexe contient 7 pages

Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain.

Tous les modes d'exposition sont traités en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Types d'effets distingués

Par chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (ou tératogènes consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classé les effets suscités en catégories ou classes. Celles-ci sont présentées en page suivante. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Les mentions de danger des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (SGH01 à SGH09) qui les représentent. Ces mentions de danger sont liées au classement établi par l'Union Européenne.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être :		
C1A : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré C1B : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérogène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérogène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérogène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérogène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	M1A : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
	M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substance préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	R1A : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'oogénèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

Symboles et phrases de risques

Le SGH ou Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques est un ensemble de recommandations élaborées au niveau international. Il vise à harmoniser les règles de classification des produits chimiques et de communication des dangers (étiquettes, fiches de données de sécurité). En Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation, le SGH est mis en application via le règlement CLP. Le nouveau règlement européen CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) 1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges et modifiant les directives 67/548/CEE, 1999/45/CE et le règlement 1907/2006 a été publié le 31 décembre 2008 au Journal officiel de l'Union européenne.

Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009**. Il prévoit néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système de classification et d'étiquetage coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement devient obligatoire à partir du **1er décembre 2010** pour les **substances** et du **1er juin 2015** pour les **mélanges**. Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent porter de double étiquetage. Au 1er juin 2015, le système préexistant sera définitivement abrogé et la nouvelle réglementation sera la seule en vigueur.

Les principales nouveautés pour l'étiquette de sécurité sont l'apparition de nouveaux pictogrammes de danger, de forme losange et composés d'un symbole noir sur un fond blanc bordé de rouge, et l'ajout de mention d'avertissement indiquant la gravité du danger ("DANGER", pour les produits les plus dangereux, et "ATTENTION"). Les étiquettes comporteront également des mentions de danger (ex: "Mortel par inhalation") en remplacement des phrases de risque (phrases R) et des nouveaux conseils de prudence (ex: "Éviter tout contact avec les yeux, la peau ou les vêtements").

MENTIONS DE DANGER

► 28 mentions de danger physique

- H200 : Explosif instable
- H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
- H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
- H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
- H204 : Danger d'incendie ou de projection
- H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
- H220 : Gaz extrêmement inflammable
- H221 : Gaz inflammable
- H222 : Aérosol extrêmement inflammable
- H223 : Aérosol inflammable
- H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
- H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
- H226 : Liquide et vapeurs inflammables
- H228 : Matière solide inflammable
- H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
- H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
- H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
- H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
- H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
- H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

► 38 mentions de danger pour la santé

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

► Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :

- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au fœtus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au fœtus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.

► 5 mentions de danger pour l'environnement

- H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

► Symboles de danger

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).
- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d'ozone).
- **SGH08 : Nuit gravement pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l'ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l'environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

SGH01	SGH02	SGH03
		
SGH04	SGH05	SGH06
		
SGH07	SGH08	SGH09
		

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des informations propres à chaque substance considérée dans la présente étude.

	CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL	
						UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)
METAUX ET METALLOIDES										
Mercur (Hg)	7439-97-6	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH09	SGH08, H360D, H400, H410	R1B	3	C à D	rein	SNC
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES										
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C	poids	syst. Resp.
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES										
Benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H225, H350, H372, H304, H315, H340, H319	C1A M1B	1	A	sang	sang
Toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H225, H361d, H373, H315, H336	R2	3	D	hépatique, rein	syst. Nerveux
Éthylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332	-	2B	-	hépatique, rein	effet ototoxique
Xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	-	3	-	poids corporel	syst. Nerveux
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS										
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	++	++	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1	hépatique	neurotoxicité
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	++	++	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B M2	1	A	multiples	rein
Cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D	rein	hépatique
Trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D	immunitaire	hépatique
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H224, H351, H332	C2	3	C	hépatique	hépatique
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	++	++	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A	hépatique	hépatique
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	++	++	SGH07, SGH08	H351, H332, H312, EUH066	C2	3	C	foie	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059	-	3	D	poids corporel	syst. nerveux
1,2 dichloroéthane	107-06-2	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2	-	hépatique
1,1 dichloroéthane	75-34-3	++	++	SGH02, SGH07	H225, H302, H319, H335, H412	-	-	C	-	-
Tétrachlorométhane	56-23-5	++	++	SGH06, SGH08	H351, H331, H301, H372, H412, EUH059	C2	2B	B2	hépatique	hépatique
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2	hépatique	hépatique
Dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2	foie	foie
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH										
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	++	+		white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) : SGH08	tout d'hydrocarbures type H350, H340, H304	classement fonction des hydrocarbures		non adapté	syst. nerveux
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+					non adapté	syst. nerveux	
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-					syst. hépatique neveux	syst. Hépatique	
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-					syst. hépatique neveux	syst. Hépatique	
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--					syst. hépatique neveux	syst. Hépatique	
Aliphatic nC>35	"	--	--					syst. hépatique tumeurs hépatiques	-	
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++					-	-	

	CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL	
						UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++						-	-
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+						poids	poids
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+						poids	poids
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+						poids	poids
Aromatic nC>16-nC21	"	-	-						neurotoxique	-
Aromatic nC>21-nC35	"	--	--						non adapté	-
LEGENDE Volatilité : ++ :Pv > 1000 Pa (COV) + : 1000 > Pv > 10 Pa (COV) - : 10 >P> 10-2 Pa (non COV) -- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV) LEGENDE Solubilité : ++ : S>100 mg/l + : 100>S>1 mg/l - : 1>S>0.01 mg/l -- : S<0.01 mg/l										

Annexe 9. Relations dose-réponse

Cette annexe contient 7 pages.

Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Établies par diverses instances internationales ou nationales⁴ (Cf § H) sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets cancérogènes à seuil⁵) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. À partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Pour les effets à seuil de dose, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)

⁴ ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality.

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) peut également produire des VTR

⁵ Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

- MRL (Minimum Reasonable Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- CAA (Concentration dans l’Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l’ANSES⁶ pour l’ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence)

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR seront présentées sous formes d’excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d’un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l’excès de risque unitaire lié à la voie d’exposition orale : ERUo en (mg/kg/j)⁻¹,
- l’excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en (µg/m³)⁻¹.

Critères de choix des VTR

La 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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l’absence de VTR établie par l’ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d’études chez l’homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d’études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l’étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l’échantillon, ...);
- les modes de calcul (degré de transparence dans l’établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- les valeurs issues d’organismes reconnus (européens ou autres).

Ainsi, en l’absence d’**expertise nationale** ou de VTR proposée par l’**Anses**, la VTR sera retenue selon l’ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014, à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : **US-EPA, ATSDR ou OMS** sauf s’il est fait mention par l’organisme de référence que la VTR n’est pas basée sur l’effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.
- Puis, si aucune VTR n’était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par **Santé Canada, RIVM, l’OEHHA ou l’EFSA**.

VTR pour la voie cutanée

Lors de la réalisation d’évaluations des risques sanitaires en France, l’exposition cutanée n’est pas prise en compte, en raison de l’absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de méthodologie d’élaboration. Ainsi, l’INERIS a récemment travaillé sur la prise en compte de la voie cutanée et a proposé une méthode de construction de VTR pour des effets sensibilisants pour une exposition de la peau (INERIS, rapport DRC-07-85452-12062A, 2007).

⁶ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l’Alimentation, de l’Environnement et du Travail

A l'heure actuelle, l'INERIS continue son travail concernant les VTR pour des effets cutanés. L'objet de son rapport DRC-09-94380-01323A d'avril 2009, est d'ajuster la méthodologie précédemment proposée en prenant notamment en compte les recommandations du document guide développé pour la mise en œuvre du règlement REACH relatif à une méthodologie d'établissement des DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets sensibilisants. La méthodologie a été appliquée à trois substances sensibilisantes : l'hydroquinone, substance pour laquelle deux types de tests étaient disponibles (LLNA et GPMT) qui présentait ainsi une bonne étude de cas pour la méthodologie et le benzo(a)pyrène, substance couramment retrouvée en évaluation des risques. Le 3-méthyleugénol, faiblement sensibilisant, a également été étudié dans l'objectif d'avoir un aperçu sur l'étendue possible des valeurs des DNEL. Ces valeurs ne sont pas reprises dans le présent document.

In fine, GINGER BURGEAP applique la note DGS/DGPR d'octobre 2014 qui mentionne « en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être réalisée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

Valeurs réglementaires

► Milieu EAU

Pour le milieu eau, les valeurs réglementaires pour les eaux potables issues de la réglementation française (décret 2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007) mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique sont utilisées.

Les valeurs réglementaires existantes constituent les critères de gestion des eaux à vocation alimentaire (donc la valeur limite de concentrations des eaux au robinet des habitations), à ce titre, il n'est pas approprié d'établir un autre critère de gestion pour les eaux de nappe qui ont vocation à être utilisées à des fins alimentaires directement (ingestion de l'eau d'un puits sans traitement) ou indirectement (ingestion de l'eau après traitement, ingestion de produits alimentaires arrosés avec l'eau de nappe, etc.). Sont également présentées les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine issues de ce même décret.

Au niveau Européen, la directive de la communauté européenne : Directive de la CE (03/11/98) donnent également la majorité des valeurs françaises.

Pour la baignade les valeurs réglementaires définies dans 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) sont retenues.**

NB : Un travail interne est actuellement en cours concernant la diffusion des Normes de qualité environnementales (NQE)

► Milieu AIR

Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose la directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et précise notamment les nouvelles normes à appliquer.

Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. On distingue 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

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

Des valeurs réglementaires françaises existent pour le monoxyde de carbone, le benzène, le benzo(a)pyrène, les PM10 et PM2.5, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Enfin, pour l'air intérieur des ERP (Établissement recevant du public) des valeurs guides réglementées en France ont été mises en place, elles sont reprises dans le présent document. La loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur y pourvoit pour le formaldéhyde, gaz incolore principalement utilisé pour la fabrication de colles, liants ou résines, et pour le benzène, substance cancérigène aux effets hématologiques issue de phénomènes de combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarette, etc.). La valeur-guide pour le formaldéhyde est fixée pour une exposition de longue durée à 30 µg/m³ au 1er janvier 2015 et à 10 µg/m³ au 1er janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m³ au 1er janvier 2013 et à 2 µg/m³ au 1er janvier 2016.

► Autres milieux

D'autres milieux sont concernés par des valeurs réglementaires en France (dans le domaine alimentaire par exemple). Celles-ci ne sont pas détaillées ici mais constituent au même titre que les concentrations dans l'eau et l'air des valeurs de gestion.

Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et matrices alimentaires (animales, végétales). Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence.

► OMS –Eaux potables

L'OMS édite un ouvrage intitulé « Guidelines for drinking water quality » qui reprend les valeurs guides pour les eaux potables de nombreuses substances. Cet ouvrage régulièrement mis à jour est actuellement à sa 4^{ème} édition, elle date de 2011.

► OMS –Air et air intérieur

Le bureau Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2000 un document intitulé « Air Quality Guidelines in Europe » [WHO 2000]⁷ dans lequel figurent des valeurs guides pour la qualité de l'air.

L'objet de ce guide est de fournir une base pour la protection de la santé publique contre les effets néfastes des polluants atmosphériques, dans la perspective d'une cessation ou d'une réduction de l'exposition aux polluants qui nuisent certainement ou probablement à la santé ou au bien-être. Ce guide présente des informations générales et des conseils aux autorités internationales, nationales et locales qui souhaitent évaluer les risques et prendre des décisions concernant leur gestion. Ce guide établit des niveaux de polluants au-dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas de risque important pour la santé publique.

En ce qui concerne les polluants abordés, les sections relatives à l'évaluation des risques pour la santé et aux valeurs-guides exposent les considérations les plus pertinentes qui ont conduit à l'adoption des valeurs-guides recommandées.

Certains polluants ont été revus par l'OMS en 2005 (WHO air quality guidelines, global update, 2005)⁸. Cette révision s'appuie sur l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années (études épidémiologiques notamment).

Enfin, en 2010, l'OMS a publié un document intitulé « WHO guidelines for indoor air quality » [WHO 2010] dans lequel figurent des valeurs guides spécifiques pour la qualité de l'air intérieur.

► INDEX –Air intérieur

Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur propose des valeurs guide pour l'air intérieur.

Les substances listées dans ce document sont le benzène, le toluène, les xylènes, le styrène, le naphthalène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le dioxyde de carbone, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, le limonène, l'alpha pinène.

Les informations sur les expositions, la toxicité et la caractérisation du risque ont conduit les membres du projet à donner des recommandations quant aux expositions dans l'air intérieur à ne pas dépasser pour différentes durées.

► ANSES – Air intérieur

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, notamment en mobilisant une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire nécessaire à l'évaluation des risques.

Pour faire face à l'enjeu que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des informations utiles à la gestion de ce risque, l'ANSES s'est auto-saisie en octobre 2004, de l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VQAI) en France. Elles sont exclusivement construites sur des critères sanitaires. Elles sont exprimées sous forme de concentration dans l'air, associée à un temps

⁷ WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

⁸ WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 octobre 2005.

d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

Dans le cadre de substances dont les effets se manifestent sans seuil de dose, les VG sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En décembre 2014, date de la mise à jour de ce document, 11 polluants d'intérêt de l'air intérieur ont fait l'objet d'une expertise de l'Anses sur les VGAI.

Voir : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualite-d-air-interieur>

► CSHPF et HCSP

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant : <http://www.sante.gouv.fr/avis-et-rapports-du-cshpf.html>

Le Haut Conseil de la santé publique a été officiellement installé le 14 mars 2007. Ses 105 membres ont élu leur président et leur vice-président. Le HCSP est une instance d'expertise créée par la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Il reprend, en les élargissant, les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et celles du Haut Comité de la santé publique.

Les avis et rapports du HCSP sont consultables sur le site suivant :

<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil>

Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes (présentée dans l'ordre de priorité préconisé par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) :

- **Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – États-Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – États-Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe) / **IPCS** (International Program on Chemical Safety).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues.

Viennent ensuite les organismes pour lesquels la transparence dans l'établissement des valeurs n'est pas toujours adaptée à la sélection de leur VTR :

- **Health Canada = Santé Canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),

- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – États-Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.
- **EFSA** (European Food Safety Authority).

Des recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-avant. Ce sont :

- **Furetox** (Faciliter l'Usage des REsources TOXicologique), base de données française réalisée en partenariat avec l'Institut de Veille sanitaire, l'ARS Nord Pas de Calais et l'ARS Ile de France.
- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **de ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches.
- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** ([Joint Expert Committee on Food Additives](#)) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée **RAIS** (Risk Assessment Information System – États-Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du **NTP** (National Toxicology Program) et de **IRIS** de l'US EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées.

Annexe 10. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

Cette annexe contient 9 pages.

Concentration dans les gaz du sol et coefficients de diffusion dans les sols (commun à tous les modèles)

Concentration dans les gaz du sol

La concentration dans les gaz du sol quand elle n'est pas donnée directement par l'utilisateur est calculée à partir des équations suivantes.

Elle correspond à la valeur minimale issue des équations (a) et (b) :

$$C_{gds} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc}) \quad (a)$$

Équation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective}$

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm³)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)
 K_H : constante de Henry adimensionnelle (-)
 θ_a : teneur en air dans les sols (-)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (-)

$$C_{wi} = X \cdot S \quad (c)$$

$$C_w = \frac{C_{gds}}{H} \quad (b)$$

Équations utilisées en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),
 H : constante de Henry (-)
 X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)
 S : solubilité de la substance i (mg/l)

Coefficients de diffusion dans les gaz du sol

Le coefficient de diffusion réel dans le milieu poreux (D_{sa} dans l'air et D_{sw} dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirk (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_a \cdot \theta_a \cdot \left(\frac{\theta_a^{7/3}}{\theta^2} \right) \quad (d)$$

$$D_{sw} = \frac{D_w}{H} \cdot \theta_w \cdot \left(\frac{\theta_w^{7/3}}{\theta^2} \right) \quad (e)$$

Avec :

H : constante de Henry adimensionnelle (-),
 D_a : coefficient de diffusion dans l'air libre (m²/s), D_w : coefficient de diffusion dans l'eau libre (m²/s)
 θ : porosité totale (-), θ_w teneur en eau du sol (-), θ_a teneur en gaz du sol (-)

Le coefficient de diffusion effectif dans le milieu poreux correspond à la somme des deux termes précédents (d) et (e).

$$D_{eff} = D_{sa} + D_{sw} \quad (f)$$

En zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10⁴ fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse, ce qui explique que certains modèles de transfert gazeux ne considèrent que l'équation (d). GINGER BURGEAP réalise cette sommation, excepté pour l'application du modèle VOLASOIL en application stricte des équations décrites dans (Waitz et al. 1996).

Caractéristiques de la dalle béton (commun à différents modèles air intérieur)

Béton

La perméabilité d'un matériau comme le béton est liée dans les modèles de transfert à sa fissuration. Dans le modèle développé par Johnson et Ettinger, seule la fissuration périphérique intervient considérant le reste de la dalle comme non poreuse et non perméable. Dans les autres modèles (Waitz et al, 1996, Bakker et al. 2008) la perméabilité de la dalle peut être exprimée en lien avec le taux de fissuration comme suit.

$$K_f = \frac{f_{of}^2}{8, n, \pi} \quad (g)$$

Avec K_f : perméabilité de la dalle (m^2)

f_{of} : taux de fissuration dans la dalle (-) = surface des fissures / surface de la dalle

n : nombre de fissures dans la dalle par unité de surface (m^{-2}). Le nombre de fissures dans la dalle par unité de surface est par défaut de Volasoil de 10 fissures pour 50 m^2 , soit égal à 0,2 m^{-2} .

Pour le taux de fissures dans la dalle f_{of} , dans *The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatils compounds*, le RIVM donne les informations reprise dans le tableau suivant. A titre d'information, nous avons reporté dans ce tableau les perméabilités de dalle calculées, en supposant un nombre de fissures dans la dalle par unité de surface de 0,2 m^{-2} .

Taux de fissure dans la dalle f_{of} (-)	K_{dalle} (m^2) associée	Qualité de la dalle	Recommandation utilisation dans la modélisation
2.10^{-4}	8.10^{-9}	dalle de qualité « très mauvaise » selon Bakker et al. (2008)	Niveau de perméabilité non retenu équivalent à un plancher bois ou dalles fendues
10^{-5}	2.10^{-11}	dalle de qualité « normale » selon Bakker et al. (2008)	Perméabilité de la dalle après un vieillissement normal. Valeur analogue en perméabilité à un sable
10^{-6}	2.10^{-13}	dalle de bonne qualité selon Bakker et al. (2008)	Perméabilité de la dalle retenue par défaut si non connue pour des nouvelles constructions.
10^{-7}	2.10^{-15}	dalle de très bonne qualité selon Bakker et al. (2008)	Perméabilité de la dalle qui pourra être retenue en présence d'une géomembrane en base ou résine de type epoxy

Concernant la diffusion des polluants à travers la dalle en béton, celle-ci est calculée par application des équations (d), (e) et (f) en prenant en compte des valeurs de porosité et teneur en eau spécifiques :

- Porosité de la dalle de 12 %. Cette valeur est déterminée pour un béton ordinaire de rapport E/C = 0,48, d'après « Caractérisation des pâtes de ciments et des bétons – Méthodes, analyse, interprétation ». Véronique BAROGHEL-BOUNY. LCPC, 1994.
- Teneur en eau de 7% (valeur par défaut choisie à partir des travaux spécifiques du département R&D de BURGEAP mettant en évidence des rapports entre la diffusion dans l'air libre et la diffusion dans le matériau (Da/Dsa) compris entre 370 et 15000.

Les caractéristiques retenues conduisent à un rapport entre la diffusion dans l'air libre et la diffusion dans le matériau de 312.

Enrobé

Pour les aménagements extérieurs, le terrain naturel ou le remblai peut être recouvert par une couche d'enrobé. Dans ce cas les caractéristiques suivantes sont considérées pour le calcul de la diffusion des polluants par application des équations (d), (e) et (f). Les caractéristiques en termes de porosités et teneur en eau des enrobés asphaltés sont diverses, dépendant de la typologie des enrobés. Dans l'application des

calculs de risques à la réutilisation des terres excavées, Blanc et al. (2012)⁹ retiennent pour l'enrobé extérieur (parking) une porosité de 3% et une teneur en eau nulle ; aucun argumentaire n'est cependant donné sur la source de ces valeurs. BURGEAP, sur la base d'une analyse de la bibliographie disponible (2019) retient les valeurs suivantes conduisant à un rapport entre la diffusion dans l'air libre et la diffusion dans le matériau de 414 :

- Porosité de l'enrobé de 3 % ;
- Teneur en eau de 1%

Pour l'étude de sensibilité, les valeurs retenues par Blanc et al. (2012) conduisant à un rapport entre la diffusion dans l'air libre et la diffusion dans le matériau de 107 sera utilisé.

⁹ Blanc C. avec la participation de F.Lefevre (MEDDTL), G.Boissard, M.Scamps (BRGM) et B.Hazebrouck (INERIS) – (2012) - Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement. BRGM/RP-60013-FR, 53p

Concentrations de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied sur dallage indépendant

Description du modèle utilisé

La modélisation des expositions aux vapeurs est conduite sur la base des équations de **Johnson & Ettinger** (1991), dont les équations et les phénomènes considérés sont donnés ci-après.

La diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) entraîne les polluants à travers le sol jusqu'à la zone d'influence du bâtiment où le phénomène convectif intervient. Le mouvement convectif, dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur des bâtiments (occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation), transporte les vapeurs par les fissures des fondations et de la dalle béton.

Le modèle utilisé considère une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps).



Johnson & Ettinger, 1991
 Dallage indépendant
 Yao et al., 2011

La concentration dans l'air intérieur en régime permanent (source infinie) est calculée à partir de la concentration dans l'air des sols à la source comme suit:

$$C_{ai} = \alpha \cdot C_{GdS} \quad (1)$$

Avec :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) + \left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{ceack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) - 1 \right] \right]} \quad (2)$$

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (m^2/s) calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des différents horizons de sols, voir équations (d), (e) et (f)

C_{vs} : concentration de vapeur dans la source (mg/m^3)

Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (m^3/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (m^2/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après

A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (m^2), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

L_{crack} : épaisseur de la dalle (m)

A_B : surface des bâtiments (m^2)

L_T : distance de la source au dallage (m)

Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m^3/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

Le débit Q_{sol} (m^3/s) est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times (\Delta P) \times k_v \times X_{crack}}{\eta \ln[2 \times Z_{crack} / r_{crack}]} \quad (3)$$

Avec ΔP : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur (Pa)

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (m^2)

η : viscosité dynamique des gaz (Pa.s)

X_{crack} : longueur du cylindre représentant la fissure, correspondant au périmètre du bâtiment considéré (m)

r_{crack} : rayon équivalent de la fissure (m), calculé par le rapport entre (fraction des fissures dans le dallage x surface du dallage) et le périmètre du bâtiment considéré

Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol (m), correspond à L_{crack} en l'absence de sous-sol ou à la hauteur du sous-sol en présence de sous-sol

π : 3.14159

Le terme en exponentiel dans l'équation (2) suivant :

$$\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}} \right)$$

représente le nombre de Péclet Equivalent pour le transport à travers les fondations du dallage, quand ce terme tend vers l'infini, la résolution de l'équation (2) approche :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{Def f \times AB}{QB \times LT} \right]}{\left[\frac{Def f \times AB}{Q_{sol} \times LT} \right] + 1} \quad (4)$$

Lorsque l'environnement intérieur au contact des sols correspond à un parking ou sous-sol, les caractéristiques de cet espace sont utilisées pour l'application des équations ci-dessus. La concentration calculée est ainsi la concentration dans l'air intérieur du parking ou sous-sol. Dans ce cas, la concentration dans les lieux de vie sus-jacents est calculée en appliquant un facteur d'atténuation β entre ces deux niveaux comme suit :

$$C_{ai}(\text{lieu de vie}) = \beta \cdot C_{ai}(\text{ssol, parking}) \quad (5)$$

Avec C_{ai} : concentration en polluant dans l'air intérieur ($\mu g/m^3$) de chacun des niveaux

β : facteur d'atténuation entre le sous-sol ou parking et le niveau de vie sus-jacent (-)

$C_{ai}(\text{ssol, parking})$ = concentration en polluant dans les sous-sol ou parking ($\mu g/m^3$)

La différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol ΔP : 4 Pa (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa. L'effet du vent et de la température (chauffage) induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et al. 1983).

Les autres paramètres utilisés dans le modèle sont précisés soit en début d'annexe (diffusion) soit dans le corps du rapport.

Les équations utilisées sont présentées dans la norme ASTM E 1739-95 et consultables dans le document suivant : USER'S GUIDE FOR EVALUATING SUBSURFACE VAPOR INTRUSION INTO BUILDINGS, U.S. EPA OFFICE OF EMERGENCY AND REMEDIAL RESPONSE ; EPA Contract Number: 68-W-01-058 ; June 19, 2003. Elles ont été réécrites sous excel par nos soins.

Concentration de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied sur dalle portée

Les équations reprises ci-après sont tirées de **Bakker et al.** 2008 (RIVM Report 711701049/2008) pour un bâtiment de plain-pied avec une dalle portée, elles ont été réécrites sous excel par nos soins.

Le flux de polluant gazeux venant du sol vers l'air intérieur J_T combine le transport convectif et diffusif à travers les différents horizons de sols et la dalle considérée ici comme un milieu poreux équivalent. Les équations proposées par Waitz et al. (1996) pour chaque couche sont reprises par Bakker et al. (2008).

Le modèle utilisé considère une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps).



Le flux convectif F_T d'air du sol vers l'air intérieur ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$) s'écrit comme suit :

$$F_T = \frac{dP_T}{L_{S/KS} + L_{f/Kf}} \quad (1)$$

Avec dP_T : différence de pression entre l'intérieur du bâtiment et les sols (jusqu'à la source) (Pa)

F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$)

L_S : hauteur de sol entre la source et la base de la dalle (m)

L_f : épaisseur de la dalle (m)

K_S : conductivité équivalente du sol entre la source et la dalle ($\text{m}^2/\text{Pa}/\text{s}$)

K_f : conductivité équivalente de la dalle ($\text{m}^2/\text{Pa}/\text{s}$)

Pour une succession de lithologies présentant des perméabilités différentes, le coefficient de conductivité équivalent K_S est calculé comme suit :

$$K_S = \frac{L_S}{\sum_{(0 \leq L_S)} \left[\frac{L_h}{k_h} \right]} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (2)$$

Avec : L_h : épaisseur de l'horizon h (m)

L_S : profondeur de la source considérée (m)

k_h : perméabilité au gaz de l'horizon h (m^2)

η : viscosité dynamique du gaz (Pa.s)

Le flux de polluant J_T du sol vers l'air intérieur ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{s}$) s'écrit :

$$J_T = \frac{-F_T \cdot C_{gds}}{\exp \left[\frac{-F_T L_T}{D_{eff}} \right] - 1} \quad (3)$$

Avec J_T : flux total du polluant du sol vers l'air intérieur ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{s}$)

F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$)

L_T : longueur totale du système considéré entre la source et l'air intérieur (m) : hauteur de sols (L_S) + de dalle (L_f)

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif intégrant les sols et la dalle (m^2/s) calculé à partir des caractéristiques des différentes couches de sol, voir équations (d), (e) et (f)

C_{gds} : concentration dans les gaz du sol à la source (mg/m^3)

NB : Les équations sont simplifiées par l'auteur considérant que la concentration dans l'air intérieur à la surface de la dalle est négligeable devant celle dans les gaz du sol.

La concentration dans l'air intérieur C_{ai} est dépendante du débit massique de polluant J_T et du taux de renouvellement d'air de l'environnement intérieur considéré RA_{ai} . D'un point de vue théorique, le renouvellement d'air RA_{ai} dépend du taux de ventilation τ_i mais également du flux d'air provenant des sols, même si ce dernier est généralement négligeable devant le débit de ventilation.

$$C_{ai} = \frac{J_T}{h_{ai} \cdot RA_{ai}} \quad (4)$$

avec

$$RA_{ai} = \tau_i + \frac{F_T}{h_{ai}} \quad (5)$$

Avec C_{ai} : concentration en polluant dans l'air intérieur (mg/m^3)

h_{ai} : hauteur de l'environnement intérieur considéré (m)

RA_{ai} : taux de renouvellement de l'environnement intérieur considéré (s^{-1})

τ_i : taux de ventilation d'air de l'environnement intérieur considéré (s^{-1})

J_T : flux total du polluant du sol vers l'air intérieur (m^3/s)

F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$)

Lorsque l'environnement intérieur au contact des sols correspond à un parking ou sous-sol, les caractéristiques de cet espace sont utilisées pour l'application des équations ci-dessus. La concentration

calculée est ainsi la concentration dans l'air intérieur du parking ou sous-sol. Dans ce cas, la concentration dans les lieux de vie sus-jacents est calculée en appliquant un facteur d'atténuation β entre ces deux niveaux comme suit :

$$C_{ai}(\text{lieu de vie}) = \beta \cdot C_{ai}(\text{ssol}, \text{parking}) \quad (6)$$

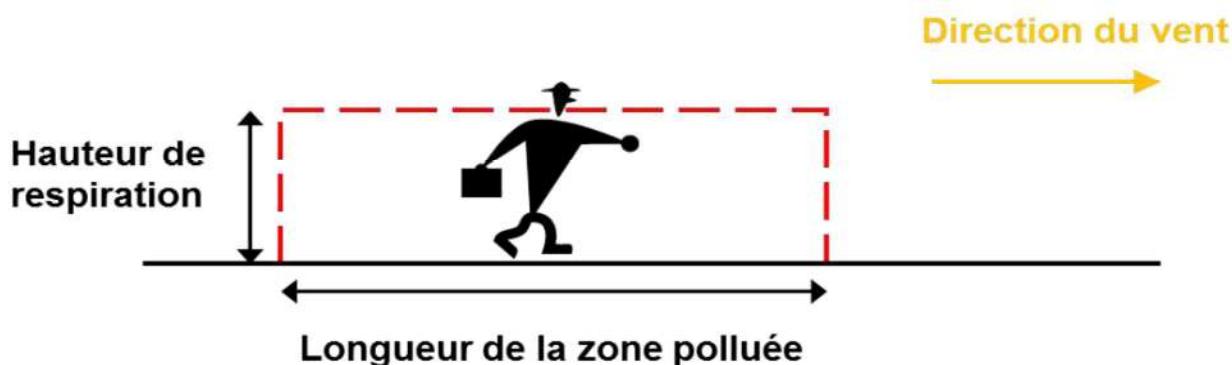
Avec C_{ai} : concentration en polluant dans l'air intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de chacun des niveaux
 β : facteur d'atténuation entre le sous-sol ou parking et le niveau de vie sus-jacent (-)

Les équations utilisées sont tirées de Bakker et al. 2008 (RIVM Report 711701049). Elles ont été écrites sous excel par nos soins.

Concentration de vapeur dans l'air extérieur

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations **de Millington and Quirck et de l'équation de Fick**. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Le calcul des concentrations diluées par le vent est effectué à l'aide de l'équation générique utilisée dans le logiciel RISC (modèle boîte).



La concentration moyenne dans l'air extérieur est calculée de la façon suivante :

$$C_{ae} = \frac{J_{ae}}{v} \cdot \frac{L}{H} \quad (1)$$

Avec C_{ae} : concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)
 J_{ae} : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)
v : vitesse moyenne du vent (m/s)
H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

Le flux vers l'air extérieur J_{ae} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) est calculé à partir de l'équation de Fick, comme suit :

$$J_{ae} = D_{eff} \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \quad (2)$$

Avec dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3/\text{m}$) entre la concentration à la source et la surface
 D_{eff} (ici m^2/s) en le coefficient de diffusion effectif dans le sol .

La concentration dans les gaz du sol est si nécessaire calculée avec les équations (a), (b) et (c) présentées en début d'annexe. La diffusion effective est calculée à partir des caractéristiques des différentes couches de sol avec les équations (d), (e), (f) présentées en début d'annexe.

Enfin, en présence de recouvrement, ses caractéristiques diffusives sont prises en compte comme une couche de matériau poreux complémentaire.

Annexe 11. Détails des calculs de dose et de risque

Cette annexe contient 1 page

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)
	Adulte Travailleur	Adulte Travailleur	Adulte Travailleur	Adulte Travailleur	Adulte Travailleur	Adulte Travailleur
SUBSTANCES						
METAUX ET METALLOIDES						
Mercure (Hg)	non calculé	non calculé	1.27E-04	non calculé	non calculé	4.24E-08
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						
Naphtalène	2.13E-09	non calculé	1.71E-05	1.25E-12	non calculé	1.01E-08
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES						
benzène	1.11E-07	non calculé	7.10E-04	8.67E-11	non calculé	5.56E-07
toluène	non calculé	non calculé	1.50E-07	non calculé	non calculé	1.17E-10
ethylbenzène	non calculé	non calculé	4.28E-07	non calculé	non calculé	3.02E-10
m+p-Xylène	non calculé	non calculé	3.24E-05	non calculé	non calculé	2.18E-08
o-Xylène	non calculé	non calculé	1.16E-05	non calculé	non calculé	9.02E-09
HYDROCARBURES SUIVANT LES C10						
Aliphatic nC>6-nC8	non calculé	non calculé	4.83E-06	non calculé	non calculé	1.38E-08
Aliphatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	8.36E-05	non calculé	non calculé	7.07E-08
Aliphatic nC>10-nC12	non calculé	non calculé	5.24E-05	non calculé	non calculé	4.43E-08
Aliphatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	1.03E-05	non calculé	non calculé	8.67E-09
Aromatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	7.25E-05	non calculé	non calculé	6.13E-08
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS						
tétrachloroéthylène (PCE)	2.01E-10	non calculé	3.22E-06	1.38E-13	non calculé	2.21E-09
trichloroéthylène (TCE)	1.35E-10	non calculé	7.01E-08	9.83E-14	non calculé	5.12E-11
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	non calculé	non calculé	2.51E-05	non calculé	non calculé	1.99E-08
chlorure de vinyle (VC)	1.85E-08	non calculé	8.12E-05	1.62E-11	non calculé	7.09E-08
1,1,1 trichloroéthane	non calculé	non calculé	1.32E-05	non calculé	non calculé	9.56E-09
1,2 dichloroéthane	2.09E-07	non calculé	3.41E-05	1.80E-10	non calculé	2.94E-08
1,1 dichloroéthane	5.38E-10	non calculé	non calculé	3.76E-13	non calculé	non calculé
Tétrachlorométhane (CCl4)	non calculé	5.63E-06	6.20E-06	non calculé	4.08E-09	4.48E-09
chloroforme (TCmA)	non calculé	6.49E-05	4.17E-05	non calculé	5.60E-08	3.60E-08
TOTAL	3.41E-07	0.00007	0.001	2.85E-10	6.0E-08	1.0E-06

Annexe 12. Glossaire

AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASIAS (Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

COHV (Composés organo-halogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

DRIEE (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie) : Service déconcentré du Ministère en charge de l'environnement pour l'Île de France, la DRIEE met en œuvre sous l'autorité du Préfet de la Région les priorités d'actions de l'État en matière d'Environnement et d'Énergie et plus particulièrement celles issues du Grenelle de l'Environnement. Elle intervient dans l'ensemble des départements de la région grâce à ses unités territoriales (UT).

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérogène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérogène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants.

HCT (Hydrocarbures Totaux) : Il s'agit généralement de carburants pétroliers dont la volatilité et la mobilité dans le milieu souterrain dépendent de leur masse moléculaire (plus ils sont lourds, c'est-à-dire plus la chaîne carbonée est longue, moins ils sont volatils et mobiles).

IEM (Interprétation de l'état des milieux) : au sens des textes ministériels du 8 février 2007, l'IEM est une étude réalisée pour évaluer la compatibilité entre l'état des milieux (susceptibles d'être pollués) et les usages effectivement constatés, programmés ou potentiels à préserver. L'IEM peut faire appel dans certains cas à une grille de calcul d'EQRS spécifique.

ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'enregistrement. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets industriels inertes par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Sont considérés comme déchets inertes ceux répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation précise, entre autres, les capacités de stockage maximales et annuelles de l'installation, la durée de l'exploitation et les superficies de l'installation de la zone à exploiter et les prescriptions techniques requises.

ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets dangereux, qu'ils soient d'origine industrielle ou domestique, et les déchets issus des activités de soins.

Lixiviation : Opération consistant à soumettre une matrice (sol par exemple) à l'action d'un solvant (en général de l'eau). On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un matériau au laboratoire est appelée un éluat.

PCB (Polychlorobiphényles) : L'utilisation des PCB est interdite en France depuis 1975 (mais leur usage en système clos est toléré). On les rencontre essentiellement dans les isolants diélectriques, dans les transformateurs et condensateurs individuels. Ces composés sont peu volatils, peu solubles et peu mobiles.

Plan de Gestion : démarche définie par les textes ministériels du 8 février 2007 visant à définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué.

QD (Quotient de danger) : Rapport entre l'estimation d'une exposition (exprimée par une dose ou une concentration pour une période de temps spécifiée) et la VTR* de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le QD (sans unité) n'est pas une probabilité et concerne uniquement les effets à seuil.

VTR (Valeur toxicologique de référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les VTR sont établies par des instances internationales (I'OMS ou le CIPR, par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, ANSES en France, etc.).

VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle) : Valeur limite d'exposition correspondant à la valeur réglementaire de concentration dans l'air de l'atmosphère de travail à ne pas dépasser durant plus de 8 heures (VLEP 8H) ou 15 minutes (VLEP CT) ; la VLEP 8H peut être dépassée sur de courtes périodes à condition de ne pas dépasser la VLEP CT.

Etablissement de Mazingarbe (62)

*Annexe n° 4 : Etude Quantitative des Risques Sanitaires – OTE Ingénierie – Juillet
2025*



Etablissement VYNOVA

Mazingarbe (62)

Projet de chaufferie biomasse



ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX ET DES RISQUES SANITAIRES



JUILLET 2025



OTE INGÉNIERIE
des compétences au service de vos projets

Agence de Metz

1 bis rue de Courcelles
57070 METZ - FRANCE
Tél : 03 87 21 08 79

	DATE	DESCRIPTION	REDACTION/VERIFICATION		APPROBATION		N° AFFAIRE : 25010111	Page : 2/110
0	07/2025	EEMRS	FM France MICHELOT		LIG			

Sommaire

Sommaire	3
Liste des illustrations	5
Listes des tableaux	6
Préambule	7
1. Identification des substances émises pouvant avoir des effets sur la santé	8
1.1. Inventaire et description des sources	8
1.2. Bilan quantitatif des flux	8
2. Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger	9
2.1. Caractérisation de la zone d'étude	9
2.2. Caractérisation des populations	11
2.2.1. Environnement humain	11
2.2.2. Populations sensibles	12
2.3. Caractérisation des usages	14
2.3.1. Zones de loisirs	14
2.3.2. Zones de culture et d'élevage	14
2.3.3. Activités polluantes	14
2.4. Sélection des substances d'intérêt	16
2.4.1. Définition des VTR	16
2.4.2. Choix des polluants traceurs	18
2.4.3. Détermination des flux à l'émission	27
2.5. Voies de transfert des polluants	33
2.5.1. Voies d'exposition à considérer	33
2.5.2. Schéma conceptuel	33
3. Interprétation de l'état des milieux	35
3.1. Choix des substances et milieux pertinents	35
3.1.1. Caractérisation des milieux et évaluation de la dégradation attribuable au site	35
3.1.2. Evaluation de la compatibilité des milieux	38
3.1.3. Evaluation qualitative de la dégradation liée aux émissions futures	39
3.1.4. Conclusions de l'IEM pour la suite de la démarche et la gestion des émissions	39
4. Evaluation prospective des risques sanitaires	40

4.1. Identification des dangers et relations dose-réponse	40
4.1.1. Effets à seuil et sans seuil	40
4.1.2. Synthèse	64
4.2. Evaluation de l'exposition par inhalation	68
4.2.1. Evaluation des concentrations à l'immission	68
4.2.2. Evaluation de l'exposition par inhalation	74
4.3. Evaluation de l'exposition par ingestion	76
4.3.1. Présentation du code de calcul	76
4.3.2. Scénario d'exposition	80
4.3.3. Synthèse des paramètres d'entrée du modèle	81
4.3.4. Calcul des doses d'exposition	86
4.4. Caractérisation des risques sanitaires	88
4.4.1. Les effets à seuil	88
4.4.2. Effets sans seuil	91
4.5. Evaluation qualitative : cas particulier des poussières, du CO, des NOx et du SO2	94
4.5.1. Cas particulier des poussières (PM2,5)	94
4.5.2. Cas particulier du CO	97
4.5.3. Cas particulier du NOx	100
4.5.4. Cas particulier du SO2	102
4.6. Synthèse et discussion des incertitudes	105
5. Conclusion	110

Liste des illustrations

Illustration n° 1 : Rose des vents Météo France à la station de ARRAS (2001 – 2020).....	10
Illustration n° 2 : Localisation des populations sensibles dans le secteur d'étude	13
Illustration n° 3 : Usage des sols dans le secteur d'étude	15
Illustration n° 4 : Schéma conceptuel du site	34
Illustration n° 5 : Bilan régional 2023 de la qualité de l'air	35
Illustration n° 6 : Concentrations moyennes annuelles en PM10 en 2023 – Site de VYNOVA.....	36
Illustration n° 7 : Concentrations moyennes annuelles en PM2,5 en 2023 – Site de VYNOVA.....	37
Illustration n° 8 : Concentrations moyennes annuelles en NO2 en 2023 – Site de VYNOVA.....	37
Illustration n° 9 : Conformité réglementaire des polluants mesurés	38
Illustration n° 10 : Modalités de choix des VTR selon la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014	65
Illustration n° 11 : Modélisation de la dispersion atmosphérique des poussières (PM2,5).....	72
Illustration n° 12 : Modélisation de la dispersion atmosphérique du benzène.....	73
Illustration n° 13 : Etape du code de calcul des risques par ingestion	77
Illustration n° 14 : Présentation des voies de transferts et d'expositions par INGESTION pouvant être pris en compte dans le code de calculs OTE	79

Listes des tableaux

Tableau n° 1 : Répartition de la population par grandes tranches d'âges (Source : INSEE)	11
Tableau n° 2 : Recensement des populations sensibles (liste non exhaustive).....	12
Tableau n° 3 : Caractéristiques toxicologiques des composés susceptibles d'être émis par les installations de combustion.....	22
Tableau n° 4 : Détermination des flux de polluants retenus à l'émission des chaudières gaz et de la turbine à gaz existantes	27
Tableau n° 5 : Détermination des flux de polluants retenus à l'émission de la nouvelle chaudière biomasse	28
Tableau n° 6 : Facteurs d'émission des métaux issus de la combustion de biomasse	29
Tableau n° 7 : Détermination des flux annuels de métaux à l'émission de la chaufferie biomasse	30
Tableau n° 8 : Détermination des proportions et des flux de HAP à l'émission de la chaufferie biomasse.....	30
Tableau n° 9 : Détermination des proportions et des flux de métaux à l'émission de la turbine à gaz	31
Tableau n° 10 : Détermination des proportions et des flux de HAP à l'émission de la turbine à gaz	32
Tableau n° 11 : Synthèse et sélection des VTR	66
Tableau n° 12 : Concentrations maximales à l'immission au niveau de la zone de retombée maximale (en moyennes annuelles)	71
Tableau n° 13 : Concentrations inhalées (en mg/m ³)	75
Tableau n° 14 : Calcul des DJE pour les effets à seuil.....	86
Tableau n° 15 : Calcul des DJE pour les effets sans seuil	87
Tableau n° 16 : Calcul des QD - voie inhalatoire.....	89
Tableau n° 17 : Calcul des QD - voie orale	90
Tableau n° 18 : Calcul des ERI – voie inhalatoire	91
Tableau n° 19 : Calcul des ERI - voie orale	92

Préambule

Le présent chapitre a pour objectif de démontrer que les valeurs limites d'émission dans l'air des installations projetées sont compatibles avec l'état du milieu.

L'évaluation de l'état du milieu atmosphérique et des risques sanitaires a été élaborée sur la base du guide méthodologique de l'INERIS "*Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées*" (INERIS, 2021).

Ainsi, l'étude comportera les étapes suivantes :

- Identification des substances émises pouvant avoir des effets sur la santé
- Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger,
- Interprétation de l'Etat des Milieux,
- Evaluation prospective des risques sanitaires.

1. Identification des substances émises pouvant avoir des effets sur la santé

1.1. Inventaire et description des sources

Dans sa configuration future, les installations de combustion du site seront composées des équipements suivants :

- la chaudière biomasse projetée,
- la chaufferie existante fonctionnant au gaz naturel (2 chaudières)
- l'unité de cogénération (turbine à gaz, chaudière gaz en sortie de turbine et brûleur de post-combustion).

Les émissions gazeuses de la chaufferie gaz existante sont rejetées à l'atmosphère par une cheminée de 41 m. Les émissions gazeuses de la turbine à gaz existante sont rejetées à l'atmosphère par une cheminée de 25 m.

La nouvelle chaudière biomasse quant à elle disposera d'une cheminée de 29,5 m.

Ces points de rejet à l'atmosphère constituent des sources d'émission de polluants à l'atmosphère et seront retenus pour la suite de l'étude.

1.2. Bilan quantitatif des flux

Les installations existantes ne seront pas modifiées dans le cadre du projet.
Les installations sont soumises à l'arrêté préfectoral du 09/11/2001.

La nouvelle chaudière biomasse sera soumise à l'arrêté du 3 août 2018 relatif aux installations de combustion de puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110.

Les équipements de combustion projetés seront exploités de manière adéquate afin de respecter les valeurs limites d'émission figurant dans l'arrêté précité.

2. Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger

2.1. Caractérisation de la zone d'étude

Le climat du Pas-de-Calais est de type océanique. Les amplitudes thermiques sont faibles, les hivers sont doux, les étés sont tempérés grâce à la brise marine et les précipitations sont régulières. Il existe des contrastes climatiques au sein du département : le caractère océanique étant plus marqué sur les côtes que dans les terres, et les reliefs étant les plus arrosés par les précipitations.

Les données numériques relatives à la région de Mazingarbe ont été fournies par Météo France à partir des relevés effectués à la station de Arras (62873001). La rose des vents normale (moyennée sur 20 années de données trihoraires) de la station d'Arras est présentée page suivante.

D'après la rose des vents, les vents dominants sont :

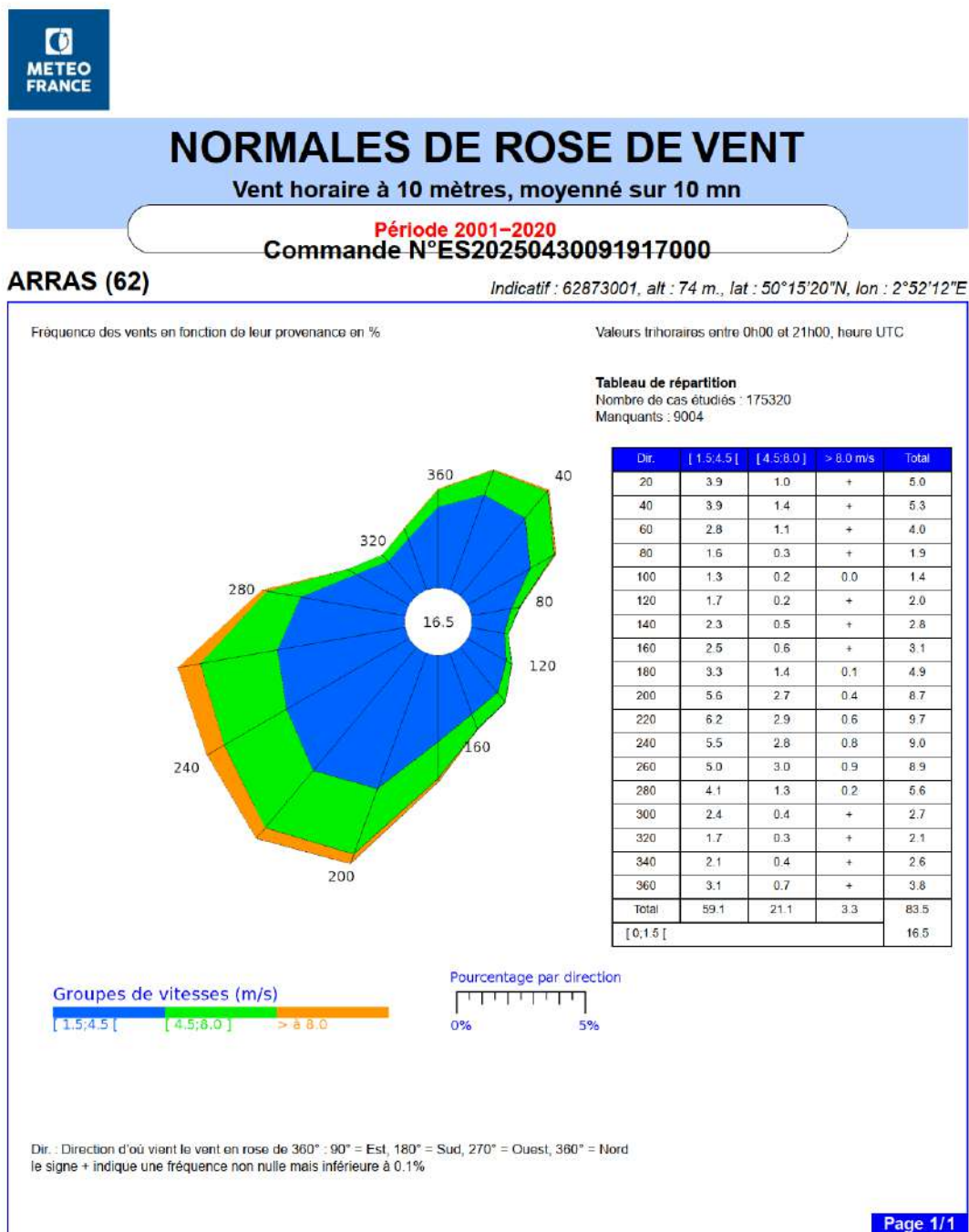
- de direction Sud-Ouest et de secteur 220 (9,7%),
- de direction Ouest/Sud-Ouest et de secteur 240 (9%),
- de direction Ouest et de secteur 260 (8,9%).

Ces directions indiquent l'origine des vents, c'est-à-dire leur provenance.

À l'opposé de ces secteurs de vents, sont localisées les populations qui reçoivent les émissions atmosphériques de l'installation. Ces populations sont dites « sous les vents dominants ». Elles sont présentes sous les secteurs 040, 060 et 080 (Nord-Est).

On observe une dominance de vents faibles à moyens (1,5 à 4,5 m/s pour 59,1 % des vents). Les vents très faibles (< 1,5 m/s) sont relativement élevés avec 16,5% des vents.

Illustration n° 1 : Rose des vents Météo France à la station de ARRAS (2001 – 2020)



N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Météo-France
73 avenue de Paris - 94165 SAINT MANDE
Tel : 0 890 71 14 15 - Email : contactmail@meteo.fr

2.2. Caractérisation des populations

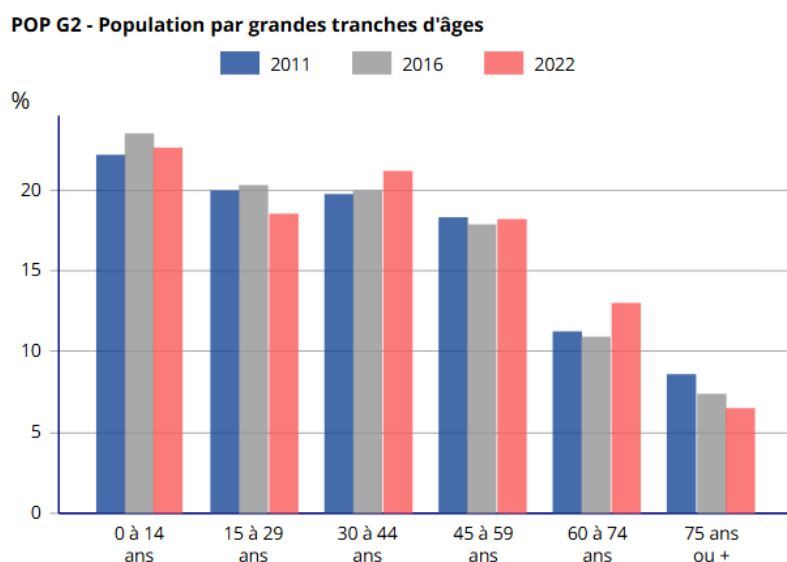
2.2.1. Environnement humain

a) La population

La commune nouvelle de Mazingarbe comptait 8 164 habitants au regard du dernier recensement de la population légale en 2022.

La population par tranches d'âges peut être illustrée par l'illustration ci-dessous.

Tableau n° 1 : Répartition de la population par grandes tranches d'âges (Source : INSEE)



En 2022, les enfants (moins de 15 ans) représentent 22,6 % tandis que les personnes âgées (75 ans et plus) représentent 6,5% de la population.

b) Habitations et ERP

Des habitations sont présentes à environ 400 m à l'Ouest du projet.

2.2.2. Populations sensibles

Lors d'une évaluation toxicologique, l'intégralité de la population générale doit être considérée, mais plus particulièrement les individus les plus sensibles. En effet, certains groupes d'individus présentent, de par leurs particularités intrinsèques, une vulnérabilité plus grande aux facteurs environnementaux.

Ainsi plusieurs types de sous-populations peuvent être définis, notamment : les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes, les personnes immunodépressives ou encore les sportifs.

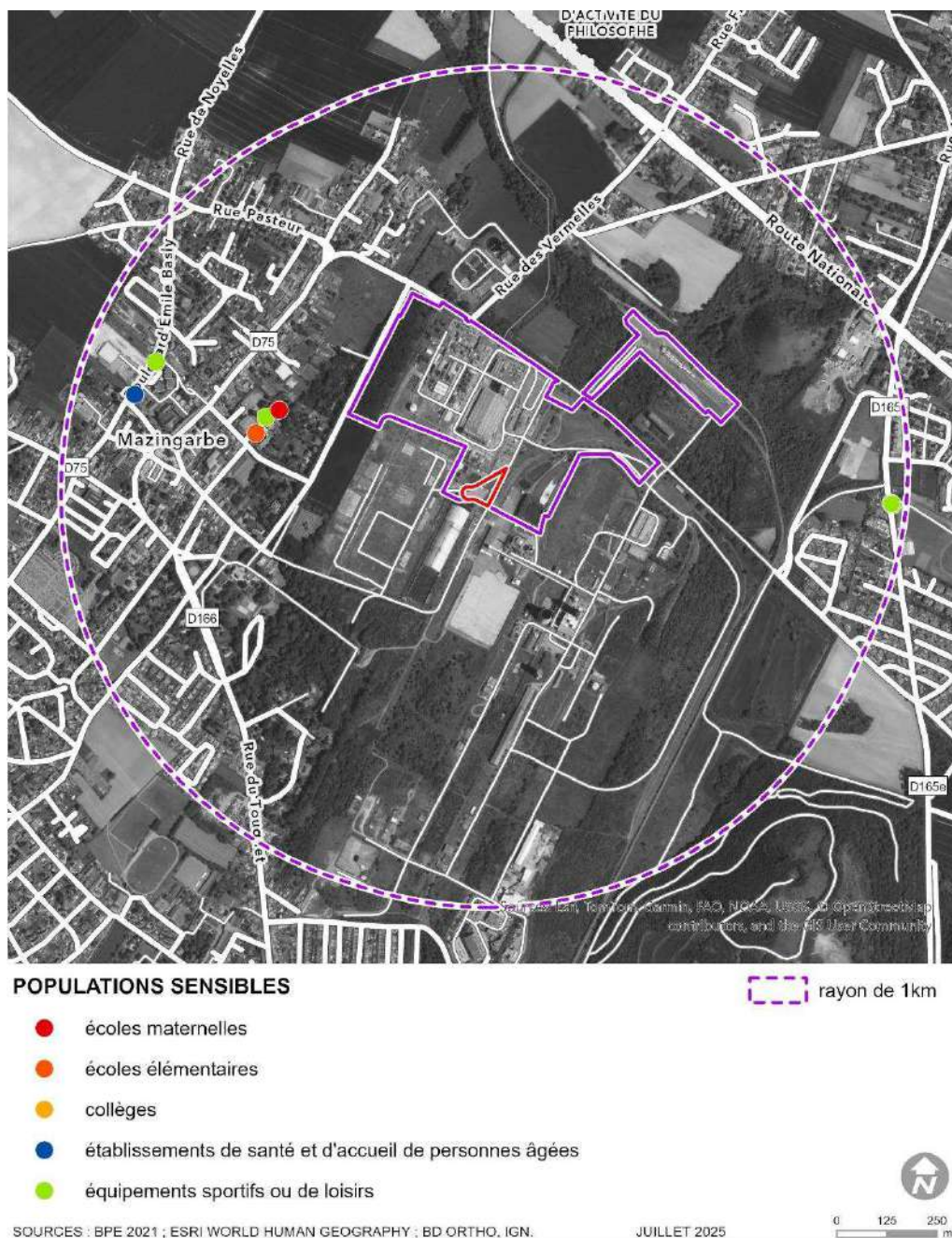
Les principales populations dites sensibles recensées dans un rayon de 1 km autour du projet sont présentées dans le tableau et sur la carte ci-après.

Tableau n° 2 : Recensement des populations sensibles (liste non exhaustive)

	Infrastructures	Distance par rapport au barycentre du site (m)	Secteur de la rose des vents
ETABLISSEMENT	Ecoles maternelles	537	280-290
	Ecoles maternelles	537	280-290
	Ecoles élémentaires	573	280-290
ETABLISSEMENTS DE SANTE	EHPAD	890	280-290
INFRASTRUCTURES SPORTIVES ET DE	Gymnase	1 032	080-090
	Boulodrome	1 029	080-090
	Terrains de grands jeux	1 029	080-090
	Athlétisme	1 029	080-090
	Salles de combat	561	280-290
	Gymnase	561	280-290
	Tennis	866	280-290

Au regard de la rose des vents présentée au paragraphe précédent, les populations dites « sous les vents dominants » sont présentes sous les secteurs 040, 060 et 080 (secteurs NE). **Aucune infrastructure n'a été recensée dans ces secteurs de vent.**

Illustration n° 2 : Localisation des populations sensibles dans le secteur d'étude



2.3. Caractérisation des usages

L'illustration suivante présente les différents usages dans la zone d'influence du projet (rayon de 1 km défini sur la base des résultats des premières modélisations).

Les données issues du référentiel OCS GE (occupation du sol à grande échelle) permettent de localiser :

- Les zones de cultures, prairies, forêts,
- Les zones industrielles et commerciales,
- Les cours d'eau et zones de pêche.

2.3.1. Zones de loisirs

La commune de Mazingarbe dispose de nombreuses infrastructures sportives ou de loisirs. Les plus proches, ont été recensées au paragraphe 2.2.2..

2.3.2. Zones de culture et d'élevage

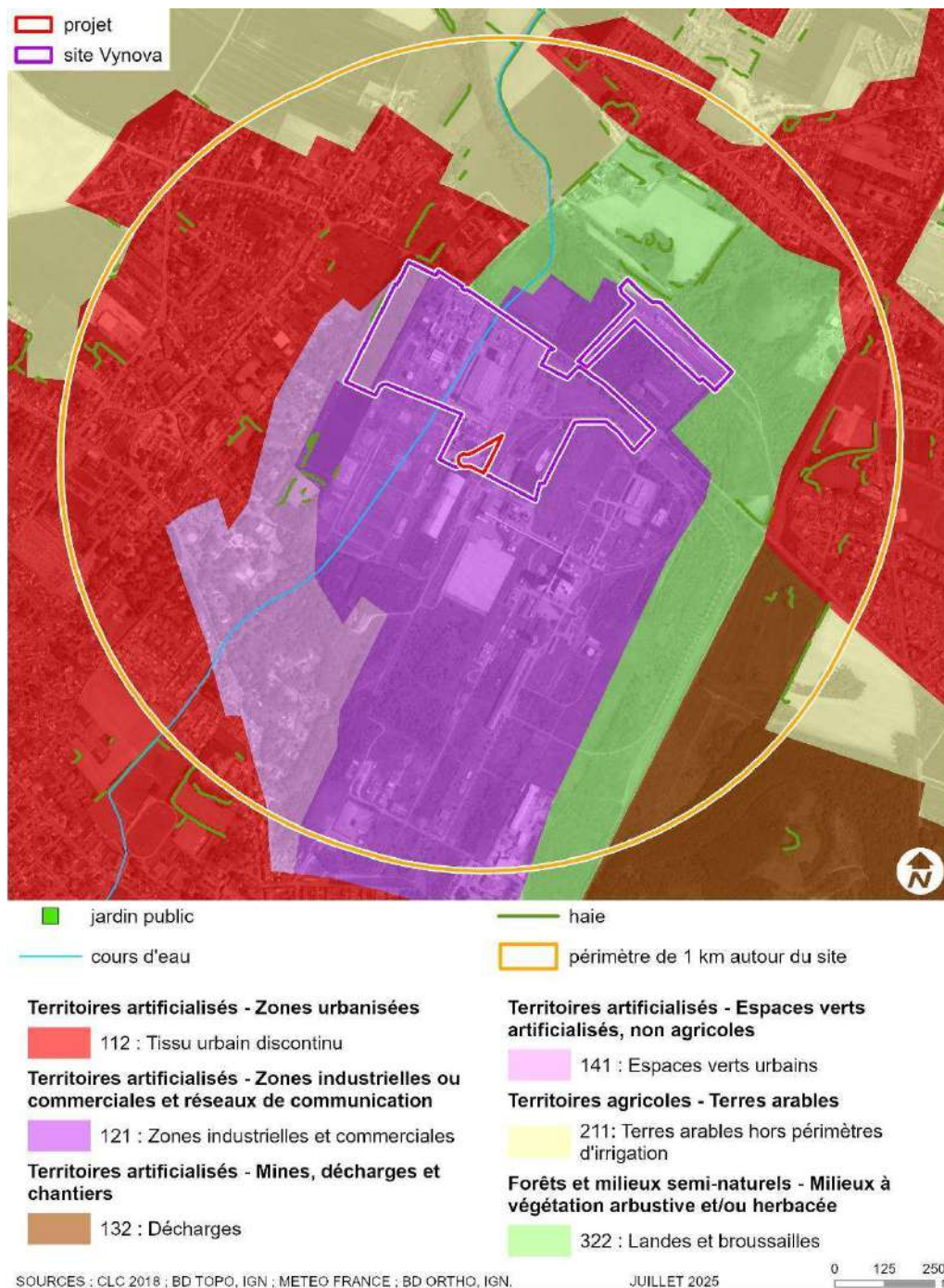
On note la présence de zones de cultures agricoles au Nord du projet.

Compte tenu de la présence de zones urbaines à l'Ouest et à l'Est du projet, on peut également envisager la présence de jardins potagers.

2.3.3. Activités polluantes

Dans l'environnement proche du site (rayon d'un kilomètre), aucune activité polluante n'est recensée.

Illustration n° 3 : Usage des sols dans le secteur d'étude



2.4. Sélection des substances d'intérêt

Les composés susceptibles de porter atteinte à la santé des populations riveraines sont variés. Les effets de certains composés sont tout à fait négligeables par rapport à d'autres, en raison de leur faible toxicité et/ou des faibles quantités rejetées.

Le choix s'effectue donc en fonction de plusieurs critères dont :

- leur dangerosité : critère le plus important puisqu'il conditionne la pertinence du choix en terme de Santé Publique,
- leur quantité à l'émission : critère conditionnant le niveau d'exposition et donc le risque sanitaire,
- l'accessibilité et la solidité des connaissances les concernant : critère de faisabilité et de fiabilité quant à la démarche globale. Ce critère rejoint la notion du « poids de la preuve » utilisé en particulier pour la classification du potentiel cancérigène par les organismes tels que le Centre International de Recherche sur le Cancer,
- le devenir de la substance dans l'environnement,
- potentiel de transfert vers les voies d'exposition lié aux usages constatés,
- les préoccupations de la population vis-à-vis de certains polluants,
- la vulnérabilité des populations et ressources locales dans la zone d'influence du site.

2.4.1. Définition des VTR

Pour les substances retenues comme éléments traceurs car dangereuses, des relations dose-réponse sont définies. La définition de la relation dose-réponse fait appel aux données scientifiques disponibles sur la relation entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers : elle correspond à la Valeur Toxicologique de Référence (VTR).

VTR (Valeur Toxicologique de Référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indice toxicologique qui permettraient d'établir une relation entre une dose et un effet toxique, ou entre une dose et une probabilité d'effet. Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux USA).

Une valeur toxicologique de référence (VTR) est un indice toxicologique qui permet, par comparaison avec l'exposition, de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Le mode d'élaboration des VTR dépend des données disponibles sur les mécanismes d'action toxicologique des substances et d'hypothèses communément admises : on distingue ainsi des « VTR sans seuil de dose » et des « VTR à seuil de dose » (source ANSES).

Sont distingués les effets toxiques à seuil de dose et les effets sans seuil de dose.

Pour les effets à seuil de dose dits systémiques (effets chroniques non cancérogènes principalement, voire effets cancérogènes non génotoxiques et effets non mutagènes), les valeurs toxicologiques de référence définies par les principales instances nationales ou internationales sont les suivantes :

- RfC ou RfD : « Reference Concentration » ou « Reference Dose », définies par l'US-EPA
- MRLs : « Minimal Risk Levels », définis par l'ATSDR (United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry).
- REL : « Reference Exposure Level » défini par l'OEHHA.
- TC (ou TCA) ou TI : « Tolerable Concentration » (in Air) ou « Tolerable Intake » pour Health Canada et RIVM.

Ces valeurs correspondent à une estimation d'une exposition quotidienne de l'homme à une substance dangereuse, sans risque sensible d'effet défavorable sur la santé, et ce pour une durée d'exposition donnée.

En exposition chronique, cette durée est celle d'une vie humaine, soit 70 ans, sauf pour les MRLs qui sont définies pour des durées d'expositions supérieures à 1 an.

Les valeurs toxicologiques de référence concernant une exposition chronique sont à privilégier car elles reflètent au mieux les conditions réelles de contamination des populations autour des sites industriels. Il s'agit en outre des valeurs les plus pénalisantes pour l'étude des risques sanitaires (valeurs de référence les plus faibles).

Pour les effets sans seuil de dose (effets cancérogènes génotoxiques), les VTR utilisées sont des Excès de Risque Unitaire (ERU).

L'ERU est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet s'il est exposé à 1 unité de dose ou de concentration du toxique pendant une vie entière.

L'ERU est exprimé comme l'inverse d'une concentration de polluant : $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ pour l'inhalation et $(\mu\text{g}/\text{l})^{-1}$ ou $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ pour l'ingestion.

Les ERU et le classement cancérogène des substances sont repris des données des organisations internationales compétentes :

- AUR : « Air Unit Risk » défini par l'US-EPA,
- IUR : « Inhalation Unit Risk » défini par l'OEHHA,
- UR : « Unit Risk » défini par l'IARC (International Agency for Research on Cancer : agence de l'OMS dédiée à la recherche sur le cancer).
- CR : « Cancer Risk » défini par le RIVM

La 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 définit les modalités de choix des VTR. Toute substance ne présentant pas de VTR ne pourra être retenue comme polluant traceur du risque.

2.4.2. Choix des polluants traceurs

Les rejets atmosphériques de la société VYNOVA se feront exclusivement de manière canalisée. Dans sa configuration future, les installations de combustion du site seront composées des équipements suivants :

- la **nouvelle chaudière** projetée fonctionnant à la **biomasse**,
- les 2 chaudières existantes fonctionnant au gaz naturel,
- la turbine à gaz existante (avec chaudière et installation de post-combustion).

a) Caractérisation des émissions de la chaudière biomasse projetée

L'arrêté du 03/08/2018 prescrit aux installations de combustion fonctionnant à la biomasse des valeurs limites à l'émission pour les composés suivants :

- Poussières,
- Monoxyde de carbone (CO),
- Oxydes d'azote (NOx),
- Dioxyde de soufre (SO₂),
- Acide chlorhydrique (HCl) et acide fluorhydrique (HF),
- Ammoniac (NH₃),
- Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVnm),
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- Métaux (As+Se+Te, Hg+Cd+Pb, Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn),
- Dioxines et furanes (PCDD/F).

L'évaluation des risques sanitaires devant être menée substance par substance, le choix des polluants traceurs pour chaque famille de composés telles que les poussières, les COVnm, les métaux, ou les PCDD/F est présenté ci-après.

✓ Détermination des composés traceurs des Poussières

L'arrêté ministériel du 3 août 2018 prescrit une valeur limite de rejet exprimée en « poussières totales » dans les émissions gazeuses des installations. Ce terme regroupe l'ensemble des particules quelle que soit leur taille.

En l'absence de données de spéciation, une première approche consisterait à assimiler l'ensemble des poussières à des PM₁₀.

Toutefois, les PM_{2,5} étant des particules plus fines, elles pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire et leurs effets délétères sur la santé sont donc plus importants. Par conséquent, **nous étudierons les poussières en assimilant l'ensemble des poussières émises à des PM_{2,5}.**

✓ *Détermination des composés traceurs des COVnm*

A défaut de mesures de spéciation au sein de cette famille, nous nous proposons d'adopter une approche majorante en assimilant la totalité des COV émis au composé considéré comme le plus dangereux au sein de cette famille, à savoir le benzène.

Dans une approche majorante, nous nous proposons d'assimiler la totalité des COV au benzène.

Le tableau suivant synthétise les données toxicologiques et les VTR disponibles pour le benzène.

✓ *Détermination des composés traceurs des HAP*

Les HAP, par définition, sont un mélange de substances appartenant à une même famille chimique. La toxicité des HAP est définie par la méthode des Facteurs d'Equivalence Toxique (FET) qui permettent de déterminer la toxicité des membres d'un même groupe chimique en fonction d'une substance de référence. Dans le cas des HAP, la substance de référence est le benzo(a)pyrène.

L'inventaire d'émission du CITEPA (rapport OMINEA 2024) fournit des facteurs d'émission pour 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : Benzo(a)pyrène, Benzo(g,h,i)pérylène, Fluoranthène, Benzo(a)anthracène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Dibenzo(a,h)anthracène, Indéno(1,2,3 cd)pyrène.

Les données toxicologiques et les VTR disponibles pour ces 8 HAP sont présentées dans le tableau suivant.

✓ *Détermination des composés traceurs des métaux*

Les métaux réglementés à l'émission de la chaudière biomasse sont les suivants :

- o Cadmium (Cd), mercure (Hg), thallium (Th) et leurs composés ;
- o Arsenic (As), sélénium (Se), tellure (Te) et leurs composés ;
- o Plomb (Pb) et ses composés ;
- o Antimoine (Sb), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), étain (Sn), manganèse (Mn), nickel (Ni), vanadium (V), zinc (Zn) et leurs composés.

En l'absence de valeurs toxicologiques de référence pour des groupes de métaux, nous adopterons une **approche toxicologique substance par substance** afin de retenir les métaux les plus dangereux.

S'agissant du chrome, on ne connaît pas précisément la forme chimique du chrome émis. Le facteur d'émission défini par l'US-EPA est exprimé en termes de chrome total et aucune mesure de spéciation ne permet de déterminer le degré d'oxydation du chrome à l'émission des installations de combustion.

Le chrome (III) est présent naturellement dans l'environnement. C'est également un nutriment essentiel à l'organisme. Par ailleurs, les composés du chrome (III) sont beaucoup moins toxiques que les dérivés du chrome (VI).

En vertu du principe de prudence scientifique, nous étudierons les caractéristiques du chrome sous sa forme la plus toxique, à savoir le chrome (VI).

✓ *Détermination des composés traceurs des dioxines et furanes*

La famille des PCDD/F (polychlorodibenzo-p-dioxine et dibenzofurane) regroupe des composés plus ou moins toxiques.

La toxicité des dioxines est définie par un « équivalent toxique » (I-TEQ, international toxic equivalent quantity) qui a été développé au niveau international pour caractériser la charge toxique globale liée aux dioxines.

Selon le même principe que les Facteurs d'Equivalence Toxique, à chaque congénère est attribué un coefficient de toxicité qui a été estimé en comparant sa toxicité à celle de la dioxine la plus toxique (la 2,3,7,8 - TCDD dite dioxine de Seveso).

Dans une approche majorante, nous nous proposons d'assimiler la totalité des PCDD/F à la 2,3,7,8-TCDD.

Par conséquent, seules les propriétés toxicologiques de la 2,3,7,8-TCDD sont présentées ci-après.

Les dioxines/furanes ne seraient pas nécessairement à retenir d'après les quantités rejetées annuellement à l'atmosphère. Cependant, compte tenu de la préoccupation sociétale vis-à-vis de ces composés, il apparaît utile d'en tenir compte dans l'ERS du site. Les valeurs limites à l'émission étant définies en équivalent toxique 2,3,7,8-TCDD ou I-TEQ, l'étude sera basée sur les effets toxicologiques de la 2,3,7,8-TCDD, congénère le plus toxique de la famille des dioxines et furanes (PCDD/PCDF).

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques toxicologiques et l'existence de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour les composés susceptibles d'être émis.

b) Caractérisation des émissions des chaudières au gaz naturel et de la turbine à gaz (installations existantes)

❖ **Chaudières gaz**

L'arrêté préfectoral du 09/11/2001 prescrit aux chaudières gaz des valeurs limites à l'émission pour :

- Poussières,
- Monoxyde de carbone (CO),
- Oxydes d'azote (NOx),
- Dioxyde de soufre (SO2),

Le tableau suivant synthétise les données toxicologiques disponibles pour ces composés et l'existence de valeurs toxicologiques de référence (VTR).

❖ Turbine à gaz

L'arrêté préfectoral du 09/11/2001 prescrit aux chaudières gaz des valeurs limites à l'émission pour :

- Poussières,
- Monoxyde de carbone (CO),
- Oxydes d'azote (NOx),
- Dioxyde de soufre (SO₂),
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- Métaux (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn).

✓ Détermination des composés traceurs des HAP

Les HAP, par définition, sont un mélange de substances appartenant à une même famille chimique. La toxicité des HAP est définie par la méthode des Facteurs d'Equivalence Toxique (FET) qui permettent de déterminer la toxicité des membres d'un même groupe chimique en fonction d'une substance de référence. Dans le cas des HAP, la substance de référence est le benzo(a)pyrène.

L'inventaire d'émission du CITEPA (rapport OMINEA 2024) fournit des facteurs d'émission pour 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : Benzo(a)pyrène, Benzo(g,h,i)pérylène, Fluoranthène, Benzo(a)anthracène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Dibenzo(a,h)anthracène, Indéno(1,2,3 cd)pyrène.

Les données toxicologiques et les VTR disponibles pour ces 8 HAP sont présentées dans le tableau suivant.

✓ Détermination des composés traceurs des métaux

Les métaux réglementés à l'émission de la turbine à gaz sont les suivants :

- o Antimoine (Sb), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), étain (Sn), manganèse (Mn), nickel (Ni), vanadium (V), zinc (Zn) et leurs composés.

En l'absence de valeurs toxicologiques de référence pour des groupes de métaux, nous adopterons une **approche toxicologique substance par substance** afin de retenir les métaux les plus dangereux.

S'agissant du chrome, on ne connaît pas précisément la forme chimique du chrome émis. Le facteur d'émission défini par l'US-EPA est exprimé en termes de chrome total et aucune mesure de spéciation ne permet de déterminer le degré d'oxydation du chrome à l'émission des installations de combustion.

Le chrome (III) est présent naturellement dans l'environnement. C'est également un nutriment essentiel à l'organisme. Par ailleurs, les composés du chrome (III) sont beaucoup moins toxiques que les dérivés du chrome (VI).

En vertu du principe de prudence scientifique, nous étudierons les caractéristiques du chrome sous sa forme la plus toxique, à savoir le chrome (VI).

Le tableau suivant synthétise les données toxicologiques disponibles pour ces composés et l'existence de valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Tableau n° 3 : Caractéristiques toxicologiques des composés susceptibles d'être émis par les installations de combustion

Composé (N°CAS)	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire ¹		Existence de VTR chronique orale ¹		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques (classification CLP)	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
PM2,5	Aucune donnée	Aucune donnée	Non (valeur guide pour la qualité de l'air)	Oui (1,28.10 ⁻² (µg/m ³ .y ⁻¹))	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
CO (630-08-0)	Toxique (H331, H372, H360D)	Aucune donnée	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
NO _x (éq. NO ₂) (10102-44-0)	Très toxique (H314, H330)	Aucune donnée	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
SO _x (éq. SO ₂) (7746-09-5)	Toxique (H314, H331)	Groupe 3	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
HCl (7647-01-0)	Toxique (H314, H335)	Groupe 3	Oui (0,02 mg/m ³)	Non	Non	Non	Oui
HF (7664-39-3)	Très toxique (H314, H300, H310, H330)	Aucune donnée	Oui (0,014 mg/m ³)	Non	Oui (4.10 ⁻² mg/kg/j)	Non	Oui
NH3 (7664-41-7)	Nocif (H314, H331)	Aucune donnée	Oui (0,5 mg/m ³)	Non	Non	Non	Oui

¹ Les colonnes « Existence de VTR chronique inhalatoire » et « Existence de VTR chronique orale » permettent de valider l'existence ou non de valeurs toxicologiques. Dans le cas où au moins une VTR est disponible, la valeur précisée entre parenthèses correspond à la VTR recensée la plus pénalisante, toutes bases de données confondues.
Le recensement complet des VTR et la sélection des VTR retenues pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentés dans les paragraphes suivants (§ 4.1.).

Composé (N°CAS)	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire ¹		Existence de VTR chronique orale ¹		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques (classification CLP)	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
Benzène (71-43-2) (traceur des COVnm)	Toxique (H315, H319, H304, H340, H350, H372)	Groupe 1	Oui (9,7.10 ⁻³ mg/m ³)	Oui (1,6.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (5.10 ⁻⁴ mg/kg/j)	Oui (1,5.10 ⁻² – 5,5.10 ⁻² (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(a)pyrène (50-32-8)	-	Groupe 1	Oui (2.10 ⁻⁶ mg/m ³)	Oui (1,1 (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (3.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Oui (1 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(g,h,i)pérylène	-	Groupe 3	Non	Oui (6.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,01)	Oui (3.10 ⁻² mg/kg/j)	Oui (1.10 ⁻² (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Fluoranthène	-	Groupe 3	Non	Oui (6.10 ⁻⁴ (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,001)	Oui (4.10 ⁻² mg/kg/j)	Oui (1.10 ⁻³ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(a)anthracène	-	Groupe 2B	Non	Oui (6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,1)	Non	Oui (1.10 ⁻¹ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(b)fluoranthène	-	Groupe 2B	Non	Oui (6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,1)	Non	Oui (1.10 ⁻¹ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(k)fluoranthène	-	Groupe 2B	Non	Oui (6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,1)	Non	Oui (1.10 ⁻¹ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Dibenzo(a,h)anthracène	-	Groupe 2A	Non	Oui (6.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 1)	Non	Oui (1 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Indéno(1,2,3 cd)pyrène	-	Groupe 2B	Non	Oui (6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹) (avec FET = 0,1)	Non	Oui (1.10 ⁻¹ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui

Composé (N°CAS)	Dangérosité		Existence de VTR chronique inhalatoire ¹		Existence de VTR chronique orale ¹		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques (classification CLP)	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
2,3,7,8-TCDD (1746-01-6) (traceur des dioxines)	-	Groupe 1	Oui (4,5.10 ⁻⁸ mg/m ³)	Oui (3,8.10 ⁻⁴ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (7.10 ⁻¹⁰ mg/kg/j)	Non	Oui
Cadmium (7440-43-9)	Toxique (H330, H341, H350, H372, H361fd)	Groupe 1	Oui (effets systémiques 4,5.10 ⁻⁴ mg/m ³) (effets cancérogènes 3.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (3,5.10 ⁻⁴ mg/kg/j)	Non	Oui
Mercure (7439-97-6)	Toxique (H330, H372, H360d)	Groupe 3	Oui (2.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (6.10 ⁻⁴ mg/kg/j)	Non	Oui
Thallium (7440-28-0)	Très toxique (H300, H330, H373)	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non
Arsenic (7440-38-2)	Toxique (H301, H331)	Groupe 1	Oui (1,5.10 ⁻⁵ mg/m ³)	Oui (0,15 (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (3.10 ⁻⁴ mg/kg/j)	Oui (1,5 (mg/kg/j)) ⁻¹)	Oui
Sélénium (7782-49-2)	Toxique (H301, H331)	Groupe 3	Oui (2.10 ⁻² mg/m ³)	Non	Oui (5.10 ⁻³ mg/kg/j)	Non	Oui
Tellure (13494-80-9)	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non
Plomb (7439-92-1)	Toxique (H360Fd)	Groupe 2B	Non	Oui (1,2.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (3,6 10 ⁻³ mg/kg/j)	Oui (8,5.10 ⁻³ (mg/kg/j)) ⁻¹)	Oui
Antimoine (7440-36-0)	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (3.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (6.10 ⁻³ (mg/kg/j)) ⁻¹)	Non	Oui

Composé (N°CAS)	Dangérosité		Existence de VTR chronique inhalatoire ¹		Existence de VTR chronique orale ¹		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques (classification CLP)	Effets cancéreux (IARC)	Effets systémiques	Effets cancéreux	Effets systémiques	Effets cancérigènes	
Chrome (VI) (7440-47-3) (18540-29-9)	Aucune donnée	Groupe 1	Oui (3.10 ⁻⁵ mg/m ³)	Oui (4.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (1.10 ⁻³ mg/kg/j)	Oui (0,5 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Cobalt (7440-48-4)	Nocif (H317, H334, H341, H350, H360F)	Groupe 2B	Oui (1.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (1,5.10 ⁻³ mg/kg/j)	Non	Oui
Cuivre (7440-50-8)	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (1.10 ⁻³ mg/m ³)	Non	Oui (0,14 mg/kg/j)	Non	Oui
Etain (7440-31-5)	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non
Manganèse (7439-96-5)	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (3.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (5,5.10 ⁻² mg/kg/j)	Non	Oui
Nickel (7440-02-0)	Nocif (H317, H351, H372)	Groupe 2B	Oui (2,3.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Oui (1,7.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (2,8.10 ⁻³ mg/kg/j)	Non	Oui
Vanadium (7440-62-2)	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (1.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Non	Non	Oui
Zinc (7440-66-6)	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Oui (0,3 mg/kg/j)	Non	Oui

IARC : **groupe 1 :** l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme
groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme
groupe 2B : l'agent (ou le mélange) pourrait être cancérigène pour l'homme
groupe 3 : l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérigénicité pour l'homme
groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme

Conformément à la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, toute substance ne présentant pas de VTR ne pourra être retenue comme polluant traceur du risque.

Les substances retenues comme traceurs des risques sanitaires sont donc :

- les poussières (en tant que PM_{2,5}), le CO, les NO_x et le SO₂ pour toutes les installations étudiées,
- le HCl, le HF et le NH₃ susceptibles d'être émis par la chaufferie biomasse,
- le benzène comme polluant traceur des COV_{nm} susceptibles d'être émis par la chaufferie biomasse,
- le benzo(a)pyrène, le benzo(g,h,i)pérylène, le fluoranthène, le benzo(a)anthracène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, le dibenzo(a,h)anthracène, l'indéno(1,2,3 cd)pyrène comme polluants traceurs des HAP susceptibles d'être émis par la chaufferie biomasse et la turbine à gaz,
- la 2,3,7,8-TCDD comme polluant traceur des dioxines et furanes susceptibles d'être émis par la chaufferie biomasse,
- le cadmium, le mercure, l'arsenic, le sélénium, le plomb, l'antimoine, le chrome VI, le cobalt, le cuivre, le manganèse, le nickel, le vanadium et le zinc comme polluants traceurs des métaux.

Toutefois, en l'absence de VTR adéquates, les poussières, le CO, le NO₂ et le SO₂ feront l'objet d'une évaluation *qualitative* des risques sanitaires, par comparaison des concentrations à l'immission avec les valeurs réglementaires disponibles pour la qualité de l'air.

Nota :

S'agissant des PM_{2,5}, l'ANSES a publié un rapport d'expertise en janvier 2023 complété en septembre 2024 et a proposé une VTR associée à un excès de risque de « décès toute cause non accidentelle ». Toutefois, en l'absence de consensus ou de recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant, et contrairement à de nombreuses substances chimiques pour lesquelles un niveau acceptable de risque de cancer de 10⁻⁴ à 10⁻⁶ est souvent utilisé dans l'élaboration de valeurs réglementaires, l'ANSES n'a pas accompagné sa proposition de VTR par des valeurs de concentrations équivalentes à des niveaux acceptables d'excès de risque individuel (ERI).

(source : Anses. (2022). *Avis de l'ANSES relatif à la recommandation de VTR par voie respiratoire pour l'exposition à long terme aux particules de l'air ambiant extérieur (PM_{2,5} et PM₁₀) et à la faisabilité d'élaborer des VTR pour les particules de carbone suie et les particules ultrafines. (saisine 2019-SA-0198). Maisons-Alfort : Anses, 32 p)*

Par conséquent, une évaluation quantitative des risques sanitaires sur les PM_{2,5} pourra être réalisée sur la base de cette VTR. Toutefois, une évaluation qualitative sera également réalisée, par comparaison des concentrations à l'immission avec les valeurs réglementaires disponibles pour la qualité de l'air.

2.4.3. Détermination des flux à l'émission

D'une manière générale, l'étude présentée ici vise à démontrer que les rejets atmosphériques émis par le site VYNOVA n'engendrent pas de risque sanitaire pour les populations environnantes.

De ce fait, afin de se placer en situation majorante, les quantités émises annuellement à l'atmosphère ont été estimées sur la base :

- des valeurs limites à l'émission (VLE, en mg/Nm³) définies par l'arrêté préfectoral applicable aux installations existantes (AP du 09/11/2001) et par l'arrêté ministériel du 03 août 2018 pour la chaudière biomasse projetée,
- des débits des installations (Nm³/h) et des heures annuelles de fonctionnement de chaque installation fournis par l'exploitant.

Dans le cadre du projet de chaufferie biomasse, nous avons considéré un fonctionnement maximal de la chaudière biomasse et d'une chaudière gaz (8200 h/an) et un fonctionnement en appoint des autres installations existantes.

Ainsi, les VLE applicables à la chaufferie biomasse projetée et aux installations existantes, et les flux annuels qui en découlent sont présentés ci-après.

Tableau n° 4 : Détermination des flux de polluants retenus à l'émission des chaudières gaz et de la turbine à gaz existantes

Chaudière gaz - 15,7 MW PCI			
Flux réglementaires (sur la base des VLE)			
Paramètres	VLE (mg/Nm ³)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Poussières	5	0,115	0,94
CO	100	2,300	18,86
NO _x	100	2,300	18,86
SO ₂	35	0,805	6,60
Débit unitaire (Nm ³ /h)	23 000		
Temps fct (h)	8 200		

Chaudière gaz - 15,7 MW PCI			
Flux réglementaires (sur la base des VLE)			
Paramètres	VLE (mg/Nm ³)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Poussières	5	0,115	0,06
CO	100	2,300	1,29
NO _x	100	2,300	1,29
SO ₂	35	0,805	0,45
Débit unitaire (Nm ³ /h)	23 000		
Temps fct (h)	560		

Turbine à gaz - 25,3 MW PCI			
Flux réglementaires (sur la base des VLE)			
Paramètres	VLE (mg/Nm ³)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Poussières	10	0,700	0,39
CO	85	5,950	3,33
NO _x	90	6,300	3,53
SO ₂	10	0,700	0,39
HAP	0,1	0,007	0,0039
Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn	20	1,400	0,78
Débit unitaire (Nm ³ /h)	70 000		
Temps fct (h)	560		

Tableau n° 5 : Détermination des flux de polluants retenus à l'émission de la nouvelle chaudière biomasse

Paramètres	VLE (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Poussières	30	0,888	7,28
CO	250	7,400	60,68
NO _x	300	8,880	72,82
SO ₂	200	5,920	48,54
HCl	30	0,888	7,28
HF	25	0,740	6,07
NH ₃	5	0,148	1,21
HAP	0,1	0,003	0,02
COV	50	1,480	12,14
Cd + Hg + Tl	0,1	0,003	0,02
As + Se + Te	1	0,030	0,24
Pb	1	0,030	0,24
Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn	20	0,592	4,85
Dioxine/furane	1,00E-07	2,96E-09	2,43E-08
Débit unitaire (Nm3/h)	29 600		
Temps fct (h)	8 200		

L'étude d'évaluation des risques sanitaires doit être effectuée substance par substance. Or, certaines Valeurs Limites à l'Emission (VLE) sont établies pour des familles ou des groupes de composés (c'est le cas des HAP ou des métaux).

Pour déterminer un niveau d'émission pour chaque composé, les hypothèses suivantes ont été retenues.

a) Chaudière biomasse

S'agissant des métaux à l'émission de la chaudière biomasse projetée, à l'exception du cadmium, du mercure et du plomb, les métaux sont réglementés par des Valeurs Limites à l'Emission (VLE) pour des groupes de métaux.

Afin de déterminer les proportions de chaque métal dans les groupes auxquels ils appartiennent, nous avons déterminé des proportions de chaque métal à partir des facteurs d'émission du CITEPA (rapport OMINEA, 2024).

Ainsi, les proportions déterminées pourront ensuite être appliquées à la VLE de chaque groupe de métaux afin de déterminer une VLE individuelle pour chaque métal.

Tableau n° 6 : Facteurs d'émission des métaux issus de la combustion de biomasse

	OMINEA 2024		
	Facteur d'émission en mg/GJ	% du total des métaux étudiés	VLE individuelle (mg/Nm3)
Cadmium	1,4	48,1	0,05
Mercuré	1,51	51,9	0,05
Thallium	-	-	-
<i>Total sous-groupe</i>	2,91	100	0,1
Arsenic	9,5	58	0,58
Sélénium	7	42	0,42
Tellure	-	-	-
<i>Total sous-groupe</i>	16,5	100	1
Antimoine	-	-	-
Chrome	47	12,3	2,46
Chrome (VI)	-	-	0,0246
Cobalt	-	-	-
Cuivre	31	8,1	1,62
Etain	-	-	-
Manganèse	-	-	-
Nickel	14,2	3,7	0,74
Vanadium	-	-	-
Zinc	290	75,9	15,18
<i>Total sous-groupe</i>	382,2	100	20
Plomb	90	100	1

Cas particulier de l'arsenic

Réglémenté dans le groupe [As+Se+Te], l'arsenic représente une part de 58% au regard des facteurs d'émission de l'OMINEA. Appliquée à la VLE du groupe (à savoir 1 mg/m³), cela reviendrait à considérer une VLE en arsenic de 0,58 mg/m³. Compte tenu de la toxicité de l'arsenic, il a été fait le choix d'appliquer une valeur limite d'émission de **0,1 mg/m³**.

Cas particulier du chrome

Réglémenté dans le groupe [Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn], le chrome représente une part de 47% au regard des facteurs d'émission de l'OMINEA. Appliquée à la VLE du groupe (à savoir 20 mg/m³), cela reviendrait à considérer une VLE en chrome de 2,46 mg/m³. Compte tenu de la toxicité du chrome, il a été fait le choix d'appliquer une valeur limite d'émission plus faible, soit 1 mg/m³.

Par ailleurs, les facteurs d'émission étudiés ne considèrent que le chrome total et non sa forme hexavalente. Le ratio chrome (VI)/chrome total serait compris entre 0,007 et 0,1 dans le cas des UIOM (source ASTEE, 2003). A défaut de facteur d'émission, nous avons considéré un ratio moyen de 0,01 (correspondant à 1% de chrome (VI) dans le chrome total) que nous avons appliqué à la VLE du chrome total.

Tableau n° 7 : Détermination des flux annuels de métaux à l'émission de la chaufferie biomasse

	VLE individuelle (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Cadmium	0,05	0,0015	1,21E-02
Mercur	0,05	0,0015	1,21E-02
Thallium	-	-	-
Total sous-groupe	0,1	0,0030	2,43E-02
Arsenic	0,10	0,0030	2,43E-02
Sélénium	0,42	0,0126	1,03E-01
Tellure	-	-	-
Total sous-groupe	1	0,0296	2,43E-01
Antimoine	-	-	-
Chrome	1	0,0296	2,43E-01
Chrome (VI)	0,01	0,0003	2,43E-03
Cuivre	1,62	0,0480	3,94E-01
Etain	-	-	-
Manganèse	-	-	-
Nickel	0,74	0,0220	1,80E-01
Vanadium	-	-	-
Zinc	15,18	0,4492	3,68E+00
Total sous-groupe	20	0,5920	4,85E+00
Plomb	1	0,0296	2,43E-01
Débit unitaire (Nm3/h)	29 600		
Temps fct (h) -NHEPP	8 200		

S'agissant des HAP à l'émission de la chaudière biomasse projetée, l'inventaire d'émission du CITEPA (rapport OMINEA 2024) fournit des facteurs d'émission pour 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Afin de déterminer les proportions de chaque HAP traceur, nous avons utilisé les facteurs d'émission du CITEPA (rapport OMINEA, 2024). Les proportions ainsi déterminées seront ensuite appliquées à la VLE de HAP afin de déterminer une VLE individuelle pour chaque HAP traceur.

Tableau n° 8 : Détermination des proportions et des flux de HAP à l'émission de la chaufferie biomasse

	OMINEA 2024			Flux (kg/h)	Flux (t/an)
	Facteur d'émission en mg/GJ	% du total des métaux étudiés	VLE (mg/m3)		
Benzo(a)pyrène	0,5	6,4	0,0064	0,0002	0,0016
Benzo(g,h,i)pérylène	0,5	6,4	0,0064	0,0002	0,002
Fluoranthène	3	38,5	0,0385	0,0011	0,009
Benzo(a)anthracène	0,2	2,6	0,0026	0,0001	0,0006
Benzo(b)fluoranthène	1,1	14,1	0,0141	0,0004	0,003
Benzo(k)fluoranthène	0,3	3,8	0,0038	0,0001	0,001
Dibenzo(a,h)anthracène	0,2	2,6	0,0026	0,0001	0,001
Indéno(1,2,3 cd)pyrène	2	25,6	0,0256	0,0008	0,006
TOTAL des HAP étudiés	7,8	100%	0,1	0,0030	0,0243
Débit unitaire (Nm3/h)				29 600	
Temps fct (h) -NHEPP				8 200	

b) Turbine à gaz

S'agissant de la turbine à gaz, les **métaux** sont réglementés par une Valeur Limite à l'Emission (VLE) pour le groupe Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn.

Afin de déterminer une valeur à l'émission pour chaque métal, nous avons déterminé des proportions à partir des facteurs d'émission du CITEPA (rapport OMINEA, 2024). Ces proportions pourront ensuite être appliquées à la VLE du groupe de métaux afin de déterminer une VLE individuelle pour chaque métal.

Tableau n° 9 : Détermination des proportions et des flux de métaux à l'émission de la turbine à gaz

	OMINEA 2024		VLE individuelle (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
	Facteur d'émission en mg/GJ	% du total des métaux étudiés			
Antimoine					
Chrome	0,0013	11,017	2,20	0,154	0,086
Chrome (VI)			0,022	0,002	0,0009
Cobalt					
Cuivre	0,006	50,847	10,17	0,712	0,40
Etain					
Manganèse					
Nickel	0,003	25,424	5,08	0,356	0,20
Vanadium					
Zinc	0,0015	12,712	2,54	0,178	0,100
Total sous-groupe	0,0118	100	20		
Débit unitaire (Nm3/h)			70 000		
Temps fct (h) -NHEPP			560		

Cas particulier du chrome

Les facteurs d'émission étudiés ne considèrent que le chrome total et non sa forme hexavalente. Le ratio chrome (VI)/chrome total serait compris entre 0,007 et 0,1 dans le cas des UIOM (source ASTEE, 2003).

A défaut de facteur d'émission, nous avons considéré un ratio moyen de 0,01 (correspondant à 1% de chrome (VI) dans le chrome total) que nous avons appliqué à la VLE du chrome total.

S'agissant des HAP à l'émission de la turbine à gaz, l'inventaire d'émission du CITEPA (rapport OMINEA 2024) fournit des facteurs d'émission pour 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Afin de déterminer les proportions de chaque HAP traceur, nous avons utilisé les facteurs d'émission du CITEPA (rapport OMINEA, 2024).

Les proportions ainsi déterminées seront ensuite appliquées à la VLE de HAP afin de déterminer une VLE individuelle pour chaque HAP traceur.

Tableau n° 10 : Détermination des proportions et des flux de HAP à l'émission de la turbine à gaz

	OMINEA 2024			Flux (kg/h)	Flux (t/an)
	Facteur d'émission en mg/GJ	% du total des métaux étudiés	VLE (mg/m3)		
Benzo(a)pyrène	0,0006	9,5	0,0095	0,0007	3,73E-04
Benzo(g,h,i)pérylène	0,0006	9,5	0,0095	0,0007	3,73E-04
Fluoranthène	0,0013	20,6	0,0206	0,0014	8,09E-04
Benzo(a)anthracène	0,0008	12,7	0,0127	0,0009	4,98E-04
Benzo(b)fluoranthène	0,0008	12,7	0,0127	0,0009	4,98E-04
Benzo(k)fluoranthène	0,0008	12,7	0,0127	0,0009	4,98E-04
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0006	9,5	0,0095	0,0007	3,73E-04
Indéno(1,2,3 cd)pyrène	0,0008	12,7	0,0127	0,0009	4,98E-04
TOTAL des HAP étudiés	0,0063	100%	0,1	0,0070	3,92E-03
Débit unitaire (Nm3/h)				70 000	
Temps fct (h) -NHEPP				560	