



SOFIDEL

ENDLESS CARE, INNOVATIVE LIFE

Construction d'une nouvelle chaufferie biomasse sur le site de Frouard (54)



PORTER A CONNAISSANCE

Janvier 2024



Siège social

1 rue de la Lisière - BP 40110
67403 ILLKIRCH Cedex - FRANCE
Tél : 03 88 67 55 55



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

Sommaire

Sommaire	3
Liste des tableaux	7
Liste des illustrations	8
A. Renseignements généraux et descriptif technique	9
Préambule	10
1. Renseignements généraux	11
1.1. Identité administrative	11
1.2. Présentation de la société	12
1.3. Emplacement des installations	13
2. Description des installations et de leur fonctionnement	15
2.1.1. Rappel des activités existantes	15
2.1.2. Modification projetée des activités	16
3. Codification du projet au titre des installations classées pour la protection de l'environnement	21
B. Incidences liées aux modifications projetées	28
1. Incidence de la phase travaux	29
1.1. Le bruit et vibrations	29
1.2. Les poussières	29
1.3. L'effet visuel	29
1.4. L'effet sur le sol et le sous-sol	30
1.5. L'effet sur le trafic	30
1.6. Les déchets	30
2. Incidences sur le paysage	31
3. Incidences sur le sol et le sous-sol	32
4. Incidences sur les eaux souterraines et superficielles	32
5. Incidences sur l'air	33
5.1. Pollution de l'air	33
5.1.1. Odeurs	35

6. Incidence sur la santé humaine	36
6.1. Identification des substances émises pouvant avoir des effets sur la santé	36
6.1.1. Inventaire et description des sources	36
6.1.2. Bilan quantitatif des flux	37
6.2. Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger	37
6.2.1. Caractérisation de la zone d'étude	37
6.2.2. Caractérisation des populations	43
6.2.3. Caractérisation des usages	46
6.2.4. Sélection des substances d'intérêt	48
6.2.5. Voies d'exposition et schéma conceptuel	63
6.3. Evaluation prospective des risques sanitaires	65
6.3.1. Identification des dangers et relation dose-réponse	65
6.3.2. Evaluation de l'exposition par inhalation	93
6.3.3. Evaluation de l'exposition par ingestion	101
6.3.4. Caractérisation des risques sanitaires	113
6.3.5. Evaluation qualitative : cas particulier des poussières, du CO, des NOx et du SO ₂	118
6.4. Discussion des incertitudes	129
7. Incidence sur le trafic routier	133
8. Gestion des déchets	134
9. Conclusion	134
C. Dangers liés aux modifications projetées	135
1. Analyse des risques d'origine interne	137
1.1. Identification des dangers liés aux produits	137
1.2. Les risques d'incendie et d'explosion	139
1.2.1. Généralités	139
1.2.2. Inventaire des zones à risque et moyens/mesures de prévention et de protection mis en œuvre sur le site	142
1.3. Synthèse sur l'identification des potentiels de dangers	144
1.3.1. Potentiels de dangers liés aux différentes phases de fonctionnement	144
1.3.2. Potentiels de dangers liés aux installations et équipements	144
1.4. Justification et réduction des potentiels de danger	145
1.4.1. Généralités	145
1.4.2. Application au projet	145

2. Retour d'expérience (Accidentologie)	146
2.1.1. Accidents impliquant des chaudières au bois	147
2.1.2. Accidents impliquant un stockage de bois	149
2.1.3. Accidents impliquant de la biomasse	150
2.1.4. Accidents impliquant des imbrûlés au sein des chaudières	154
2.1.5. Conclusion	156
3. Organisation de la sécurité – Mesures et moyens de prévention et protection	157
3.1. Mesures préventives générales	157
3.1.1. L'interdiction de fumer	157
3.1.2. La procédure de permis de feu	157
3.1.3. Le plan de prévention	157
3.1.4. Le risque électrique	157
3.2. Mesures et dispositifs de protection contre l'incendie	158
3.2.1. Desserte et accessibilité à l'établissement	158
3.2.2. Moyens de détection et d'intervention contre l'incendie	158
3.3. Mesures et dispositifs de protection contre l'explosion	160
4. Analyse préliminaire des risques	161
4.1. Méthodologie	161
4.2. Principe et déroulement de l'Analyse de Risques	162
4.2.1. Contexte réglementaire de l'APR, des échelles de cotation et de la grille de criticité	162
4.2.2. Synthèse	164
4.3. Définition des échelles de cotation au stade APR	164
4.3.1. Echelle de cotation de l'intensité des effets	164
4.3.2. Echelle de cotation de la probabilité d'apparition	166
4.3.3. Hiérarchisation des risques : Grille de criticité	167
4.4. Tableaux de synthèse de l'Analyse des Risques du site	168
5. Hiérarchisation des risques avant étude détaillée des risques : grille de criticité	172
5.1. Positionnement dans la grille de criticité	172
5.2. Justification des phénomènes dangereux non retenus	173
5.3. Conclusion de l'APR	174
6. Etude détaillée des risques	175
6.1. Récapitulatif des scénarii étudiés	175
6.2. Méthodologie d'évaluation	175

6.2.1. Seuils d'intensité des effets pour les incendies	175
6.2.2. Seuils d'intensité des effets pour les explosions	176
6.2.3. Gravité des conséquences humaines	176
6.2.4. Probabilité d'occurrence	177
6.3. Quantification de l'intensité des effets : Incendie des silos	180
6.3.1. Données d'entrée	180
6.3.2. Résultat de la modélisation	181
6.3.3. Gravité des conséquences	182
6.3.4. Cinétique	182
6.3.5. Probabilité d'occurrence	182
6.4. Examens des effets dominos	182
6.4.1. Préambule	182
6.4.2. Application au projet de la chaufferie biomasse de SOFIDEL	182
7. Démarche de maîtrise des risques	183
7.1. Synthèse	183
7.2. Analyse de la maîtrise des risques	184
7.2.1. Critères d'analyse du risque	184
7.2.2. Application au projet de chaudière biomasse	185
7.3. Conclusion	185
D. Annexes	186

Liste des tableaux

Tableau n° 1 : Caractéristiques de la chaudière biomasse	16
Tableau n° 2 : Codification des activités du site	21
Tableau n° 3 : VLE applicables à la chaudière biomasse projetée	34
Tableau n° 4 : VLE applicables aux chaudières gaz modifiées	35
Tableau n° 5 : Localisation des populations sensibles	44
Tableau n° 6 : Caractéristiques toxicologiques des composés émis par les installations de combustion	55
Tableau n° 7 : Détermination des flux maximums à l'émission des installations existantes et projetées.....	60
Tableau n° 8 : Synthèse et sélection des VTR	91
Tableau n° 9 : Concentrations maximales à l'immission (en moyennes annuelles)	96
Tableau n° 10 : Concentrations inhalées (en moyennes annuelles)	100
Tableau n° 11 : Concentrations et dépôts particuliers.....	107
Tableau n° 12 : Calcul des DJE pour les effets à seuil.....	111
Tableau n° 13 : Calcul des DJE pour les effets sans seuil	112
Tableau n° 14 : Calcul des QD – voie inhalatoire	114
Tableau n° 15 : Calcul des QD - voie orale	115
Tableau n° 16 : Calcul des ERI – voie inhalatoire	116
Tableau n° 17 : Calcul des ERI - voie orale	117
Tableau n° 18 : Augmentation du trafic imputable au projet.....	133
Tableau n° 19 : Identification des potentiels de danger.....	144
<i>Tableau n° 20 : Parts des différents phénomènes dans les incidents de chaudières bois</i>	<i>148</i>
<i>Tableau n° 21 : Parts des causes retenues dans les incidents de chaudières bois</i>	<i>148</i>
<i>Tableau n° 22 : Dégâts causés lors des incidents de chaudière biomasse</i>	<i>148</i>
<i>Tableau n° 23 : Parts des différents phénomènes dans les incidents de stockages de bois.....</i>	<i>149</i>
<i>Tableau n° 24 : Parts des causes retenues dans les incidents de stockages de bois</i>	<i>149</i>
<i>Tableau n° 25 : Dégâts causés lors des incidents de stockages de bois.....</i>	<i>149</i>
Tableau n° 26 : Echelle d'intensité	165
Tableau n° 27 : Echelle de probabilité	166
Tableau n° 28 : Grille de criticité	167
Tableau n° 29 : Grille de criticité – Phase post-APR	172
<i>Tableau n° 30 : Niveaux de gravité des conséquences humaines – arrêté du 29/09/05.....</i>	<i>177</i>
Tableau n° 31 : Niveaux de probabilité – arrêté du 29/09/05	178
Tableau n° 32 : Données d'entrée – Modélisation FLUMILOG – Organisation du stockage	181
Tableau n° 33 : Synthèse des scénarios majeurs	183
Tableau n° 34 : Grille probabilité/gravité.....	184
<i>Tableau n° 35 : Grille probabilité/gravité appliquée au site d'étude</i>	<i>185</i>

Liste des illustrations

Illustration n° 1 : Situation locale.....	13
Illustration n° 2 : Plan cadastral	14
Illustration n° 3 : Schéma du dispositif d'alimentation	17
Illustration n° 4 : Schéma de principe d'un four à grille mobile (non contractuel).....	18
Illustration n° 5 : Convoyeur à raclette (image non contractuel).....	20
Illustration n° 6 : Emplacement de la nouvelle chaufferie.....	31
Illustration n° 7 : Rose des vents de la station de Nancy-Essey (1991-2010).....	39
Illustration n° 8 : Fiche climatologique de la station de Nancy-Essey (1981-2010).....	41
Illustration n° 9 : Population de Frouard par grandes tranches d'âges (source : INSEE).....	43
Illustration n° 10 : Localisation des populations sensibles.....	45
Illustration n° 11 : Occupation du sol autour du site	46
Illustration n° 12 : Schéma conceptuel du site.....	64
Illustration n° 13 : Modalités de choix des VTR selon la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014	90
Illustration n° 14 : Modélisation de la dispersion atmosphérique du NO2.....	97
Illustration n° 15 : Modélisation de la dispersion atmosphérique du benzène.....	98
Illustration n° 16 : Etape du code de calcul des risques par ingestion	102
Illustration n° 17 : Présentation des voies de transferts et d'expositions par INGESTION pouvant être pris en compte dans le code de calculs OTE	104
Illustration n° 18 : Carte des défenses extérieures contre l'incendie.....	159
Illustration n° 19 : Exemple d'échelle cotation en intensité (source : « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA35) (Ω9) – L'étude de dangers d'une installation classée – Avril 2006).....	163
Illustration n° 20 : Résultat de modélisation de simulation du silo.....	181

A. Renseignements généraux et descriptif technique

Préambule

Le site SOFIDEL est spécialisé dans la production et la transformation de papier à usage sanitaire et domestique à partir de pâte vierge.

Dans le cadre de sa politique de décarbonation, l'entreprise souhaite diminuer ses émissions de gaz à effet de serre (CO₂). La construction d'une deuxième chaudière biomasse d'une puissance de 8 MW s'inscrit dans cet objectif. En effet, l'investissement dans cet outil permettra non seulement de réduire les émissions de CO₂ du site de plus de 9000 tonnes mais aussi d'économiser 47800 MWH de gaz supplémentaires.

Cet investissement rentre donc pleinement dans la stratégie globale du groupe SOFIDEL de réduction de son empreinte carbone et d'atteindre l'objectif fixé par la COP21 en termes de réchauffement climatique sur lequel le groupe SOFIDEL s'est officiellement engagé.

In fine, 95% de la vapeur nécessaire à la production du site sera fabriquée par la chaufferie biomasse, 5% par la chaufferie gaz. En complément, la vapeur excédentaire produite sera utilisée pour le chauffage des lieux de stockage et de certains locaux.

Conformément à l'article R. 181-46-II du Code de l'environnement, la société SOFIDEL est tenue de porter à la connaissance de Monsieur le Préfet toutes les modifications qui seront apportées à l'établissement.

Le présent document vise à présenter les modifications apportées au site de SOFIDEL et à démontrer la non substantialité de ces modifications aux Services de l'Etat.

1. Renseignements généraux

1.1. Identité administrative

Raison sociale

SODIFEL FRANCE

Forme juridique

Société par Actions Simplifiées capital de : 20.000.000 €
Registre du Commerce : Nancy B 411 198 880
N° SIRET : 411 198 880 00022
Code APE : Fabrication d'articles en papier à usage sanitaire
ou domestique (1722Z)

Siège social et adresse du site d'étude

Ban-la-Dame
Parc Eiffel Energie
54 390 FROUARD

Téléphone : 03.83.49.53.53

Nom et qualité du signataire de la demande

Sylvain BICKEL,
sylvain.bickel@sofidel.com

Personne chargée du suivi du dossier

Frederic Andre
Sofidel France Sas | Purchasing Manager
Phone: +33383495660
E-mail: Frederic.Andre@sofidel.com

1.2. Présentation de la société

La société SOFIDEL (ex-DELIPAPIER) est un groupe italien spécialisé dans la production de papier à usage sanitaire et domestique depuis 1966.

C'est en 1997 que l'entreprise a choisi d'installer un site sur la ZAC du parc des activités de Nancy-Pompey, localisé au nord de l'agglomération de Nancy.

La société a su exploiter un marché et s'étendre au niveau européen. Aujourd'hui, SOFIDEL produit toutes sortes de papier tels que :

- Ses marques de papiers hygiéniques et de cuisine « Regina » et « Softis » ou encore « Le Trèfle », vendues dans plusieurs pays
- La production en ouate à usage professionnel (hôtel, restaurant, secteur du nettoyage...)
- Des rouleaux Jumbo (produits semi-finis) utilisés dans la fabrication de papier à destination d'autres sociétés

1.3. Emplacement des installations

Département : Meurthe et Moselle
 Arrondissement : Nancy
 Canton : Pompey
 Commune : Frouard et Custines
 Sections et parcelles :

Commune	Section	Parcelle
CUSTINES	AR	93, 96, 98, 123 pour parties
FROUARD	AD	59, 62, 67, 84, 115, 116 pour parties
	AC	59, 60, 110, 146 pour parties

Le site SOFIDEL est localisé sur la plateforme de la presqu'île de Ban-La-Dame, sur les communes de Frouard et Custines. Il est situé sur la Z.A.C. du parc d'activités de Nancy-Pompey, au nord de l'agglomération de Nancy.

Illustration n° 1 : Situation locale

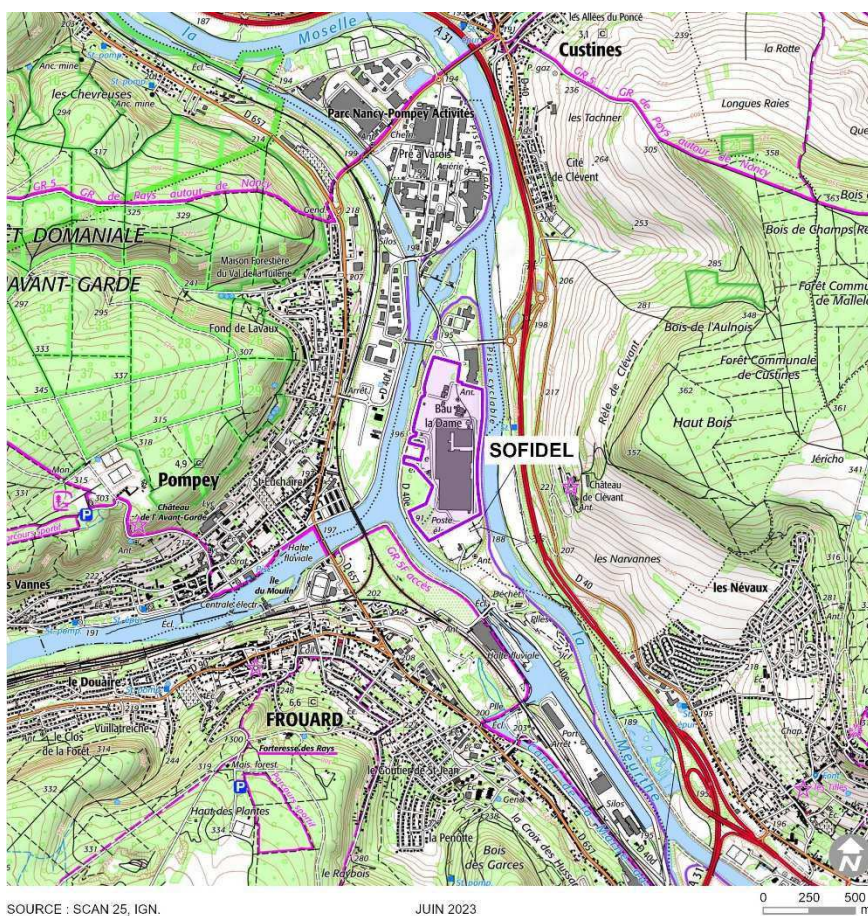
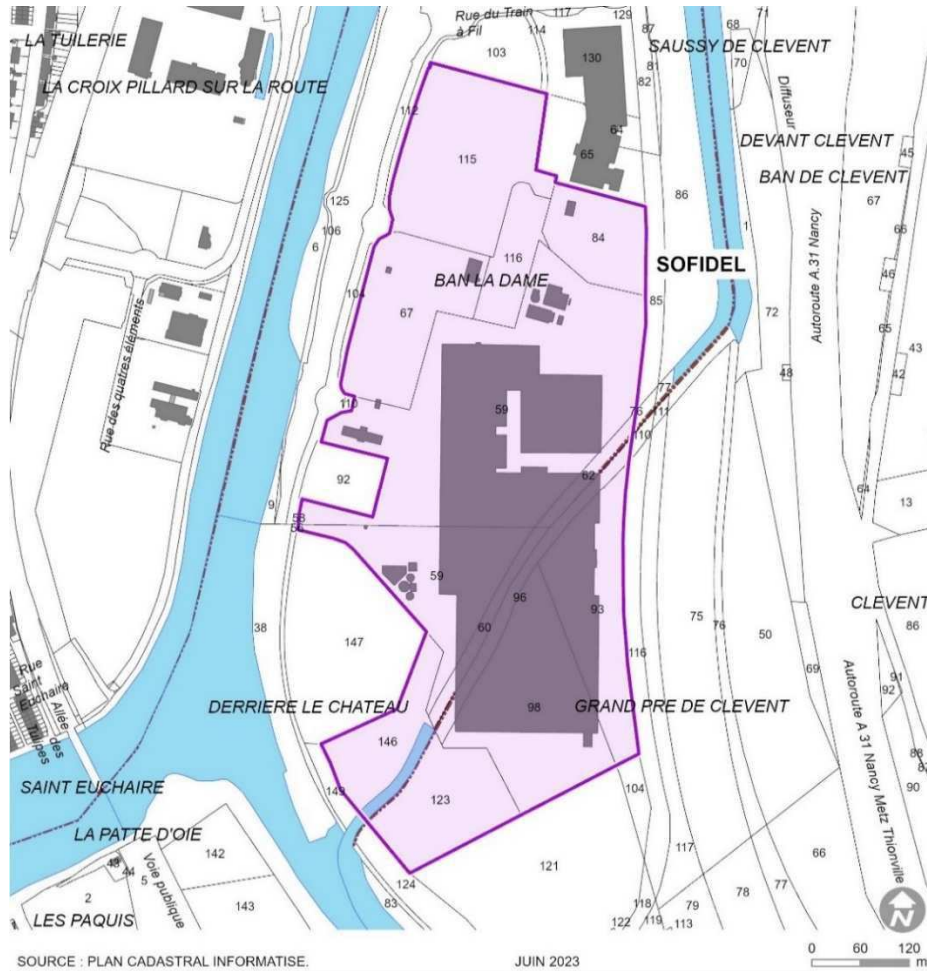


Illustration n° 2 : Plan cadastral



2. Description des installations et de leur fonctionnement

2.1.1. Rappel des activités existantes

L'activité consiste dans la fabrication et la transformation du papier « tissu » à usage sanitaire et domestique. Elle peut être résumée ainsi :

- préparation de la pâte à papier : cinq lignes de préparation correspondant chacune à un type de fibre spécifique (fibres longues, fibres courtes, cassés de fabrication et de transformation) ; capacité totale de production est de 420 tonnes/jour,
- production de papier tissu : deux machines fonctionnent en continu. La production totale de cet atelier est de 115 000 tonnes/an. La laize moyenne de la feuille est de 5 450 mm, et le grammage est compris entre 12,5 et 30 gr/m². Cette activité comprend également les phases de séchage de la feuille par égouttage, pressage et évaporation, puis enroulement final.
- transformation sur 14 lignes (essuie-tout en rouleaux, papier toilette en rouleaux, mouchoirs et faciales) par : assemblage, encollage, enroulement, impression, emballage, suremballage, conditionnement, stockage final, préparation à l'expédition, chargement des camions et wagons

La matière première est de la cellulose vierge, qui arrive des pays producteurs par navires de haute mer jusque dans les ports de l'Europe du Nord, puis est acheminée par péniche à grand gabarit, jusque dans le port de Frouard, distant de 4 kilomètres de l'usine où elle est acheminée par semi-remorques. Une partie est également livrée par camion ou par train.

Elle est stockée dans des entrepôts couverts ou à l'extérieur sur des sols plans et imperméables équipés d'une évacuation des eaux de ruissellement. Ces eaux de ruissellement peuvent être confinées avant retour au milieu naturel en cas de nécessité.

Les produits chimiques sont livrés par camions, contrôlés au pesage à l'entrée de l'usine et réceptionnés à leurs postes de déchargement. Ils arrivent conditionnés en conteneurs, en fûts ou en sacs, puis sont déchargés par des chariots et stockés sur leurs lieux de stockage respectifs localisés dans un secteur de l'atelier de transformation.

L'ensemble des fiches de sécurité des produits chimiques sont disponibles au sein de l'établissement.

Pour fournir en vapeur le process, le site de SOFIDEL possède plusieurs chaudières :

- 2 chaudières gaz de 13,5 et 7 MW ;

- 1 chaudière biomasse de 10 MW.

2.1.2. Modification projetée des activités

Aucune modification des activités n'est prévue sur le site de SOFIDEL, le projet consiste uniquement en l'ajout d'une chaudière biomasse en complément des chaudières gaz et biomasse déjà en place sur le site.

La chaudière sera composée :

- D'un silo de stockage actif ;
- d'un foyer et d'échangeurs ;
- de dispositifs d'alimentation en air et de réchauffage de ce dernier ;

Pour ce faire, l'installation présentera les caractéristiques données dans le tableau suivant.

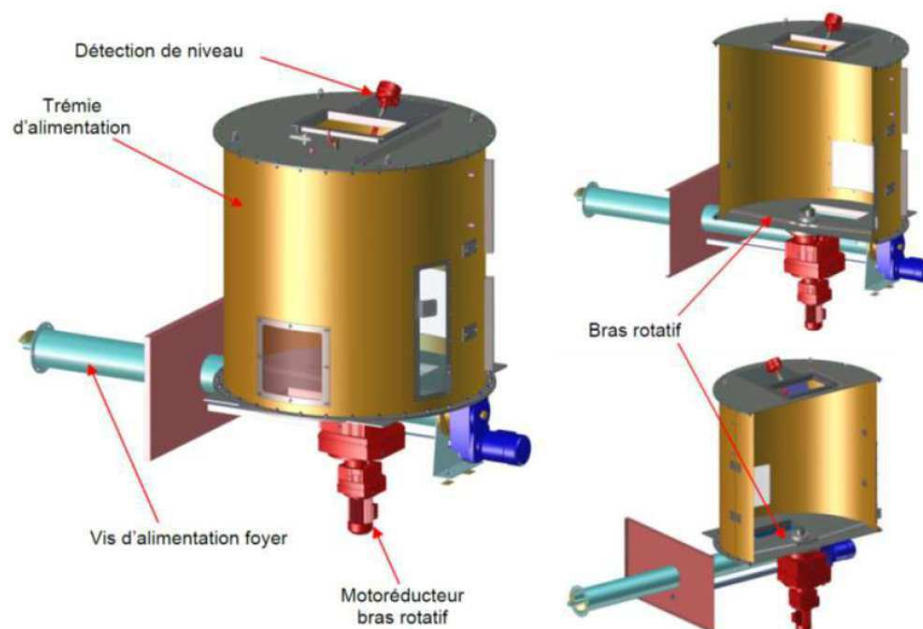
Tableau n° 1 : Caractéristiques de la chaudière biomasse

Caractéristiques	Capacité
Puissance	8 MW
Capacité nominale horaire totale	2,55 t/h
Disponibilité annuelle	8 060 h/an
Capacité moyenne annuelle totale	12 573 t/an
Plage de PCI du mélange entrant	2 800 kWh/t
Vapeur produite	10t/h
Débit nominal des fumées	23 000 Nm ³ /h
Hauteur de la cheminée	20 m
Température minimale des fumées	160°C
Diamètre intérieur de la cheminée	0,95 m

a) Alimentation de la chaudière

La chaudière sera alimentée par plaquettes forestières. Ceux-ci seront stockés un silo actif, les plaquettes forestières seront introduits sur la grille du foyer par une trémie d'alimentation et une vis.

Illustration n° 3 : Schéma du dispositif d'alimentation

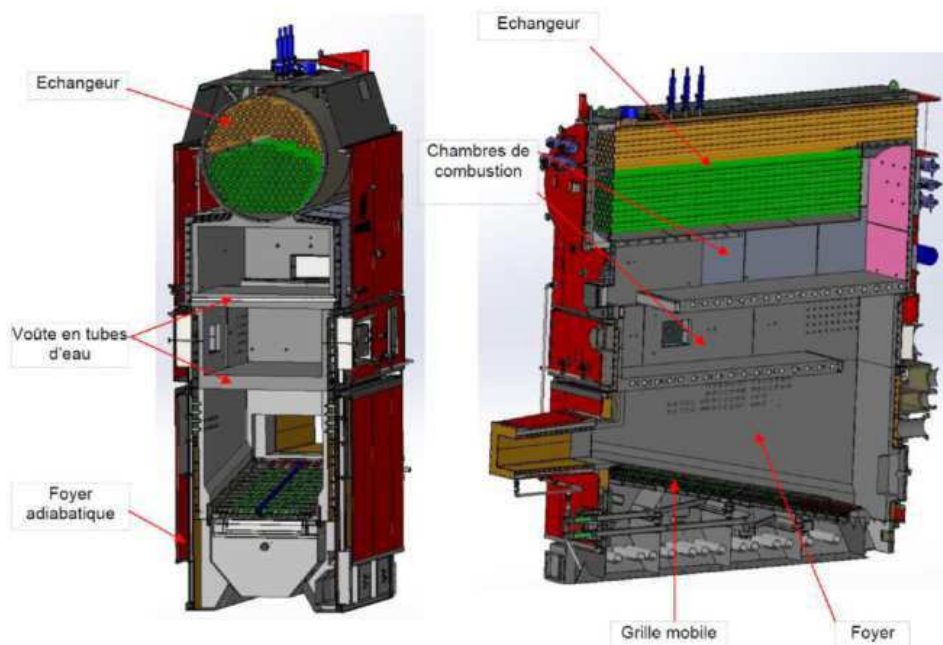


b) Equipement de combustion

La combustion sera réalisée dans une chaudière industrielle mixte à tubes d'eau et tubes de fumées qui produira de la vapeur à 20 bars.

La technologie utilisée sera une chaudière à grille mobile :

Illustration n° 4 : Schéma de principe d'un four à grille mobile (non contractuel)



D'un point de vue très schématique, une chaudière à combustion peut se résumer à :

- Une grille mobile à gadins sur laquelle les plaquettes forestières se consomment ;
- Un foyer servant à convertir l'énergie contenue dans le combustible (pouvoir calorifique) en gaz chauds et en rayonnement ;
- Des échanges de chaleur avec l'eau :
 - Une partie radiation en tubes d'eau verticaux ;
 - Une partie convection en faisceau tubulaire horizontal ;
 - Un économiseur.

❖ **Capacité de la chaudière**

La capacité nominale de la chaudière est de 2,55 t/h de plaquettes forestières.

❖ **Ligne de combustion**

La ligne de combustion est équipée :

- D'un ventilateur d'air primaire (ou air total) injectant la majorité du débit total d'air sous la grille dans différentes zones d'air. L'air est distribué de manière homogène sur la largeur de la grille pour une combustion optimisée ;

- En cas de combustible humide, l'air de combustion est préchauffé par un échangeur air/eau ;
- D'un ventilateur d'air secondaire, qui introduit de l'air à l'avant et à l'arrière du foyer afin de permettre la combustion des gaz imbrûlés.
- D'un ventilateur tertiaire

❖ **Les gaz de combustion**

Les gaz de combustion sortent de la chaudière via un ventilateur d'extraction à variation de vitesse qui régule le débit des gaz dans la chaudière par dépression. Ce ventilateur est situé en aval du système de filtration.

La filtration des poussières est assurée par un filtre à manche.

Un système de traitement des fumées alimentée par une cuve de 3 m3 d'urée placée sur rétention permettra de traiter les oxydes d'azotes.

❖ **Ramonage**

Pour maintenir en état de propreté les surfaces d'échange et donc maintenir l'efficacité de la chaudière, celle-ci est équipée d'un système de nettoyage automatique des faisceaux par ramonage à air comprimé.

c) Récupération des cendres

Les cendres seront récupérées par un convoyeur à raclettes disposé sous la chaudière et le dépoussiéreur de fumées. Ce convoyeur est composé d'une chaîne, équipée de tasseaux et entraîné par un motoréducteur fonctionnant à faible vitesse.

Illustration n° 5 : Convoyeur à raclette (image non contractuel)



d) Caractéristique du combustible utilisé

La chaudière biomasse de SOFIDEL fonctionnera grâce aux plaquettes forestières. Les caractéristiques de ce combustible sont :

- Un PCI moyen de 2 500 kW/t ;
- Un taux d'humidité d'a minima 25 %
- Une masse volumique de 330 kg/m³.

3. Codification du projet au titre des installations classées pour la protection de l'environnement

Le site SOFIDEL (ex. DELIPAPIER) bénéficie d'un arrêté préfectoral d'exploiter n°2002/110 en date du 31 juillet 2003 complété par plusieurs arrêtés complémentaires, notamment l'arrêté n°2013/0078 bis du 15 novembre 2013 concernant l'exploitation de la chaudière biomasse actuelle.

Les activités réalisées sur le site font, comme le montre le tableau suivant, l'objet d'un classement conformément à la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

En effet, selon les dispositions du Titre 1er du Livre V du Code de l'Environnement, les activités, en fonction de leur nature, de leur importance et de leur environnement, sont soumises à autorisation, enregistrement ou à déclaration.

Le présent paragraphe propose une codification des activités pour la situation actuelle (au regard de l'APC du 15/11/2013) et pour la situation projetée (après modification).

Le présent paragraphe propose une codification des activités qui sont visées. En fonction des seuils, il est précisé le régime de classement :

- A : Installation ou activité soumise à Autorisation
- E : Installation ou activité soumise à Enregistrement
- DC : Installation ou activité soumise à Déclaration et au contrôle périodique prévu par l'article L 512-11 du Code de l'Environnement
- D : Installation ou activité soumise à Déclaration
- NC : Installation ou activité Non Classée

Légende	
Modification de classement liée à une évolution de l'activité	
Modification de classement liée à une évolution réglementaire	

Tableau n° 2 : Codification des activités du site

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
3110	Combustion de combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 50 MW	Chaudières Puissance totale : 54,5 MW	A	Puissance thermique totale de 44,5 MW (2 chaudières et 4 brûleurs) Chaudière biomasse : 10 MW Nouvelle chaudière biomasse : 8 MW Soit une puissance thermique totale de 62,5 MW	A
3610	Fabrication, dans des installations industrielles, de : b) Papier ou carton, avec une capacité de production supérieure à 20 tonnes par jour	Production de papier tissue Capacité de 420 t / jour	A	Production de papier tissue Capacité de 420 t / jour	A

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
1530-1	<p>Papiers, cartons ou matériaux combustibles analogues, y compris les produits finis conditionnés (dépôt de), à l'exception des établissements recevant du public.</p> <p>Le volume susceptible d'être stocké étant :</p> <p>1. supérieur à 50 000 m³</p>	<p>Les dépôts de papier et de pâte à papier d'un volume total de 264 172 m³ sont répartis sur le site comme suit :</p> <p>Les dépôts de papier et de pâte à papier d'un volume total de 258 152 m³ sont répartis sur le site comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magasin « cellulose » : stockage de papier sous forme bobine, rebuts ou pâte à papier dans les limites suivantes : 34600 m³ et 18000 tonnes. • Stockage de pâte à papier en extérieur : 8 îlots d'une quantité totale de 17000 m³ • Dépôt en plein air sur la parcelle cadastrée n°AD 84 de la commune de FROUARD : 20 000 m³ de pâte à papier en deux îlots de stockage A et B • Magasin « bobines de papier » : 57 200 m³ en 2 entrepôts de 31350 m³ et 25850 m³. • Magasin « produits finis » 129 372 m³ dont 4 zones séparées de stockage de 6 m de hauteur maxi (3 zones de 5750 m² + 1 de 4 312 m²) • Dépôt de boîtes en carton 5 000 m³ • Stockage de bobines de carton pour mandrin 1 000 m³ 	A	<p>Les dépôts de papier et de pâte à papier d'un volume total de 264 172 m³ sont répartis sur le site comme suit :</p> <p>Les dépôts de papier et de pâte à papier d'un volume total de 258 152 m³ sont répartis sur le site comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magasin « cellulose » : stockage de papier sous forme bobine, rebuts ou pâte à papier dans les limites suivantes : 34600 m³ et 18000 tonnes. • Stockage de pâte à papier en extérieur : 8 îlots d'une quantité totale de 17000 m³ • Dépôt en plein air sur la parcelle cadastrée n°AD 84 de la commune de FROUARD : 20 000 m³ de pâte à papier en deux îlots de stockage A et B • Magasin « bobines de papier » : 57 200 m³ en 2 entrepôts de 31350 m³ et 25850 m³. • Magasin « produits finis » 129 372 m³ dont 4 zones séparées de stockage de 6 m de hauteur maxi (3 zones de 5750 m² + 1 de 4 312 m²) • Dépôt de boîtes en carton 5 000 m³ • Stockage de bobines de carton pour mandrin 1 000 m³ 	A

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
2430-a	Préparation de la pâte à papier, à l'exclusion des activités classées au titre de la rubrique 3610.a. La capacité de production étant : a) Supérieure à 10 t/j	Atelier de préparation de la pâte à papier à partir de fibres cellulosiques vierges Capacité de production : 420 t/j	A	Atelier de préparation de la pâte à papier à partir de fibres cellulosiques vierges Capacité de production : 420 t/j	A
2445-1	Transformation du papier, carton La capacité de production étant : 1. supérieure à 20 t/j	Atelier de transformation de papier tissue en produits manufacturés (papier toilette, essuie-tout, mouchoirs, serviettes) : 420 t/j maxi	A	Atelier de transformation de papier tissue en produits manufacturés (papier toilette, essuie-tout, mouchoirs, serviettes) : 420 t/j maxi	A
2450-2-a	Imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles etc. utilisant une forme imprimante 2. Héliogravure, flexographie et opérations connexes aux procédés d'impression quels qu'ils soient comme la fabrication de complexes par contrecollage ou le vernissage si la quantité totale de produits consommée pour revêtir le support est : a) supérieure à 200 kg/j	Postes d'impression flexographique sur les 9 lignes de transformation Consommation d'encre : 520 kg/j maxi	A	Postes d'impression flexographique sur les 9 lignes de transformation Consommation d'encre : 520 kg/j maxi	A

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
2714-1	<p>Installation de transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux de papiers/cartons, plastiques, caoutchouc, textiles, bois à l'exclusion des activités visées aux rubriques 2710 et 2711.</p> <p>Le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant :</p> <p>1. Supérieur ou égal à 1 000 m³.</p>	<p>Stockage de 4 200 m³ répartis comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dépôt de 1 200 m³ de biomasse attendant à la chaudière biomasse, - dépôt en plein air de 3 000 m² <p>Soit un volume de 4 200 m³.</p>	A	<p>Les broyats de palettes n'étant pas adjuvantes, ceux-ci sont automatiquement sorti du statut de déchets dès leur conditionnement.</p>	
1532-2	<p>Bois sec ou matériaux combustibles analogues, y compris les produits finis conditionnés (dépôt de), à l'exception des établissements recevant du public.</p> <p>Le volume susceptible d'être stocké étant :</p> <p>2. Supérieur à 1 000 m³ mais inférieur ou égal à 20 000 m³</p>	<p>Stock existant de 11 000 m³ de palettes bois.</p>	D	<p>Stock existant de 11 000 m³ de palettes bois.</p> <p>Stockage de 4 200 m³ répartis comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dépôt de 1 200 m³ de biomasse attendant à la chaudière biomasse, - dépôt en plein air de 3 000 m² <p>Soit un volume de 4 200 m³.</p> <p>Ajout d'un stockage de bois de 1 200 m³</p> <p>Soit un total de 16 400 m³</p>	D
2662-3	<p>Polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (stockage de).</p> <p>Le volume susceptible d'être stocké étant :</p> <p>3. Supérieur ou égal à 100 m³ mais inférieur à 1 000 m³.</p>	<p>Dépôt de film polyéthylène : 900 m³ maxi</p>	D	<p>Dépôt de film polyéthylène : 900 m³ maxi</p>	D

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
2921-b	<p>Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installations de) :</p> <p>b. La puissance thermique évacuée maximale étant inférieure à 3 000 kW</p>	<p>TAR n°1 : 1 130 kW TAR n°2 : 1 099 kW Soit une puissance thermique maximale de 2 229 kW.</p>	DC	<p>TAR n°1 : 1 130 kW TAR n°2 : 1 099 kW Soit une puissance thermique maximale de 2 229 kW.</p>	DC
2925	<p>Accumulateurs (ateliers de charge d')</p> <p>La puissance maximum de courant continu utilisable pour cette opération étant supérieure à 50 kW</p>	<p>Atelier de charge d'accumulateurs. La puissance maximale du courant continu pour cette opération est de 250 kW maxi</p>	D	<p>Atelier de charge d'accumulateurs. La puissance maximale du courant continu pour cette opération est de 250 kW maxi</p>	D
4140-2-b	<p>Toxicité aiguë catégorie 3 pour la voie d'exposition orale (H301) dans le cas où ni la classification de toxicité aiguë par inhalation ni la classification de toxicité aiguë par voie cutanée ne peuvent être établies, par exemple en raison de l'absence de données de toxicité par inhalation et par voie cutanée concluantes.</p> <p>2. Substances et mélanges liquides. La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :</p> <p>b) Supérieure ou égale à 1 t, mais inférieure à 10 t</p>	<p>Agent microbiocide (agent de contrôle des dépôts microbiologiques) Quantité maximale : 7 t</p>	D	<p>Agent microbiocide (agent de contrôle des dépôts microbiologiques) Quantité maximale : 7 t</p>	D

Rubrique	Désignation	Situation actuelle	Classement	Situation future	Classement
4510-2	<p>Dangereux pour l'environnement aquatique de catégorie aiguë 1 ou chronique 1.</p> <p>La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :</p> <p>2. Supérieure ou égale à 20 t mais inférieure à 100 t.</p>	<p>1 cuve de 15 m³ d'hypochlorite de sodium à min 10% - Volume autorisé : 15 tonnes</p> <p>Biocides divers pour le traitement des eaux fraîches, des circuits et agents de contrôles de contaminants</p> <p>Parfums</p> <p>Quantité totale : 33,6 tonnes</p>	D	<p>1 cuve de 15 m³ d'hypochlorite de sodium à min 10% - Volume autorisé : 15 tonnes</p> <p>Biocides divers pour le traitement des eaux fraîches, des circuits et agents de contrôles de contaminants</p> <p>Parfums</p> <p>Quantité totale : 33,6 tonnes</p>	D
1185-2-a	<p>Gaz à effet de serre fluorés visés par le règlement (CE) n° 842/2006 ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone visées par le règlement (CE) n° 1005/2009 (fabrication, emploi, stockage).</p> <p>2. Emploi dans des équipements clos en exploitation.</p> <p>a) Équipements frigorifiques ou climatiques (y compris pompe à chaleur) de capacité unitaire supérieure à 2 kg, la quantité cumulée de fluide susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale à 300 kg</p>	300 kg	DC	300 kg	DC

B . Incidences liées aux modifications projetées

1. Incidence de la phase travaux

Les effets potentiels temporaires seront liés aux travaux de mise en place de la nouvelle chaufferie biomasse.

1.1. Le bruit et vibrations

Les travaux pourront avoir une incidence temporaire sur le niveau sonore de la zone. Les principales opérations sources de bruit seront les mouvements de véhicules et des hommes sur le chantier, les travaux de construction et le chantier de manière générale.

L'ensemble des engins et appareils utilisés sera conforme à la réglementation en vigueur en matière d'émissions sonores.

Par ailleurs, le chantier ne se déroulera qu'aux jours et horaires ouvrés.

1.2. Les poussières

Les mouvements de véhicules sur le chantier pourront être à l'origine d'envols de poussières. Ceux-ci se limiteront toutefois aux abords proches du chantier sur une durée limitée. Un nettoyage des voiries sera réalisé si besoin.

1.3. L'effet visuel

Le stockage des différents matériels nécessaires au chantier ainsi que des engins et appareils de montage/levage sont susceptibles de générer un impact visuel depuis les alentours du site.

De manière générale, le chantier sera conduit de manière à limiter au maximum l'impact visuel en stockant les déchets générés en bennes et en procédant à des nettoyages fréquents.

Compte tenu de l'implantation du site, entouré par des haies et un merlon périphérique, le stockage temporaire de matériaux ne sera pas à l'origine d'une gêne visuelle.

1.4. L'effet sur le sol et le sous-sol

Les véhicules de chantier pourront être à l'origine de fuites potentielles d'huiles et d'hydrocarbures.

L'entretien régulier des véhicules des entreprises permettra la prévention des pollutions accidentelles.

Toutefois, si un déversement accidentel venait à se produire, ou une quelconque fuite sur des engins ou des véhicules de transport, il est prévu l'utilisation d'absorbants pour contenir le liquide épandu.

1.5. L'effet sur le trafic

Le chantier sera à l'origine d'une circulation de véhicules aux abords du site, notamment des véhicules de chantier et des véhicules porte-containers pendant les phases d'installation et de montage des principaux équipements.

Un plan de circulation des poids lourds sera instauré sur le site afin de canaliser les entrées et les sorties de camions en toute sécurité et éviter les risques de collision. Des panneaux seront mis en place pour signaler le sens de circulation sur le site. De plus, la vitesse sera limitée sur le site.

Précisons que ces mouvements de véhicules seront limités dans le temps et compatibles avec les besoins du chantier.

1.6. Les déchets

Les travaux réalisés sur le site seront générateurs de déchets de chantier (DIB, métaux, déchets inertes, déchets spéciaux, etc.). L'ensemble de ces déchets sera géré de façon réglementaire : tri, stockage dans des conditions adéquates et traitement vers des filières agréées.

Synthèse – Conclusion

Les impacts liés à la réalisation de travaux sur le site concerneront le trafic routier, les niveaux sonores, les envols de poussières, le sol et le sous-sol, la production de déchets et le paysage. Ces impacts seront toutefois limités aux abords du site et ne seront que temporaires.

2. Incidences sur le paysage

Le projet s'implante sur un site industriel en fonctionnement, les illustrations ci-après permettent d'appréhender l'emplacement du projet sur le site de SOFIDEL.

Illustration n° 6 : Emplacement de la nouvelle chaufferie



Compte tenu l'existence historique de la papeterie, de l'éloignement par rapport aux premières habitations (environ 550m à l'Ouest) et de l'existence d'une chaufferie similaire au Sud de celle-ci, il apparaît que le projet ne sera pas à l'origine d'impact significatif sur le paysage.

Synthèse – Conclusion

Considérant la localisation du projet ai sein d'un site industriel existant, l'impact du projet de la société SOFIDEL sur le paysage sera limité et l'impact des modifications peut être considéré comme non substantiel.

3. Incidences sur le sol et le sous-sol

Le projet s'implante sur une surface totalement artificialisée. Le projet n'engendrera aucune modification de l'usage des sols, tous les produits dangereux seront manipulés sur des aires étanches.

En cas de déversement accidentel de produit susceptible de créer une pollution du sol sur la zone imperméabilisée, des produits absorbants sont mis à disposition.

L'ensemble des aires de circulation sont en enrobé. Ce revêtement imperméable permettra récupérer sur le site les eaux d'extinction en cas d'un incendie ou encore de récupérer les produits répandus lors d'un accident.

En cas d'incident, les eaux d'extinction s'écouleraient naturellement vers la rétention existante du site de SOFIDEL, ce qui permettra d'éviter tout risque de pollution du sol et du sous-sol.

Le risque pour la pollution des sols et des eaux souterraines est donc pratiquement nul.

4. Incidences sur les eaux souterraines et superficielles

La gestion des eaux sur le site restera inchangée, aucun prélèvement supplémentaire dans le réseau ne sera réalisé dans le cadre du projet (il n'y a pas d'augmentation des besoins en vapeur mais un verdissement du mode de production de celle-ci).

Le projet n'engendrera pas de consommation d'eau pour le process, seules des eaux sanitaires et de lavages seront utilisées. Ces eaux seront envoyées vers le réseau d'eaux usées sanitaires de SOFIDEL pour être traitées dans la station d'épuration du site SOFIDEL.

Dans le cadre du projet, le mode de gestion des eaux pluviales ne sera pas modifié, les eaux pluviales de voiries et de toitures rejoindront le réseau de gestion des eaux pluviales de SOFIDEL. Les eaux résiduelles, issues du nettoyage des locaux et du fonctionnement des chaudières rejoindront le réseau d'assainissement de la commune.

Le projet n'engendrera aucun changement dans la gestion des eaux pluviales ou des eaux potables. Il n'y aura donc pas d'impact du projet sur les eaux superficielles et souterraines.

5. Incidences sur l'air

5.1. Pollution de l'air

L'activité principale concernée par le projet est la valorisation énergétique de bois. Cette activité est à l'origine d'émissions atmosphériques.

Le site pourra être générateur de rejets atmosphériques, soit de manière diffuse, soit de manière canalisée.

❖ Rejets canalisés

La majorité des émissions seront dues aux fumées de la cheminée.

Selon les conditions atmosphériques et les caractéristiques du rejet, un panache de vapeur d'eau pourra apparaître ; il résultera de la condensation d'une partie de la vapeur d'eau contenue dans les fumées lorsque celles-ci entreront en contact avec l'air ambiant.

Les rejets sont conformes à l'arrêté du 3 août 2018 concernant l'émission des polluants réglementés.

❖ Rejets diffus

- Le stockage et la manutention des combustibles

Le transport de la biomasse jusqu'au site se fera dans des camions bâchés et le stockage de la biomasse juste avant combustion se fera dans des silos ce qui limitera l'envol de poussière provenant de la biomasse.

- La circulation des véhicules

Les émissions dues aux gaz d'échappement des véhicules se limiteront à leur temps de fonctionnement. Elles seront essentiellement composées de NO, CO, CO2 et hydrocarbures. La teneur en polluants varie en fonction du régime et du réglage du moteur.

Les voies de circulation imperméabilisées du site pourront faire l'objet de nettoyages destinés à éviter les envols ainsi que l'entraînement par les eaux de pluies.

❖ **Valeurs limites d'émissions pour la chaudière biomasse projetée**

Le tableau suivant reprend les VLE applicables au site selon l'arrêté du 3 août 2018 relatif aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110 (applicable à compter du 20 décembre 2018)

Tableau n° 3 : VLE applicables à la chaudière biomasse projetée

Polluants	VLE applicable à la nouvelle chaudière biomasse (en mg/Nm ³)	Flux annuel de la chaudière biomasse (t/an)
Poussières	20	3,86
CO	200	38,64
NO _x	300	57,96
SO ₂	200	38,64
Hcl	30	5,80
HF	25	4,83
NH ₃	5	0,97
COVNM	50	9,66
HAP	0,1	0,019
As + Se + Te	1	0,19
Cd + Hg + Tl	0,1	0,019
Dont Cd	0,05	0,0097
Hg	0,05	0,0097
Tl	0,05	0,0097
Plomb	1	0,19
Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn	20	3,86
Dioxines et furanes	0,1 ng I-TEQ/Nm ³	1,9.10 ⁻⁸
Débit unitaire (Nm ³ /h)	23 000	
Temps de fonctionnement (t/an)	8 400	

❖ **Valeurs limites pour les chaudières gaz existantes**

Les chaudières gaz sont réglementées par l'arrêté préfectoral du 15/11/2013.

Compte tenu des modifications envisagées sur les installations existantes, à savoir la modification des lignes de combustion, les installations modifiées seront soumises à l'arrêté ministériel du 03 août 2018 relatif aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110.

Le tableau suivant reprend les VLE applicables aux chaudières gaz modifiées selon l'article 5 de l'arrêté du 3 août 2018 :

Article 5 de l'arrêté du 3 août 2018

« *Modifications.*

Les valeurs limites d'émission fixées au chapitre II du titre II du présent arrêté applicables aux installations nouvelles à la date de la modification, s'appliquent à la partie modifiée ou étendue en cas de changement de combustible, de remplacement des appareils de combustion (chambre de combustion et brûleur) ou d'extension de l'installation. »

Tableau n° 4 : VLE applicables aux chaudières gaz modifiées

Polluants	VLE applicable à chaque chaudière gaz (en mg/Nm ³)	Flux annuel (t/an) Chaudière gaz SG1000	Flux annuel (t/an) Chaudière gaz SG2000
CO	100	0,6	0,76
NO _x	100	0,6	0,76
Débit unitaire (Nm ³ /h)		6 000	12 700
Temps de fonctionnement (h/an)		1 000	600

5.1.1. Odeurs

Le projet de la société SOFIDEL, à savoir la mise en place d'une nouvelle chaudière biomasse, n'est pas de nature à engendrer des odeurs.

Les plaquettes forestières seront stockés dans des silos et la combustion de biomasse n'est pas à l'origine de composés odorants.

Synthèse – Conclusion

Au vu de la nature du projet, celui-ci ne sera pas à l'origine d'émissions olfactives, les impacts sur la qualité de l'air seront maîtrisés.

6. Incidence sur la santé humaine

Le présent chapitre a pour objectif de démontrer que les valeurs limites d'émission dans l'air des installations projetées n'engendreront pas de risques sanitaires pour les populations environnantes. Ce chapitre n'a pas vocation à suivre une trame type d'une évaluation des risques sanitaires, mais en reprend les principes et la philosophie.

L'évaluation 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 présentée ici comportera les étapes suivantes :

- Identification des substances émises pouvant avoir des effets sur la santé,
- Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger,
- Evaluation prospective des risques sanitaires.

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

6.1.1. Inventaire et description des sources

Dans le cadre du présent Porter à connaissance portant sur l'implantation d'une nouvelle chaudière biomasse, seules les installations de combustion seront étudiées.

Avec la mise en place du projet, les besoins en vapeur du site seront comblés par :

- Une chaudière gaz de 7 MW ;
- Une chaudière gaz de secours de 13,5 MW ;
- Une chaudière biomasse de 10 MW ;
- Une nouvelle chaudière biomasse de 8 MW.

La nouvelle chaudière biomasse disposera d'une cheminée de 20 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.

Notons également la possibilité d'émissions de poussières lors :

- du transport de biomasse et de cendres,
- du déchargement, stockage et manutention de la biomasse.

Toutes les dispositions seront prises pour limiter l'envol de poussières.

6.1.2. Bilan quantitatif des flux

Le projet sera soumis à l'arrêté du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale supérieure à 50 MW soumises à autorisation au titre de la rubrique 3110 et au BREF LCP.

La chaudière biomasse projetée sera exploitée de manière adéquate afin de respecter les valeurs limites d'émission figurant dans l'arrêté précité et présentées au paragraphe 5.1..

6.2. Identification des enjeux sanitaires ou environnementaux à protéger

6.2.1. Caractérisation de la zone d'étude

a) Contexte géologique et hydrogéologique

❖ Géologie

Le site SOFIDEL est localisé sur un domaine géologique daté de l'ère secondaire et dont le substratum géologique est constitué de terrains secondaires jurassiques inférieurs. En surface, sont retrouvées des formations superficielles du quaternaire, caractéristiques du secteur marqué par la présence de la Meurthe et la Moselle.

Un point d'accès au sous-sol répertorié dans la banque de données Infoterre à environ 80 m à l'Est du site SOFIDEL nous renseigne sur la géologie locale et les superpositions de couches observées sur une profondeur de 17 m :

- De 4,5 à 13,4 m : Grès médioliasiques (Domérien)
- De 13,4 à 17 m : Marnes à Amalthées (Domérien Inférieur)

❖ Hydrogéologie

Le réseau hydrographique du secteur d'étude est composé de la Moselle et la Meurthe, et plus particulièrement de leur confluence. Les formations quaternaires constituent, en raison de leur forte perméabilité, un réservoir important pouvant

fournir généralement de l'eau destinée à la consommation humaine par l'intermédiaire de puits forés dans ces alluvions.

Compte tenu de la géologie recensée au droit du site industriel SOFIDEL, les réservoirs mentionnés ci-dessous sont susceptibles d'être présents au droit du site d'étude.

- **les grès du Rhétien** : ce réservoir est constitué de formations argileuses et pélitiques d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Ces eaux sont protégées par une couche argileuse imperméable sus-jacente. Cet aquifère fait l'objet d'une exploitation par forage ou au niveau de sources et est donc moins exposé à d'éventuelles contaminations.
- **les alluvions de la Meurthe et de la Moselle** : les alluvions quaternaires déposés par les eaux courantes sont de nature sablo-graveleuses. Les formations issues de la Meurthe peuvent localement dépasser les 10 m et permettre des débits de l'ordre de 22 m³/h pour un rabattement de 1,30 m. La qualité des eaux de cette nappe alluviale est souvent perturbée par des pollutions industrielles localisées en aval. Les alluvions déposées par la Moselle peuvent atteindre des épaisseurs de 5 à 6 m, et constituent un aquifère de bonne qualité dont les eaux sont de type bicarbonaté-calcique et ferreux.

b) Eaux superficielles

Le site industriel SOFIDEL est enclavé par la Moselle à l'Ouest et la Meurthe à l'Est. Les prélèvements d'eaux utiles aux activités de ce site sont réalisés dans la Moselle à environ 20 m de la rive.

L'état écologique de la Meurthe pour ce secteur est « mauvais ». L'état écologique de la Moselle est « moyen ». L'état chimique de la Meurthe et de la Moselle est « inférieur au bon état ».

c) Environnement atmosphérique

Le climat de la Meurthe et Moselle est caractéristique des « climats océaniques dégradés à influence continentale sensible ».

Les données numériques relatives au secteur d'étude ont été fournies par Météo France à partir des relevés effectués à la station de Tomblaine (Nancy-Essey) à l'Est de Nancy et à environ 10 km du site.

Au regard de la rose des vents pour la période 1991 – 2010, les vents dominants sont de direction :

- Sud/Sud-Ouest et de secteur 200 (8,0 %), 220 (8,2 %), et 240 (6,8 %),
- Nord-Est et de secteur 60 (6,3 %).

Ces données indiquent l'origine des vents, c'est-à-dire leur provenance. Par conséquent, les émissions atmosphériques générées seront localisées dans les secteurs de vents opposés, à savoir 20, 40, 60 et 240 et appelés zones sous les vents dominants.

Illustration n° 7 : Rose des vents de la station de Nancy-Essey (1991-2010)



NORMALES DE ROSE DE VENT

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Période 1991-2010

171746

NANCY-ESSEY (54)

Indicatif : 54526001, alt : 212 m., lat : 48°41'12"N, lon : 06°13'12"E

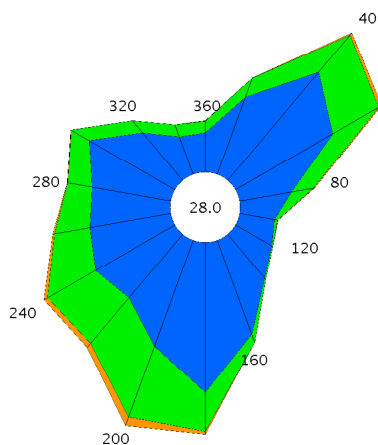
Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition

Nombre de cas étudiés : 58440

Manquants : 27



Dir.	[1.5;4.5 [	[ 4.5;8.0 [	> 8.0 m/s	Total
20	2.9	0.7	+	3.7
40	5.1	1.7	0.1	6.9
60	4.0	1.9	0.1	6.0
80	1.9	0.8	+	2.7
100	1.3	0.1	+	1.4
120	1.5	+	0.0	1.5
140	2.1	+	0.0	2.1
160	3.6	0.3	+	3.9
180	5.4	1.4	0.1	6.9
200	4.1	2.7	0.3	7.1
220	3.0	2.2	0.2	5.3
240	3.3	2.0	0.2	5.4
260	2.9	1.3	+	4.3
280	2.8	0.9	+	3.8
300	3.5	0.8	+	4.3
320	2.2	0.6	+	2.8
340	1.4	0.4	+	1.9
360	1.4	0.4	+	1.9
Total	52.5	18.3	1.2	72.0
[0;1.5 [				28.0

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction



Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

Edité le : 09/05/2016 dans l'état de la base

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
Tél. : 0 890 71 14 15 - Email : contactmail@meteo.fr

Etablissement de Frouard (54)

Au regard de la fiche climatologique de la station de Nancy-Essey pour la période 1981 – 2010, les précipitations atteignent un total annuel de 775,1 mm et sont régulièrement réparties avec une moyenne de 124,3 jours de pluie par an. Mensuellement, on retrouve des moyennes allant de 9,2 jours de pluie par mois (août et septembre) à 11,8 jours (décembre). La hauteur des précipitations est maximum au mois de décembre (79 mm) et minimum en avril (49,3 mm).

La température moyenne annuelle est de 10,5°C avec un minimum en janvier (1,9°C) et un maximum en juillet (19,4°C). Les températures sont négatives 70,7 jours par an, réparties d'octobre à mai. Les températures « chaudes » (> 25°C) se font ressentir 47,6 jours par an, réparties entre avril et octobre. La température la plus basse observée est de - 24,8°C (1956). La température la plus élevée relevée est de 39,3°C (2003).

La rafale de vent la plus élevée a atteint 40 m/s, soit 144 km/h (1999). Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 16 m/s (57,6 km/h) est de 35,9 jours.

Illustration n° 8 : Fiche climatologique de la station de Nancy-Essey (1981-2010)



FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981-2010 et records

NANCY-ESSEY (54)

Indicatif : 54526001, alt : 212m, lat : 48°41'12"N, lon : 06°13'12"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
La température la plus élevée (°C)													
	16.8	20.0	24.3	29.3	32.5	36.1	37.6	39.3	33.7	27.2	21.4	18.5	39.3
Date	05-1999	29-1960	30-1989	18-1949	26-1953	18-2002	31-1983	08-2003	19-1947	03-1985	03-1927	16-1989	2003
<small>Records établis sur la période du 13-09-1927 au 02-09-2012</small>													
Température maximale (moyenne en °C)													
	4.6	6.4	10.9	14.8	19.2	22.6	25.1	24.7	20.3	15.1	8.9	5.4	14.9
Température moyenne (moyenne en °C)													
	1.9	2.9	6.5	9.5	13.8	17.1	19.4	19.0	15.2	11.0	5.8	2.9	10.5
Température minimale (moyenne en °C)													
	-0.8	-0.7	2.0	4.1	8.4	11.7	13.7	13.2	10.1	6.8	2.8	0.4	6.0
La température la plus basse (°C)													
	-21.6	-24.8	-15.9	-6.8	-4.2	1.6	2.0	2.8	-1.3	-7.9	-12.7	-21.3	-24.8
Date	13-1968	21-1956	04-1965	02-1958	03-1960	05-1953	01-1962	26-1966	24-1948	27-1950	23-1998	30-1939	1956
<small>Records établis sur la période du 13-09-1927 au 02-09-2012</small>													
Nombre moyen de jours avec													
Tx >= 30°C	.	.	.	.	0.2	1.7	4.8	3.5	0.2	.	.	.	10.5
Tx >= 25°C	.	.	.	0.5	3.6	9.6	15.1	14.3	4.2	0.3	.	.	47.6
Tx <= 0°C	5.6	3.0	0.1	.	.	.	.	.	.	.	0.9	3.4	12.9
Tn <= 0°C	16.7	15.3	10.3	4.1	0.3	.	.	.	.	2.1	7.8	13.9	70.7
Tn <= -5°C	5.9	5.3	1.4	0.2	.	.	.	.	.	.	1.4	3.7	17.8
Tn <= -10°C	1.7	1.1	0.0	.	.	.	.	.	.	.	0.1	0.7	3.7
<small>Tn : Température minimale, Tx : Température maximale</small>													
La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)													
	36.4	62.6	35.0	25.8	103.0	85.0	65.8	68.5	62.9	62.0	43.6	72.1	103.0
Date	22-1995	25-1997	18-1995	12-1970	21-2012	09-1953	22-1995	10-1945	10-1969	28-1998	12-1996	28-1947	2012
<small>Records établis sur la période du 13-09-1927 au 02-09-2012</small>													
Hauteur de précipitations (moyenne en mm)													
	65.4	55.3	59.5	49.3	67.6	69.2	62.4	63.0	64.7	73.8	65.9	79.0	775.1
Nombre moyen de jours avec													
Rr >= 1 mm	11.2	9.5	10.6	9.3	11.0	9.9	9.6	9.2	9.2	11.4	11.6	11.8	124.3
Rr >= 5 mm	4.6	3.8	4.2	3.6	4.9	4.6	4.4	4.4	4.2	4.8	4.3	5.3	53.0
Rr >= 10 mm	1.8	1.4	1.3	1.1	1.7	2.1	1.7	2.0	2.0	1.8	1.9	2.5	21.3
<small>Rr : Hauteur quotidienne de précipitations</small>													

Page 1/2

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

Edité le : 17/09/2012 dans l'état de la base

METEO-FRANCE – Direction de la Production
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex
<https://public.meteofrance.com/public>



FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981-2010 et records

NANCY-ESSEY (54)

Indicatif : 54526001, alt : 212m, lat : 48°41'12"N, lon : 06°13'12"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)													
	498.9	427.1	357.5	256.1	134.4	57.3	20.1	25.5	94.1	219.2	365.4	468.4	2924.0
Rayonnement global (moyenne en J/cm²)													
	9482	16117	29856	44157	56090	61094	62246	52541	36361	21503	10672	7396	407515.0
Durée d'insolation (moyenne en heures)													
	55.9	79.7	129.1	173.9	199.1	220.9	229.1	213.7	162.8	104.8	51.7	44.3	1664.9
Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation													
- 0 %	13.2	8.9	6.0	2.7	2.9	1.1	0.6	1.4	3.2	5.7	12.2	15.0	72.7
<= 20 %	20.7	15.5	14.4	10.2	10.8	7.0	7.2	7.7	10.1	14.2	20.4	22.7	160.8
>= 80 %	2.3	3.6	5.3	5.9	6.7	5.4	6.1	7.3	6.3	3.4	1.7	2.1	55.9
Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)													
	10.3	21.3	47.6	81.1	113.0	138.2	144.8	111.7	69.3	34.3	13.5	9.3	794.4
La rafale maximale de vent (m/s) <small>Records établis sur la période du 01-01-1981 au 02-09-2012</small>													
	30	35	27	28	24	26	38	27	24	27	29	40	40
Date	25-1990	08-1984	01-1990	13-1985	20-2006	29-1988	22-1981	26-2011	04-2009	27-2002	23-1984	26-1999	1999
Vitesse du vent moyenné sur 10 mn (moyenne en m/s)													
	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9	2.8	2.8	2.5	2.6	2.8	2.9	3.3	3.0
Nombre moyen de jours avec rafales													
>= 16 m/s	5.1	4.3	4.8	2.9	1.6	2.3	2.0	1.6	1.6	2.8	2.8	4.1	35.9
>= 28 m/s	0.1	0.2	.	0.0	.	.	0.0	.	.	.	0.1	0.1	0.5
<small>16 m/s = 58 km/h, 28 m/s = 100 km/h</small>													
Nombre moyen de jours avec													
Brouillard	Données non disponibles												
Orage	Données non disponibles												
Grêle	Données non disponibles												
Neige	7.0	7.5	4.3	1.1	.	.	.	.	.	.	2.4	6.0	28.4
<small>- : donnée manquante ; . : donnée égale à 0</small>													
<small>Ces statistiques sont établies sur la période 1981-2010 sauf pour les paramètres suivants : insolation (1991-2010), ETP (2001-2010).</small>													

Page 2/2

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

Edité le : 17/09/2012 dans l'état de la base

METEO-FRANCE - Direction de la Production
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex
<https://public.meteofrance.com/public>

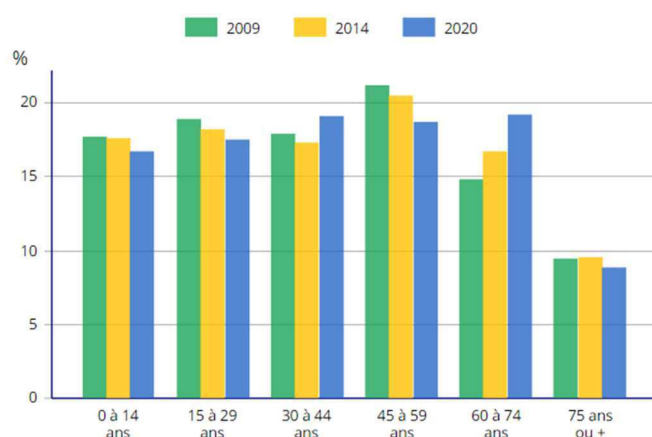
6.2.2. Caractérisation des populations

a) Environnement humain

Au regard du dernier recensement de la population légale de 2020, la commune de Frouard comptait 6 543 habitants.

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

Illustration n° 9 : Population de Frouard par grandes tranches d'âges (source : INSEE)



Le site industriel SOFIDEL est localisé dans une zone industrielle dépourvue de toute zone d'habitat. Les habitations les plus proches se situent à l'Ouest du site, à environ 250 m et sont établies le long de la rive gauche de la Moselle.

b) Populations sensibles

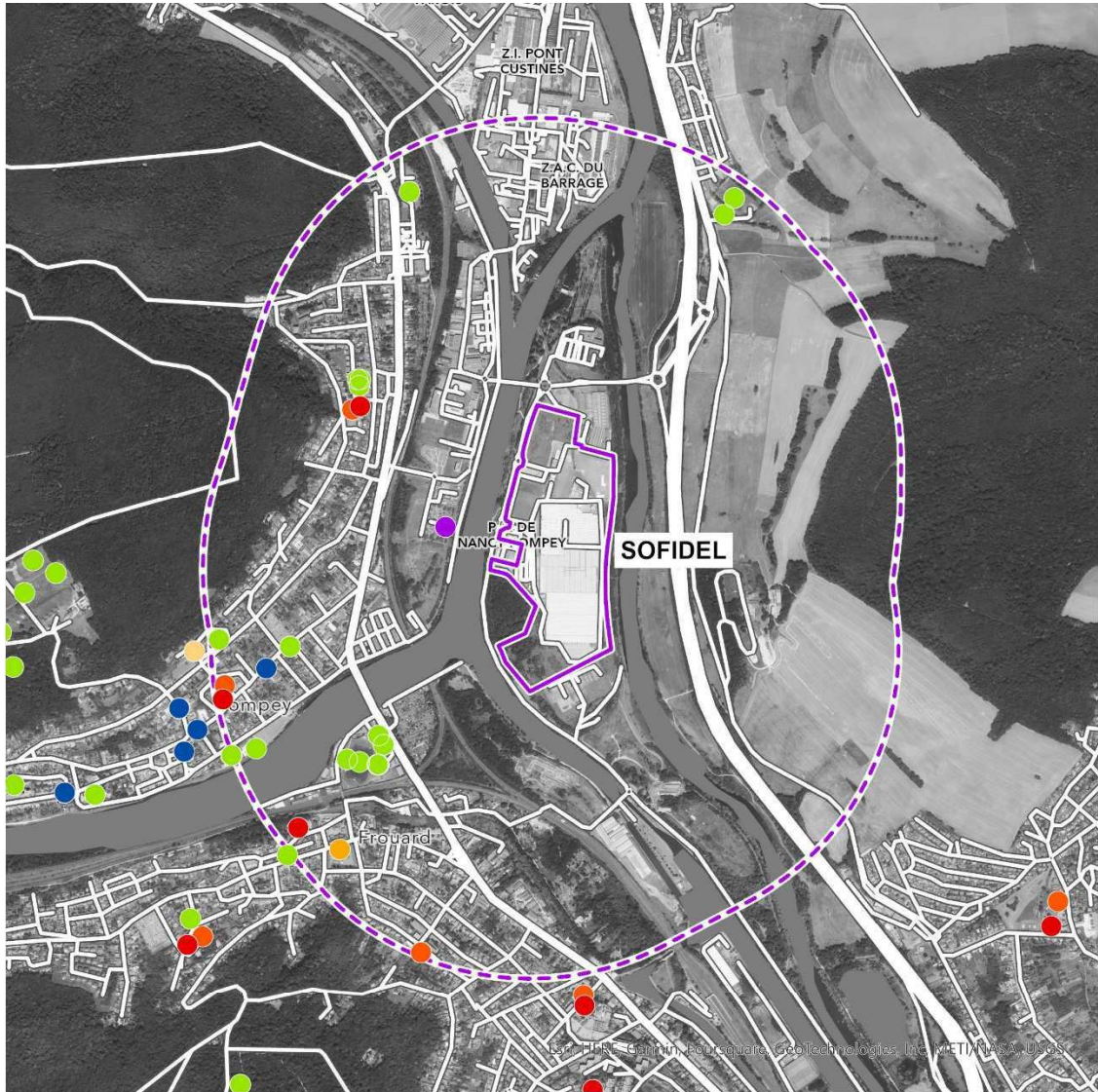
Lors d'une évaluation toxicologique, l'intégralité de la population générale doit être considérée, mais plus particulièrement les individus les plus sensibles. En effet, certains groupes d'individus présentent, de par leurs particularités intrinsèques, une vulnérabilité plus grande aux facteurs environnementaux.

Les populations dites sensibles (enfants, sportifs, personnes âgées ou handicapées, malades) situées dans un rayon de 1 km autour du projet ont été recensées. Elles sont présentées dans le tableau et sur le plan ci-après.

Tableau n° 5 : Localisation des populations sensibles

Type	Commune	Infrastructure	Distance approx. au site (m)	Secteur de la rose des vents
ETABLISSEMENTS SCOLAIRES	Pompey	Crèche	430	280
		Ecole maternelle	865	300 – 310
		Ecole maternelle	1320	240 – 250
		Ecole primaire	880	300 – 310
		Ecole primaire	1290	250
	Frouard	Ecole maternelle	1370	220 – 230
		Ecole primaire	1520	200
		Collège	1330	210 – 220
SANTE	Pompey	Maison de retraite	1 140	250
INFRASTRUCTURES SPORTIVES OU DE LOISIRS	Pompey	Terrains de sports	1030	250
		Salles ou terrains multisports	1 000	250
		Terrains de sports extérieurs	900	310
		Terrains de sports extérieurs	1260	250 – 260
		Salles de remise en forme	920	310
		Salles de remise en forme	1340	330 – 340
		Salle multisports	920	310
		Piscine	1300	230 – 240
	Custines	Salles de remise en forme	1260	020 – 030
		Terrains de jeux	1330	020 – 030
	Frouard	Gymnase, salles multisports, salle de combat	1 000	220 – 230
		Terrains de sports	1 050	220 – 230
		Athlétisme	1050	220 – 230
		Salles de combat	950	220 – 230
		Plateaux et terrains de jeux extérieurs	940	220 – 230

Illustration n° 10 : Localisation des populations sensibles



POPULATIONS SENSIBLES

- établissements d'accueil des jeunes enfants
- écoles maternelles
- écoles élémentaires
- collèges
- lycées et autres établissements du second cycle
- établissements de santé et d'accueil de personnes âgées
- équipements sportifs ou de loisirs

 rayon 1 km



SOURCES : BPE 2021 ; ESRI WORLD HUMAN GEOGRAPHY ; BD ORTHO 2022, IGN.

NOVEMBRE 2023

0 200 400
m

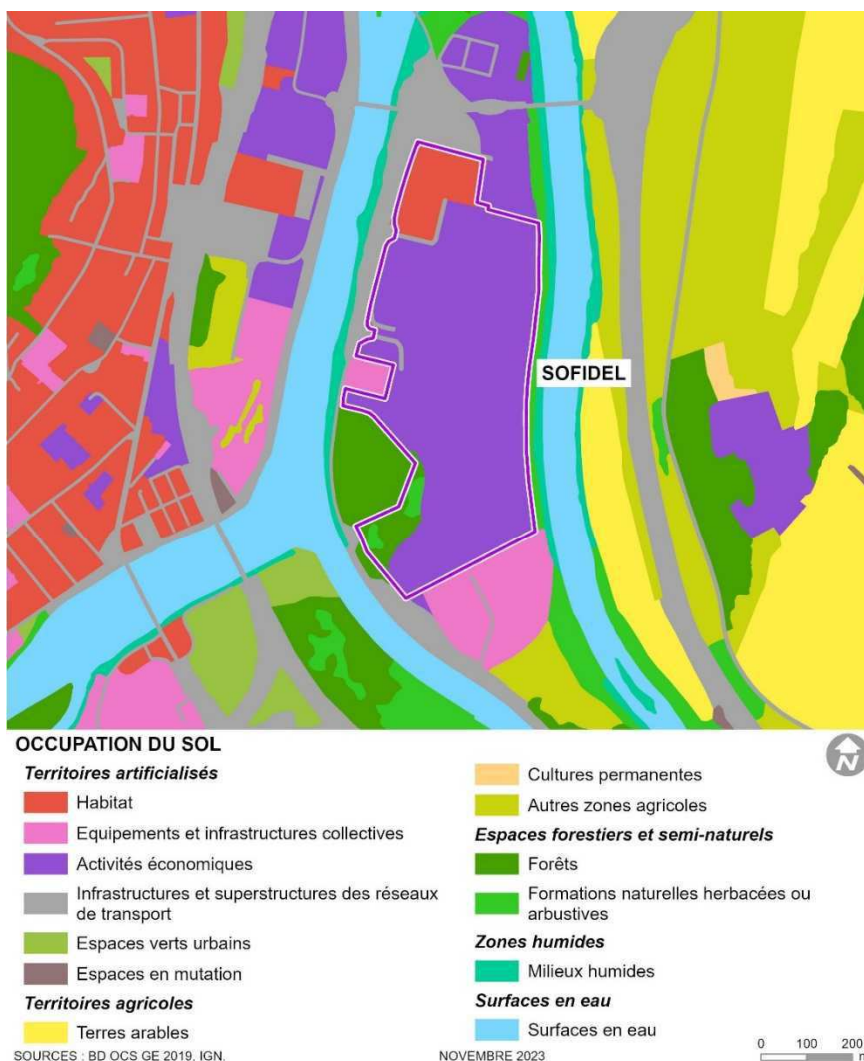
6.2.3. Caractérisation des usages

a) Zones agricoles et forestières

Le site industriel SOFIDEL est ceinturé par la Moselle à l'Ouest et par la Meurthe à l'Est. Au-delà, le secteur d'étude autour du site de la société SOFIDEL est marqué par la présence de :

- territoires artificialisés à l'Ouest,
- territoires agricoles (prairies permanentes, cultures de blé, orge, colza).

Illustration n° 11 : Occupation du sol autour du site



Etablissement de Frouard (54)

b) Captages d'eau potable

Le site SOFIDEL est localisé à l'extérieur de tout périmètre de protection de captage d'eau potable.

c) Activités polluantes

Le site SOFIDEL est situé au Sud du Parc d'Activités de Nancy-Pompey sur la Zone d'Activité Concertée de Bau-La-Dame.
Un certain nombre d'établissements industriels sont implantés sur cette zone, principalement à l'Ouest et au Nord du site SOFIDEL.

6.2.4. 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 termes 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,
- leur potentiel de transfert vers les voies d'exposition lié aux usages constatés,
- les préoccupations de la population vis-à-vis de certains polluants.

a) 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.

b) Choix des polluants traceurs

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

- Une chaudière gaz de 7 MW
- Une chaudière gaz de 13,5 MW
- Une chaudière biomasse existante de 10 MW
- Une nouvelle chaudière biomasse de 8 MW.

La combustion du gaz naturel et de la biomasse est susceptible de générer des oxydes d'azote (NO_x), du dioxyde de soufre (SO₂), des COV non méthaniques, des métaux et de la vapeur d'eau.

❖ Caractérisation des émissions des installations au gaz naturel

Les chaudières existantes sont réglementées par les arrêtés préfectoraux du 25/08/2003 et du 15/11/2013.

Compte tenu des modifications envisagées sur les installations gaz existantes, à savoir la modification des lignes de combustion, les installations modifiées seront soumises à l'arrêté ministériel du 03 août 2018 relatif aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110.

Les polluants réglementés à l'émission des installations fonctionnant au gaz sont :

- Oxydes d'azote (NO_x),
- Monoxyde de carbone (CO).

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

❖ Caractérisation des émissions de la chaufferie biomasse existante

L'arrêté préfectoral du 15/11/2013 prescrit à la chaudière biomasse existante des valeurs limites à l'émission pour les composés suivants :

- PM10, CO, NO_x, SO₂,
- Acide chlorhydrique (HCl) et acide fluorhydrique (HF),
- COV non méthaniques,

- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- Métaux,
- Dioxines et furanes.

Dans les bases de données toxicologiques, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) sont élaborées pour un composé donné, et non pour une famille de composés. Pour chaque famille de composés telles que les COV, les HAP ou encore les métaux, il s'agit donc de faire le choix d'un ou plusieurs composés traceurs.

- Détermination des polluants traceurs des COVnm

A défaut de mesures de spéciation au sein de cette famille, l'INERIS propose des valeurs de facteurs d'émission en COVnm pour la combustion de biomasse.

Les données bibliographiques utilisées sont issues du rapport DRC n°00/60-MAPA-SCO-25420 « Facteurs d'émission – Emissions de dioxines, de furanes et autres polluants liées à la combustion de bois naturels et adjuvés » de l'INERIS. Les COV ainsi identifiés et quantifiés dans les émissions sont les suivants : formaldéhyde, acétaldéhyde, benzène, phénol, chlorophénols.

Le tableau suivant synthétise les données toxicologiques et les VTR disponibles pour ces composés.

Remarque :

Les chlorophénols regroupent des composés plus ou moins toxiques. Les effets toxiques des chlorophénols étant directement proportionnels à leur degré d'oxydation, nous étudierons le cas le plus pénalisant, à savoir le pentachlorophénol.

- Détermination des polluants 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.

En l'absence de mesures de spéciation des HAP générés par la combustion de bois déchet, l'utilisation des FET permet donc de déterminer la toxicité d'un mélange de HAP par comparaison avec celle du benzo(a)pyrène. Par conséquent, seules les propriétés toxicologiques du benzo(a)pyrène sont présentées ci-après.

Les données toxicologiques et les VTR disponibles pour le benzo(a)pyrène sont également présentées dans le tableau suivant.

- Détermination des polluants traceurs des métaux

Les valeurs limites à l'émission des métaux sont exprimées en termes de groupes tels que As + Se + Te, Cd + Hg + Tl ou encore Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn.

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.

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 polluants traceurs des dioxines et furanes

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).

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

❖ **Caractérisation des émissions de la chaufferie 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, CO, NO_x, SO₂
- Acide chlorhydrique (HCl) et acide fluorhydrique (HF),
- Ammoniac (NH₃),
- COV non méthaniques,
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- Métaux,
- Dioxines et furanes.

Dans les bases de données toxicologiques, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) sont élaborées pour un composé donné, et non pour une famille de composés. Pour chaque famille de composés telles que les COVnm, les métaux, ou les PCDD/F, il s'agit donc de faire le choix d'un ou plusieurs composés traceurs.

- Détermination des polluants traceurs des COVnm

A défaut de mesures de spéciation au sein de cette famille, l'INERIS propose des valeurs de facteurs d'émission en COVnm pour la combustion de biomasse.

Les données bibliographiques utilisées sont issues du rapport DRC n°00/60-MAPA-SCO-25420 « Facteurs d'émission – Emissions de dioxines, de furanes et autres polluants liées à la combustion de bois naturels et adjuvés » de l'INERIS. Les COV ainsi identifiés et quantifiés dans les émissions sont les suivants : formaldéhyde, acétaldéhyde, benzène, phénol, chlorophénols.

Le tableau suivant synthétise les données toxicologiques et les VTR disponibles pour ces composés.

Remarque :

Les chlorophénols regroupent des composés plus ou moins toxiques. Les effets toxiques des chlorophénols étant directement proportionnels à leur degré d'oxydation, nous étudierons le cas le plus pénalisant, à savoir le pentachlorophénol.

- Détermination des polluants 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.

En l'absence de mesures de spéciation des HAP générés par la combustion de bois déchet, l'utilisation des FET permet donc de déterminer la toxicité d'un mélange de HAP par comparaison avec celle du benzo(a)pyrène. Par conséquent, seules les propriétés toxicologiques du benzo(a)pyrène sont présentées ci-après.

Les données toxicologiques et les VTR disponibles pour le benzo(a)pyrène sont également présentées dans le tableau suivant.

- Détermination des polluants traceurs des métaux

Les valeurs limites à l'émission des métaux sont exprimées en termes de groupes tels que As + Se + Te, Cd + Hg + Tl ou encore Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn.

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.

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 polluants traceurs des dioxines et furanes

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

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques toxicologiques et l'existence de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour les composés traceurs de la combustion du gaz naturel et de la biomasse.

Tableau n° 6 : Caractéristiques toxicologiques des composés émis par les installations de combustion

Composés	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire		Existence de VTR chronique orale		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
Poussières (PM10)	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non
CO	Toxique	Aucune donnée	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
NO _x (ég. NO ₂)	Très toxique	Aucune donnée	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
SO _x (ég. SO ₂)	Toxique	Groupe 3	Aucune donnée (valeur guide pour la qualité de l'air)	Non	Non	Non	Non mais évaluation qualitative
HCl	Toxique	Groupe 3	Oui (0,02 mg/m ³)	Non	Non	Non	Oui
HF	Très toxique	Aucune donnée	Oui (0,014 mg/m ³)	Non	Oui (4.10 ⁻² mg/kg/j)	Non	Oui
NH ₃	Nocif	Aucune donnée	Oui (0,5 mg/m ³)	Non	Non	Non	Oui
Benzène (traceur des COV)	Toxique	Groupe 1	Oui (1.10 ⁻² mg/m ³)	Oui (2,6.10 ⁻² (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

Composés	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire		Existence de VTR chronique orale		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
Formaldéhyde (traceur des COV)	Aucune donnée	Groupe 1	Oui (0,123 mg/m ³)	Oui (1,2.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (0,15 mg/kg/j)	Non	Oui
Acétyldéhyde (traceur des COV)	Nocif	Groupe 1	Oui (9.10 ⁻³ mg/m ³)	Oui (2,2.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui (2,2.10 ⁻³ mg/m ³)	Non	Oui
Phénol (traceur des COV)	Toxique	Groupe 3	Oui (0,2 mg/m ³)	Non	Oui (0,3 mg/kg/j)	Non	Oui
Pentachlorophénol (traceur des COV)	Très toxique	Aucune donnée	Non	Oui (5,1.10 ⁻⁶ µg/m ³) ⁻¹)	Oui (5.10 ⁻³ mg/kg/j)	Oui (0,4 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Benzo(a)pyrène (traceur des HAP)	Toxique	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
2,3,7,8-TCDD (traceur des PCDD/F)	Aucune donnée	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
Mercuré	Toxique	Groupe 3	Oui (2.10 ⁻⁴ mg/m ³)	Non	Oui (6.10 ⁻⁴ mg//kg/j)	Non	Oui
Cadmium	Toxique	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
Thallium	Très toxique	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non

Composés	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire		Existence de VTR chronique orale		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
Arsenic	Toxique	Groupe 1	Oui ($1,5 \cdot 10^{-5}$ mg/m ³)	Oui (0,15 (mg/m ³) ⁻¹)	Oui ($3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j)	Oui (1,5 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Sélénium	Toxique	Groupe 3	Oui ($2 \cdot 10^{-2}$ mg/m ³)	Non	Oui ($5 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j)	Non	Oui
Tellure	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non
Antimoine	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui ($3 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³)	Non	Oui ($6 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) ⁻¹)	Non	Oui
Plomb	Toxique	Groupe 2B	Oui ($9 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³)	Oui ($1,2 \cdot 10^{-2}$ (mg/m ³) ⁻¹)	Oui ($6,3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j)	Oui ($8,5 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Chrome total	Aucune donnée	Groupe 3	Non	Non	Oui (1,5 mg/kg/j)	Non	Non
Chrome (VI)	Aucune donnée	Groupe 1	Oui ($3 \cdot 10^{-5}$ mg/m ³)	Oui ($4 \cdot 10^{+1}$ (μg/m ³) ⁻¹)	Oui ($9 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j)	Oui (0,5 (mg/kg/j) ⁻¹)	Oui
Cobalt	Nocif	Groupe 2B	Oui ($1 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³)	Oui (7,7 (mg/m ³) ⁻¹)	Oui ($1,5 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j)	Non	Oui
Cuivre	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui ($1 \cdot 10^{-3}$ mg/m ³)	Non	Oui (0,14 mg/kg/j)	Non	Oui

Composés	Dangerosité		Existence de VTR chronique inhalatoire		Existence de VTR chronique orale		Introduction dans l'étude
	Effets systémiques	Effets cancérogènes (IARC)	Effets systémiques	Effets cancérogènes	Effets systémiques	Effets cancérogènes	
Etain	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Non	Non	Non
Manganèse	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (3.10^{-4} mg/m ³)	Non	Oui ($5,5.10^{-2}$ mg/kg/j)	Non	Oui
Nickel	Nocif	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	Aucune donnée	Aucune donnée	Oui (1.10^{-4} mg/m ³)	Non	Non	Non	Non
Zinc	Aucune donnée	Aucune donnée	Non	Non	Oui (0,3 mg/kg/j)	Non	Oui

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

Les substances retenues comme traceurs des risques sanitaires sont donc :

- les PM10, le CO, le SO2 et les NOx pour toutes les installations,
- NH3, HCl et HF pour les chaudières biomasse,
- le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le benzène, le phénol et le pentachlorophénol pour représenter les COVnm émis par la chaufferie biomasse,
- le benzo(a)pyrène comme polluant traceur des HAP, émis par la chaufferie biomasse,
- 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.

c) Détermination des flux à l'émission

D'une manière générale, afin de se placer dans une situation majorante, les quantités émises annuellement à l'atmosphère seront estimées sur la base :

- des valeurs limites à l'émission (VLE, en mg/Nm³) définies par les arrêtés préfectoraux en vigueur pour les installations existantes,
- des valeurs limites à l'émission (VLE, en mg/Nm³) définies 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.

Cette approche de quantification des émissions est jugée très pénalisante et peu réaliste des émissions futures attendues, les émissions réellement mesurées étant souvent bien inférieures aux VLE.

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° 7 : Détermination des flux maximums à l'émission des installations existantes et projetées

	Chaudière gaz SG1000			Chaudière gaz SG2000			Chaudière biomasse existante			Chaudière biomasse projetée		
	7 MW			13,5 MW			10 MW			8 MW		
Puissance (MW PCI)	7 MW			13,5 MW			10 MW			8 MW		
Hauteur de la cheminée (m)	25			25			23,65			20		
Diamètre (m)	0,72			0,85			0,95			0,95		
Vitesse d'éjection (m/s)	8			8			8			8		
Température des fumées (°C)	160			160			150			160		
Paramètres	VLE (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)	VLE (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)	VLE (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)	VLE (mg/Nm3)	Flux (kg/h)	Flux (t/an)
Poussières							20	0,60	5,04	20	0,46	3,86
CO	100	0,60	0,60	100	1,27	0,76	200	6,00	50,40	200	4,60	38,64
NO _x	100	0,60	0,60	100	1,27	0,76	400	12,00	100,80	300	6,90	57,96
SO ₂							200	6,00	50,40	200	4,60	38,64
HCl							30	0,90	7,56	30	0,69	5,80
HF							25	0,75	6,30	25	0,58	4,83
NH ₃							-	-	-	5	0,12	0,97
COV							50	1,50	12,60	50	1,15	9,66
HAP							0,1	0,0030	0,025	0,1	0,002	0,019
As + Se + Te							1	0,0300	0,252	1	0,0230	0,193
Cd + Hg + Tl							0,1	0,0030	0,025	0,1	0,0023	0,0193
Cadmium							0,05	0,0015	0,013	0,05	0,0012	0,0097
Mercure							0,05	0,0015	0,013	0,05	0,0012	0,0097
Thallium							0,05	0,0015	0,013	0,05	0,0012	0,0097
Plomb							1	0,0300	0,252	1	0,0230	0,193
Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni + V + Zn							20	0,6000	5,040	20	0,46	3,86
Dioxines et furanes							1,00E-07	3,00E-09	2,52E-08	1,00E-07	2,30E-09	1,93E-08
Débit unitaire (Nm3/h)	6000			12700			30000			23000		
Temps fct (h/an)	1000			600			8400			8400		

Toutefois, étant donné que certaines VLE sont établies pour des familles ou des groupes de composés, et en l'absence de mesures de spéciation permettant de déterminer la nature des composés rejetés, il a été fait le choix d'utiliser les facteurs d'émission définis pour différents combustibles.

Détermination des flux émis par les chaudières biomasse

COV

- L'utilisation des facteurs d'émission définis par l'INERIS (Rapport DRC n°00/60-MAPA-SCO-25420 « Facteurs d'émission – Emissions de dioxines, de furanes et autres polluants liées à la combustion de bois naturels et adjuvés », 2000) a permis de déterminer des proportions en COV traceurs,
- Ces proportions ont ensuite été appliquées à la VLE réglementaire des COVnm de 50 mg/Nm3 pour obtenir des concentrations individuelles pour chaque composé traceur,
- Les concentrations individuelles ont été converties en flux horaire par l'intermédiaire du débit de l'installation, puis en flux annuel par l'intermédiaire de la fréquence de fonctionnement de la chaufferie biomasse.

HAP

- L'utilisation des facteurs d'émission définis par l'AP42 de l'US-EPA a permis de déterminer des proportions en 16 HAP traceurs,
- Ces proportions ont ensuite été appliquées à la VLE réglementaire des HAP de 0,1 mg/Nm³ pour obtenir des concentrations individuelles pour chaque composé traceur,
- Les concentrations individuelles ont d'abord été converties en une concentration en HAP équivalent B(a)P par l'intermédiaire des Facteurs d'Equivalence Toxique établis par l'INERIS,
- Cette concentration en HAP équivalent B(a)P a ensuite été convertie en flux horaire par l'intermédiaire du débit de l'installation, puis en flux annuel par l'intermédiaire de la fréquence de fonctionnement de la chaufferie biomasse.

METAUX

Ces substances sont émises à des concentrations très faibles pour ce type d'installation. Selon le principe de précaution, ces émissions seront tout de même prises en compte.

Afin de les estimer de manière réaliste, les concentrations émises seront déterminées ainsi :

- L'utilisation des facteurs d'émission définis par l'AP42 de l'US-EPA pour la combustion de biomasse permet de déterminer des flux pour chaque métal retenu comme traceur.

Les flux calculés selon la formule suivante seront ainsi directement utilisés dans la suite de l'étude.

$$\text{Flux (kg/h)} = [\text{FE (lb/MMBtu)} * 4,3 \cdot 10^{-10} * 1 \cdot 10^{-6}] * \text{Puissance thermique (MJ)}$$

- Les flux horaires individuels en métaux peuvent ensuite être convertis en flux annuels par l'intermédiaire de la fréquence de fonctionnement de la chaufferie biomasse.

Le tableau suivant synthétise les flux annuels en COV, HAP et métaux calculés et retenus à l'émission des chaudières biomasse.

	Composé	Unité	Chaufferie biomasse	
			Biomasse 10 MW existante	Biomasse 8 MW projetée
COV	Benzène	t/an	0,75	0,15
	Acétaldéhyde	t/an	0,08	0,02
	Phénol	t/an	5,47	1,06
	Formaldéhyde	t/an	0,75	0,14
	Chlorophénol	t/an	0,2	0,04
HAP	Benzo(a)pyrène	t/an	5,6.10 ⁻⁴	4,3.10 ⁻⁴

	Composé	Unité	Chaufferie biomasse	
			Biomasse 10 MW existante	Biomasse 8 MW projetée
METAUX	Antimoine	t/an	1.10^{-3}	$8,2.10^{-4}$
	Arsenic	t/an	$2,9.10^{-3}$	$2,3.10^{-3}$
	Sélénium	t/an	$3,6.10^{-4}$	$2,9.10^{-4}$
	Chrome VI	t/an	$4,6.10^{-4}$	$3,6.10^{-4}$
	Cobalt	t/an	$8,5.10^{-4}$	$6,8.10^{-4}$
	Cuivre	t/an	$6,4.10^{-3}$	$5,1.10^{-3}$
	Manganèse	t/an	$2,1.10^{-1}$	$1,7.10^{-1}$
	Nickel	t/an	$4,3.10^{-3}$	$3,4.10^{-3}$
	Vanadium	t/an	$1,3.10^{-4}$	1.10^{-4}
	Zinc	t/an	$5,5.10^{-2}$	$4,4.10^{-2}$

6.2.5. Voies d'exposition et schéma conceptuel

a) Voies d'exposition à considérer

Les rejets du site à prendre en compte pour l'ERS sont exclusivement des **émissions atmosphériques**. Par conséquent, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation des substances émises à l'atmosphère.

Les risques seront définis au niveau du point de retombées maximales.

Par ailleurs, il convient également de considérer les retombées au sol des polluants traceurs et ainsi de prendre en compte l'exposition par ingestion, qui peut être :

- l'ingestion directe de poussières de sol soumis aux éventuelles retombées atmosphériques du site,
- l'ingestion de végétaux (fruits et légumes) soumis aux éventuelles retombées atmosphériques du site,

Les dépôts sur les sols sont significatifs pour les rejets particuliers. En revanche, les dépôts gazeux sont négligeables. En conséquence, seule la contamination des sols liée aux dépôts particuliers (HAP, dioxines et métaux) sera prise en compte.

Compte tenu de la présence de parcelles agricoles à l'Est du site, l'exposition des populations riveraines par ingestion de poussières de sol et de fruits et légumes soumis aux éventuelles retombées atmosphériques du site sera également étudiée.

Le bilan des voies d'exposition et des compartiments environnementaux concernés est fourni dans le schéma conceptuel des expositions présenté ci-après.

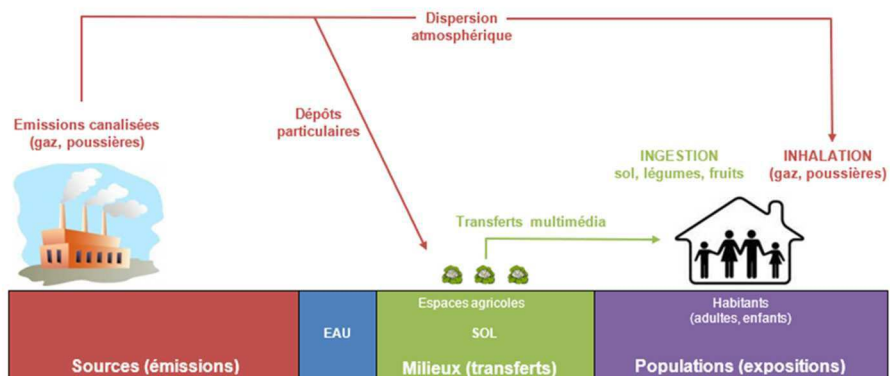
b) Schéma conceptuel

Véritable état des lieux du milieu, le schéma conceptuel doit, d'une manière générale, permettre de préciser les relations entre :

- les sources de pollution et les substances émises,
- les différents milieux et vecteurs de transfert et leurs caractéristiques,
- les enjeux à protéger : les populations riveraines, les usagers des milieux et de l'environnement, les milieux d'exposition, et les ressources naturelles à protéger.

Le but du schéma conceptuel est de représenter, sous forme graphique, de façon synthétique, tous les scénarii d'exposition directe ou indirecte, susceptibles d'intervenir. Le schéma conceptuel identifie donc les enjeux sanitaires et environnementaux qu'il conviendra de considérer dans la gestion du site.

Illustration n° 12 : Schéma conceptuel du site



6.3. Evaluation prospective des risques sanitaires

6.3.1. Identification des dangers et relation dose-réponse

Afin d'identifier les dangers sur la santé inhérents aux substances sélectionnées, il est nécessaire de rappeler les principales caractéristiques physico-chimiques de ces composés, ainsi que leurs impacts biologiques sur l'homme.

Ensuite, l'évaluation de la relation dose - réponse est une étape indispensable dans l'étude du risque sanitaire. Elle permet de préciser les valeurs toxicologiques de référence (VTR) et les Excès de Risque Unitaire (ERU) auxquelles nous comparerons les doses calculées.

D'une manière générale, les relations dose-réponse considérées sont celles relatives aux effets chroniques des polluants sélectionnés.

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 » précise que :

« La VTR utilisée doit être publiée dans l'une des 8 bases de données suivantes : ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS /IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA. Une façon rapide de vérifier l'existence d'une VTR est de consulter le site internet Furetox. »

a) Effets à seuil et sans seuil

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 à seuil de dose » et des « VTR sans seuil de dose ».

Les tableaux suivants reprennent, pour chaque composé étudié, les VTR disponibles dans ces différentes bases de données toxicologiques.

Les valeurs en gras sont les VTR retenues pour la caractérisation des risques.

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acide chlorhydrique (7647-01-0)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	Aucune donnée	
	ATSDR	-	-	ATSDR		
	US-EPA	2.10 ⁻² mg/m ³ (1995)	Hyperplasie des muqueuses nasales	US-EPA		
	OMS	-	-	OMS		
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada	Aucune donnée	
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acide chlorhydrique (7647-01-0)	Groupe 3 Inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR			ATSDR		
		US-EPA			US-EPA		
		OMS			OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
		Voie inhalatoire			Voie orale	
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acide fluorhydrique (7664-39-3)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
	ATSDR					
	US-EPA					
	OMS					
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	-	-	Santé Canada	Aucune donnée	
	RIVM	-	-	RIVM		
	OEHHA	1,4.10 ⁻² mg/m ³ (2003)	Os et dents, système respiratoire	OEHHA		
	EFSA	-	-	EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
		Voie inhalatoire			Voie orale		
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acide fluorhydrique (7664-39-3)	Non classé	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR					
		US-EPA					
		OMS					
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM					
		OEHHA					
		EFSA					

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Ammoniac (7664-41-7)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	VTR = 0,5 mg/m ³ (2018)	Diminution de la fonction pulmonaire, augmentation des symptômes respiratoires	ANSES		
	ATSDR	MRL = 0,07 mg/m ³ (2004)	Effets pulmonaires	ATSDR		
	US-EPA	RfC = 0,5 mg/m ³ (2016)	Diminution de la fonction pulmonaire, pneumonies avec lésions respiratoires	US-EPA		
	OMS	-	-	OMS		
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Ammoniac (7664-41-7)	Aucune donnée	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES			ANSES		
		ATSDR			ATSDR		
		US-EPA			US-EPA		
		OMS			OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Benzène (71-43-2)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	1.10 ⁻² mg/m ³ (2008)	Diminution du nombre de lymphocytes	ANSES	-	-
	ATSDR	9,7.10 ⁻³ mg/m ³ (2007)	Diminution du nombre de lymphocytes B	ATSDR	5.10 ⁻⁴ mg/kg/j (2007)	Diminution du nombre de lymphocytes B
	US-EPA	3.10 ⁻² mg/m ³ (2003)	Diminution du nombre de lymphocytes	US-EPA	4.10 ⁻³ mg/kg/j (2003)	Diminution du nombre de lymphocytes
	OMS	-	-	OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Benzène (71-43-2)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	2,6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹ (2013)	Leucémies aiguës	ANSES	-	-
		ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
		US-EPA	2,2.10 ⁻³ – 7,8.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹ (2000)	-	US-EPA	1,5.10 ⁻² – 5,5.10 ⁻² (mg/kg/j) ⁻¹ (2000)	-
		OMS	6.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹ (1999)	-	OMS	-	-
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Sources : Valeur toxicologique de référence cancérigène par inhalation pour le benzène, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Juillet 2014

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Formaldéhyde (50-00-0)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	0,123 mg/m ³ (2018)	Irritation oculaire et nasale Cancer du nasopharynx	ANSES	0,15 mg/kg/j (2008)	Irritation du tractus gastro-intestinal
	ATSDR	0,008 ppm = 1.10 ⁻² mg/m ³ (1999)	Lésions de l'épithélium nasal	ATSDR	0,2 mg/kg/j (1999)	Irritations de l'estomac
	US-EPA	-	-	US-EPA	0,2 mg/kg/j (1990)	Irritations de l'estomac
	OMS	-	-	OMS	DJT = 0,15 mg/kg/j (2006)	Irritations de l'estomac
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Formaldéhyde (50-00-0)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Effets cancérogènes à seuil de dose (cf. VTR à seuil)	Cancer du nasopharynx	ANSES		Aucune donnée
		ATSDR	-	-	ATSDR		
		US-EPA	1,3.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹ (1991)	Tumeurs nasales	US-EPA		
		OMS	-	-	OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		Aucune donnée
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Source : Élaboration de VTR par inhalation pour le formaldéhyde Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Février 2018

EFFETS A SEUIL						
		Voie inhalatoire			Voie orale	
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acétaldéhyde (75-07-0)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	0,16 mg/m ³ (VGAI, 2014)	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	ANSES	Aucune donnée	
	ATSDR	-	-	ATSDR		
	US-EPA	9.10 ⁻³ mg/m ³ (1991)	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	US-EPA		
	OMS	-	-	OMS		
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada	Aucune donnée	
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
		Voie inhalatoire			Voie orale		
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Acétaldéhyde (75-07-0)	Groupe 2B Cancérogène possible pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	-	-	ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR	-	-	ATSDR		
		US-EPA	2,2.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹ (1991)	Carcinomes des cellules nasales	US-EPA		
		OMS	-	-	OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Phénol (108-95-2)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	-	-
	ATSDR			ATSDR	-	-
	US-EPA			US-EPA	0,3 mg/kg/j (2002)	Diminution pondérale et ossification retardée chez le fœtus
	OMS			OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM	0,02 mg/m ³ (provisoire, 2001)	Effets sur le développement	RIVM		
	OEHHA	0,2 mg/m ³ (2003)	Effets hépatiques et nerveux	OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Phénol (108-95-2)	Groupe 3	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR			ATSDR		
		US-EPA			US-EPA		
		OMS			OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Pentachlorophénoïl (87-86-5)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	-	-
	ATSDR			ATSDR	1.10 ⁻³ mg/kg/j (2001)	Effets thyroïdiens
	US-EPA			US-EPA	5.10⁻³ mg/kg/j (2010)	Hépatotoxicité
	OMS			OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Pentachlorophénoïl (87-86-5)	Groupe 2B Cancérogène possible pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	-	-
		ATSDR			ATSDR	-	-
		US-EPA			US-EPA	0,4 (mg/kg/j)⁻¹ (2010)	Adénomes et carcinomes hépatocellulaires
		OMS			OMS	-	-
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	-	-	Santé Canada		
		RIVM	-	-	RIVM		
		OEHHA	5,1.10⁻³ (mg/m³)⁻¹ (2009)	Tumeurs du foie et des surrénales	OEHHA		
		EFSA	-	-	EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Benzo(a)pyrène (50-32-8)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	-	-
	ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
	US-EPA	RfC = 2.10 ⁻⁶ mg/m ³ (2017)	Diminution de la survie embryonnaire/fœtale	US-EPA	RfD = 3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (2017)	Changements neurocomportementaux
	OMS	-	-	OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Benzo(a)pyrène (50-32-8)	Groupe 1	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	-	-	ANSES	-	-
		ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
		US-EPA	6.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹ (2017)	Néoplasie de cellules squameuses dans le larynx, le pharynx, la trachée, la cavité nasale, l'œsophage et l'avant-estomac	US-EPA	1 (mg/kg/j) ⁻¹ (1994)	Tumeurs de l'estomac, de l'œsophage, de la langue et du larynx
		OMS	8,7.10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹ (2000)	Non précisé	OMS	-	-
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

EFFETS A SEUIL						
Voie inhalatoire				Voie orale		
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
2,3,7,8-TCDD (1746-01-6)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	7.10 ⁻¹⁰ mg/kg/j (US-EPA, 2012)	Effets sur la reproduction et le développement
	ATSDR			ATSDR	1.10 ⁻⁶ µg/kg/j (1998)	Effets sur la reproduction
	US-EPA			US-EPA	7.10 ⁻¹⁰ mg/kg/j (2012)	Diminution des spermatozoïdes
	OMS			OMS	1.10 ⁻⁶ à 4.10 ⁻⁶ µg/kg/j (2000)	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	-	-	Santé Canada		
	RIVM	-	-	RIVM		
	OEHHA	4.10 ⁻⁸ mg/m ³ (2003)	Effets hépatiques et pulmonaires	OEHHA		
	EFSA	-	-	EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Voie inhalatoire				Voie orale			
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
2,3,7,8-TCDD (1746-01-6)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Cf. VTR à seuil (cancérogène non génotoxique)	
		ATSDR			ATSDR		
		US-EPA			US-EPA		
		OMS			OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	-	-	Santé Canada		
		RIVM	-	-	RIVM		
		OEHHA	38 (µg/m ³) ⁻¹ (2002)	Cancers hépatiques	OEHHA		
		EFSA	-	-	EFSA		

Source : INERIS, Portail Substances chimiques - VTR construites ou sélectionnées par l'ANSES (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cadmium (7440-43-9)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	4,5.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2012) 3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2012)	Atteinte tubulaire Effets cancérogènes (tumeurs pulmonaires)	ANSES	3,5.10 ⁻⁴ mg/kg/j (2019)	2-microglobulinurie
	ATSDR	1.10 ⁻⁵ mg/m ³ (2012)	Créatinine	ATSDR	1.10 ⁻⁴ mg/kg/j (2012)	Augmentation de l'élimination des protéines à faible PM
	US-EPA	-	-	US-EPA	1.10 ⁻³ mg/kg/j (1994)	Atteinte rénale
	OMS	-	-	OMS	0,83 mg/kg/j (2010)	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cadmium (7440-43-9)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Effets cancérogènes à seuil de dose (cf. VTR à seuil)	Tumeurs pulmonaires	ANSES		Aucune donnée
		ATSDR	-	-	ATSDR		
		US-EPA	1,8 mg/m ³ (1992)	Cancers de l'appareil respiratoire	US-EPA		
		OMS	-	-	OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		Aucune donnée
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Source : Valeur toxicologique de référence pour le cadmium et ses composés, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Juillet 2012

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Mercure (7439-97-6)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	4.10 ⁻³ mg/kg/sem. (EFSA, 2012) = 6,6.10 ⁻⁴ mg/kg/j	Atteintes rénales
	ATSDR	2.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2001)	Effets neurologiques (trouble mémoire, autonomie)	ATSDR	-	-
	US-EPA	3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (1995)		US-EPA	-	-
	OMS	2.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2008)		OMS	2.10 ⁻³ mg/kg/j (2008)	Atteintes rénales
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA	3.10 ⁻⁵ mg/m ³ (2008)	Effets neurologiques	OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL						
Composé (n° CAS)	Classification de l'ARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale	
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Mercure (7439-97-6)	Groupe 3 Ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS	
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée
		ATSDR				
		US-EPA				
		OMS				
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA	
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée
		RIVM				
		OEHHA				
		EFSA				

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques
VTR construites ou sélectionnées par l'Anses (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Arsenic (7440-38-2)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	Absence de VTR	-
	ATSDR			ATSDR	3.10⁻⁴ mg/kg/j (2007)	Cedème de la face, symptômes gastro-intestinaux
	US-EPA			US-EPA	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (1993)	Hyperpigmentation, kératose
	OMS			OMS	2,14.10 ⁻³ mg/kg/j (1998)	Non précisé
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	-	-	Santé Canada		
	RIVM	1.10 ⁻³ mg/m ³ (2000)	Tumeurs poumons	RIVM		
	OEHHA	1,5.10⁻⁵ mg/m³ (2008)	Diminution capacités intellectuelles et effets sur le comportement	OEHHA		
	EFSA	-	-	EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'ARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Arsenic (7440-38-2)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	0,15 (mg/m³)⁻¹ (TCEQ, 2012)	-	ANSES	-	-
		ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
		US-EPA	4,3 (mg/m ³) ⁻¹ (1998)	Cancers pulmonaires	US-EPA	1,5 (mg/kg/j)⁻¹ (1998)	Cancer cutané
		OMS	1,5 (mg/m ³) ⁻¹ (1998)	-	OMS	-	-
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada		
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Source : INERIS, Portail Substances chimiques - VTR construites ou sélectionnées par l'ANSES (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Sélénium 7782-49-2	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	-	-
	ATSDR			ATSDR	5.10 ⁻³ mg/kg/j (2003)	Sélénose clinique (chute des ongles)
	US-EPA			US-EPA	5.10 ⁻³ mg/kg/j (1991)	Sélénose clinique
	OMS			OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	-	-	Santé Canada		
	RIVM	-	-	RIVM		
	OEHHA	2.10 ⁻² mg/m ³ (2001)	Sélénose clinique Effets sur le système nerveux et cardiovasc.	OEHHA		
	EFSA	-	-	EFSA		

EFFETS SANS SEUIL								
Composé (n° CAS)	Classification de l'ARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale			
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique	
Sélénium 7782-49-2	Groupe 3	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			
		ANSES	Aucune donnée		ANSES		Aucune donnée	
		ATSDR			ATSDR			
		US-EPA			US-EPA			
		OMS			OMS			
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada		Aucune donnée	
		RIVM			RIVM			
		OEHHA			OEHHA			
		EFSA			EFSA			

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Voie inhalatoire				Voie orale		
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Plomb (7439-92-1)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	9.10 ⁻⁴ mg/m ³ (ANSES, 2013)	Saturnisme	ANSES	6,3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ANSES, 2013)	Saturnisme
	ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
	US-EPA	-	-	US-EPA	-	-
	OMS	-	-	OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada	-	-
	RIVM			RIVM	3,6.10 ⁻³ mg/kg/j (2001)	Plombémie
	OEHHA			OEHHA	-	-
	EFSA			EFSA	3,6.10 ⁻³ mg/kg/j (2001)	Plombémie

EFFETS SANS SEUIL							
Voie inhalatoire				Voie orale			
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Plomb (7439-92-1)	Groupe 2B	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR					
		US-EPA					
		OMS					
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	-	-	Santé Canada	-	-
		RIVM	-	-	RIVM	-	-
		OEHHA	1,2.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹ (2002)	Tumeurs rénales	OEHHA	8,5.10 ⁻³ (mg/kg/j) ⁻¹ (2002)	Tumeurs rénales
		EFSA	-	-	EFSA	-	-

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Chrome (VI) (7440-47-3)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	1.10 ⁻³ mg/kg/j (ANSES, IPCS, 2013)	-
	ATSDR	3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (VTR subchronique, Cr(VI) particulaire, 2012)	Irritation nasale et effets sur fonction pulmonaire	ATSDR	9.10 ⁻⁴ mg/kg/j (2012)	Estomac (hyperplasie du duodénum)
	US-EPA	-	-	US-EPA	3.10 ⁻³ mg/kg/j (1998)	Non précisé
	OMS	TCA = 3.10 ⁻⁵ mg/m ³ (2013, Cr(VI) part.)	Modification de la lactate déshydrogénase	OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Chrome (VI) (7440-47-3)	Groupe 1 Cancérogène pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	4.10 ⁺¹ (mg/m ³) ⁻¹ (IPCS, 2013)	Cancer pulmonaire	ANSES	0,5 (mg/kg/j) ⁻¹ (OEHHA, 2011)	Adénomes et carcinomes de l'intestin grêle
		ATSDR	-	-	ATSDR	-	-
		US-EPA	1,2.10 ⁺¹ (mg/m ³) ⁻¹ (1998)	Cancers pulmonaires	US-EPA	-	-
		OMS	4.10 ⁺¹ (mg/m ³) ⁻¹ (2000)	Cancers pulmonaires En cours de réévaluation	OMS	-	-
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada			Santé Canada	-	-
		RIVM			RIVM	-	-
		OEHHA			OEHHA	0,42 (mg/kg/j) ⁻¹ (2005)	Tumeurs de l'estomac
		EFSA			EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques
VTR construites ou sélectionnées par l'Anses (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cobalt (7440-48-4)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	1,5.10 ⁻³ mg/kg/j (AFSSA, 2010)	-
	ATSDR	1.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2004)	Diminution fonctions respiratoires	ATSDR	-	-
	US-EPA	-	-	US-EPA	-	-
	OMS	-	-	OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada	-	-
	RIVM			RIVM	1,4.10 ⁻³ mg/kg/j (2001)	Muscle cardiaque
	OEHHA			OEHHA	-	-
	EFSA			EFSA	-	-

EFFETS SANS SEUIL						
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale	
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cobalt (7440-48-4)	Groupe 2B Cancérogène possible pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS	
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée
		ATSDR				
		US-EPA				
		OMS				
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA	
		Santé Canada	-	-	Santé Canada	Aucune donnée
		RIVM	-	-	RIVM	
		OEHHA	0,0077 (µg/m ³) ⁻¹ (2020)	Tumeurs pulmonaires	OEHHA	
		EFSA	-	-	EFSA	

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cuivre 7440-50-8	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
	ATSDR					
	US-EPA					
	OMS					
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	-	-	Santé Canada	-	-
	RIVM	1 µg/m ³ (2001)	Effets respiratoires et immunologiques	RIVM	140 µg/kg/j (2001)	Effets respiratoires et immunologiques
	OEHHA	-	-	OEHHA	-	-
	EFSA	-	-	EFSA	-	-

EFFETS SANS SEUIL							
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale		
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Cuivre 7440-50-8	Aucune donnée	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR					
		US-EPA					
		OMS					
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM					
		OEHHA					
		EFSA					

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL							
		Voie inhalatoire			Voie orale		
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique	
Antimoine (7440-36-0)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			
	ANSES	-	-	ANSES	6.10 ⁻³ mg/kg/j (OMS, 2006)	-	
	ATSDR	MRL = 3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2019)	Inflammation pulmonaire	ATSDR	-	-	
	US-EPA	-	-	US-EPA	4.10 ⁻⁴ mg/kg/j (1991)	Altération de la consommation alimentaire Diminution de la croissance pondérale	
	OMS	-	-	OMS	6.10 ⁻³ mg/kg/j (2006)		
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			
	Santé Canada			Santé Canada			
	RIVM			RIVM			
	OEHHA			OEHHA			
	EFSA			EFSA			

EFFETS SANS SEUIL							
		Voie inhalatoire			Voie orale		
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Antimoine (7440-36-0)	Non classé	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR					
		US-EPA					
		OMS					
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM					
		OEHHA					
		EFSA					

EFFETS A SEUIL						
		Voie inhalatoire			Voie orale	
Composé (n° CAS)	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Manganèse (7439-96-5)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (ATSDR, 2012)	Fonction neuro-comportementale	ANSES	5,5.10 ⁻² mg/kg/j (ANSES, INSPQ, 2017)	-
	ATSDR	3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2012)	Fonction neuro-comportementale	ATSDR	-	-
	US-EPA	5.10 ⁻⁵ mg/m ³ (1993)	Fonction neuro-comportementale	US-EPA	0,14 mg/kg/j (1996) En cours de révision	Système nerveux central
	OMS	1,5.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2000)	Effets neurologiques	OMS	DJA = 0,06 mg/kg/j (2006) En cours de réévaluation	Non précisé
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL							
		Voie inhalatoire			Voie orale		
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Manganèse (7439-96-5)	Non classé	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée	
		ATSDR			ATSDR		
		US-EPA			US-EPA		
		OMS			OMS		
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée	
		RIVM			RIVM		
		OEHHA			OEHHA		
		EFSA			EFSA		

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques - VTR construites ou sélectionnées par l'Anses (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Nickel (7440-02-0)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	2,3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (TCEQ, 2011)	-	ANSES	2,8.10 ⁻³ mg/kg/j (EFSA, 2015)	Effets reprotoxiques
	ATSDR	9.10 ⁻⁵ mg/m ³ (2005)	Lésions pulmonaires	ATSDR	-	-
	US-EPA	-	-	US-EPA	2.10 ⁻² mg/kg/j (1996)	Diminution poids du corps Augmentation poids des organes
	OMS	-	-	OMS	5.10 ⁻³ mg/kg/j (2004)	
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL						
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale	
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Nickel (7440-02-0)	Groupe 2B Cancérogène possible pour l'Homme	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS	
		ANSES	1,7.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹ (TCEQ, 2011)	-	ANSES	Aucune donnée
		ATSDR	-	-	ATSDR	
		US-EPA	2,4.10 ⁻¹ (mg/m ³) ⁻¹ (1991)	Cancers pulmonaires	US-EPA	
		OMS	-	-	OMS	
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA	
		Santé Canada			Santé Canada	Aucune donnée
		RIVM			RIVM	
		OEHHA			OEHHA	
		EFSA			EFSA	

Sources : INERIS, Portail Substances chimiques
VTR construites ou sélectionnées par l'Anses (septembre 2018)

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Vanadium (7440-62-2)	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	-	-	ANSES	Aucune donnée	
	ATSDR	1.10 ⁻⁴ mg/m ³ (2012)	Système respiratoire	ATSDR		
	US-EPA	-	-	US-EPA		
	OMS	-	-	OMS		
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada			Santé Canada	Aucune donnée	
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL						
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale	
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Vanadium (7440-62-2)	Non classé	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS	
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée
		ATSDR			ATSDR	
		US-EPA			US-EPA	
		OMS			OMS	
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA	
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée
		RIVM			RIVM	
		OEHHA			OEHHA	
		EFSA			EFSA	

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

EFFETS A SEUIL						
Composé (n° CAS)	Voie inhalatoire			Voie orale		
	Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique
Zinc 7440-66-6	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS		
	ANSES	Aucune donnée		ANSES	-	-
	ATSDR			ATSDR	0,3 mg/kg/j (2005)	Effets sanguins
	US-EPA			US-EPA	0,3 mg/kg/j (1992)	Effets sanguins
	OMS			OMS	-	-
	VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA		
	Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada		
	RIVM			RIVM		
	OEHHA			OEHHA		
	EFSA			EFSA		

EFFETS SANS SEUIL								
Composé (n° CAS)	Classification de l'IARC/CIRC	Voie inhalatoire			Voie orale			
		Organisme	VTR (année)	Effet critique	Organisme	VTR (année)	Effet critique	
Zinc 7440-66-6	Aucune donnée	VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			VTR selon ANSES, ATSDR, US-EPA, OMS			
		ANSES	Aucune donnée		ANSES	Aucune donnée		
		ATSDR			ATSDR			
		US-EPA			US-EPA			
		OMS			OMS			
		VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			VTR selon Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA			
		Santé Canada	Aucune donnée		Santé Canada	Aucune donnée		
		RIVM			RIVM			
		OEHHA			OEHHA			
		EFSA			EFSA			

Source : INERIS, Portail Substances chimiques

b) Synthèse

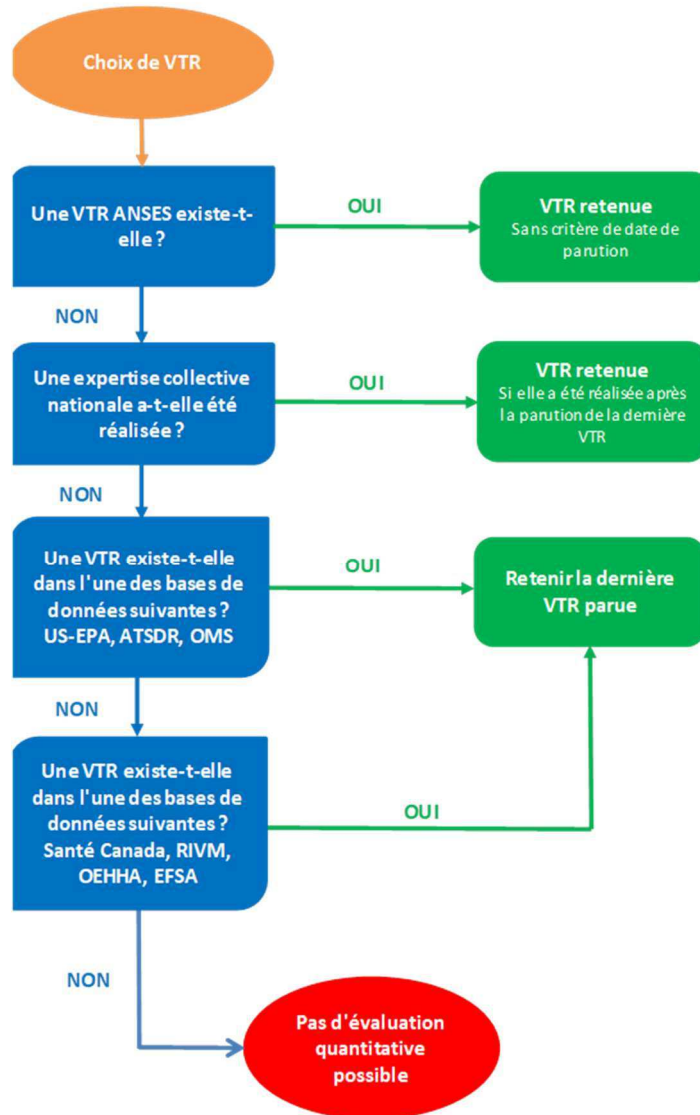
Pour tous les polluants retenus comme traceurs et étudiés précédemment, il s'agit de faire le choix d'une valeur toxicologique de référence qui sera utilisée pour la caractérisation du risque.

Les critères de choix des VTR répondent aux modalités de 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 ».

Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données pour un même composé, une même voie et une même durée d'exposition, il a été fait le choix :

- de sélectionner en premier lieu les VTR construites ou sélectionnées par l'ANSES ;
À ce jour, une soixantaine de VTR ont été construites par l'ANSES pour presque 40 substances chimiques.
L'ANSES a par ailleurs élaboré une base de données regroupant environ 500 VTR que l'Agence a choisi d'utiliser pour ses propres travaux d'expertise. La mise à disposition de cette base de données permet d'améliorer l'accès aux VTR à l'ensemble des utilisateurs, notamment différents partenaires publics et privés (bureaux d'études, Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement, Agences régionales de santé, Ineris, etc.).
- **en l'absence de VTR construites ou sélectionnées par l'ANSES**, conformément aux critères de choix des VTR de la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, la **VTR la plus récente parmi les trois bases de données prioritaires** : US-EPA, ATSDR ou OMS sera retenue ;
- enfin, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées, on utilisera la VTR la plus récente proposée par l'une des autres bases de données (Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou EFSA).

Illustration n° 13 : Modalités de choix des VTR selon la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014



Le tableau suivant reprend, pour chaque composé étudié, les VTR retenues pour la caractérisation des risques sanitaires.

Tableau n° 8 : Synthèse et sélection des VTR

Composé	EFFETS A SEUIL		EFFETS SANS SEUIL	
	Voie inhalatoire	Voie orale	Voie inhalatoire	Voie orale
HCl	2.10 ⁻² mg/m ³ (US-EPA, 1995)	/	/	/
HF	1,4.10 ⁻² mg/m ³ (OEHHA, 2003)	4.10 ⁻² mg/kg/j (OEHHA, 2003)	/	/
NH ₃	0,5 mg/m ³ (ANSES, 2018)	/	/	/
Benzène	1.10 ⁻² mg/m ³ (ANSES, 2008)	5.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ATSDR, 2007)	2,6.10 ⁻² (mg/m ³) ⁻¹ (ANSES, 2014)	1,5.10 ⁻² à 5,5.10 ⁻² (mg/kg/j) ⁻¹ (US-EPA, 2000)
Formaldéhyde	0,123 mg/m ³ (ANSES, 2018)	0,15 mg/kg/j (OMS, 2006)	Effets cancérrogènes à seuil de dose	/
Acétaldéhyde	0,16 mg/m ³ (ANSES, 2014)	2,2.10 ⁻³ mg/kg/j (US EPA, 1991)	2,2.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹ (US-EPA, 1991)	/
Phénol	0,2 mg/m ³ (OEHHA, 2003)	0,3 mg/kg/j (US-EPA, 2002)	/	/
Pentachlorophénol	/	5.10 ⁻³ mg/kg/j (US EPA, 2010)	5,1.10 ⁻³ (mg/m ³) ⁻¹ (OEHHA, 2009)	0,4 (mg/kg/j) ⁻¹ (US-EPA, 2010)
Benzo(a)pyrène	2.10 ⁻⁶ mg/m ³ (US-EPA, 2017)	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (US EPA, 2017)	0,6 (mg/m ³) ⁻¹ (US EPA, 2017)	1 (mg/kg/j) ⁻¹ (US-EPA, 1994)
2,3,8-TCDD	4.10 ⁻⁸ mg/m ³ (OEHHA, 2003)	7.10 ⁻¹⁰ mg/kg/j (ANSES, US-EPA, 2012)	38 (µg/m ³) ⁻¹ (OEHHA, 2002)	Effets cancérrogènes à seuil de dose
Mercure	2.10 ⁻⁴ mg/m ³ (OMS, 2008)	6,6.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ANSES, EFSA, 2012)	/	/
Cadmium	Effets systémiques : 4,5.10 ⁻⁴ mg/m ³ (ANSES, 2012) Effets cancérrogènes : 3.10 ⁻⁴ mg/m ³ (ANSES, 2012)	3,5.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ANSES, 2019)	Effets cancérrogènes à seuil de dose	/

Composé	EFFETS A SEUIL		EFFETS SANS SEUIL	
	Voie inhalatoire	Voie orale	Voie inhalatoire	Voie orale
Arsenic	$1,5 \cdot 10^{-5}$ mg/m ³ (OEHHA, 2008)	$3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j (ATSDR, 2007)	$0,15$ (mg/m ³) ⁻¹ (ANSES, TCEQ, 2012)	$1,5$ (mg/kg/j) ⁻¹ (US-EPA, 2009)
Sélénium	$2 \cdot 10^{-2}$ mg/m ³ (OEHHA, 2001)	$5 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j (ATSDR, 2003)	/	/
Plomb	$9 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ANSES, 2013)	$6,3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j (ANSES, 2013)	$1,2 \cdot 10^{-2}$ (mg/m ³) ⁻¹ (OEHHA, 2011)	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) ⁻¹ (OEHHA, 2011)
Antimoine	$3 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ATSDR, 2019)	$6 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j (ANSES, OMS, 2006)	/	/
Chrome (VI)	$3 \cdot 10^{-5}$ mg/m ³ (OMS, 2013)	$9 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j (ATSDR, 2012)	$4 \cdot 10^{+1}$ (mg/m ³) ⁻¹ (ANSES, IPCS, 2013)	$0,5$ (mg/kg/j) ⁻¹ (ANSES, OEHHA, 2011)
Cobalt	$1 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ATSDR, 2004)	$1,5 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/jour (ANSES, AFSSA, 2010)	$7,7$ (mg/m ³) ⁻¹ (OEHHA, 2020)	/
Cuivre	$1 \cdot 10^{-3}$ mg/m ³ (RIVM, 2001)	$0,14$ mg/kg/j (RIVM, 2001)	/	/
Manganèse	$3 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ANSES, ATSDR, 2012)	$5,5 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j (ANSES, INSPQ, 2017)	/	/
Nickel	$2,3 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ANSES, TCEQ, 2011)	$2,8 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j (ANSES, EFSA, 2015)	$1,7 \cdot 10^{-1}$ (mg/m ³) ⁻¹ (ANSES, TCEQ, 2011)	/
Vanadium	$1 \cdot 10^{-4}$ mg/m ³ (ATSDR, 2012)	/	/	/
Zinc	/	$0,3$ mg/kg/j (ATSDR, 2005)	/	/

6.3.2. Evaluation de l'exposition par inhalation

a) Evaluation des concentrations à l'immission

Dans un premier temps, nous allons modéliser la dispersion des rejets pour estimer les concentrations à l'immission à partir des concentrations à l'émission. Le logiciel de modélisation utilisé est le code Aria Impact (v. 1.8.) développé par ARIA TECHNOLOGIES.

Le modèle de dispersion Aria Impact est de type gaussien statistique cartésien. Il permet de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques, en simulant plusieurs années de fonctionnement d'une installation et en utilisant les caractéristiques réelles du site (topographie, météorologie).

Pour le calcul des retombées au sol de polluants, Aria Impact permet de prendre en compte 2 types de polluants :

- les effluents gazeux passifs,
- les poussières sensibles aux effets de la gravité.

De plus, pour les vents faibles (< 1 m/s), un modèle à bouffées gaussiennes permet de calculer les concentrations au sol.

Les hypothèses de calcul du logiciel sont les suivantes :

- turbulence homogène dans les basses couches,
- mesure du site représentative de l'ensemble du domaine de calcul,
- densité des polluants voisine de celle de l'air,
- composante verticale du vent négligeable devant la composante horizontale,
- régime permanent instantanément atteint.

Ces hypothèses sont généralement majorantes et permettent une visualisation rapide des ordres de grandeur de la pollution sur des domaines de 1 à 30 km.

Grâce à l'application d'une formule de surhauteur, Aria Impact permet également de prendre en compte l'influence du relief, de façon simplifiée.

Cependant, le logiciel présente certaines limites :

- hypothèses de calcul assez restrictives,
- météorologie homogène dans le domaine d'étude,
- pas de prise en compte des bâtiments,

- méthodologie pour la prise en compte du relief limitée pour les sites de topographie complexe,
- pas de prise en compte de la réactivité chimique,
- résultats disponibles uniquement au niveau du sol.

Le logiciel Aria Impact est un outil de modélisation de pollution atmosphérique reconnu au niveau des instances nationales. Il est cité dans l'annexe 2 du guide méthodologique de l'INERIS. Il est conforme aux recommandations préconisées par l'US-EPA et permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française et européenne sur la qualité de l'air et de fournir les éléments indispensables à l'évaluation des risques sanitaires (moyennes annuelles, centiles). Ce logiciel a également été utilisé par ARIA TECHNOLOGIES pour mener des études d'expertise à la demande d'industriels. Des études de dispersion réalisées par ARIA TECHNOLOGIES avec le Logiciel Aria Impact ont d'ailleurs été expertisées par l'INERIS et ont toujours reçu un avis favorable.

Le modèle de dispersion implanté dans Aria Impact donne des résultats cohérents avec les observations des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Néanmoins, la qualité des résultats est fortement dépendante des données d'entrée, en particulier la météorologie, les émissions et la complexité du site.

Ce modèle a tendance à majorer les résultats de concentrations. Généralement, l'usage de ce code permet de contrôler a priori l'impact maximal des rejets tels qu'ils sont proposés dans les arrêtés réglementaires.

Les données d'entrée nécessaires à la modélisation sont présentées ci-après.

- Les données météorologiques

La rose des vents normale (moyennée sur 30 ans de données horaires) de la station Météo France de Nancy-Essey pour la période 2001-2020 a été intégrée.

- Les caractéristiques des émissions
 - Caractéristiques des sources

	Chaudière gaz SG1000 existante	Chaudière gaz SG2000 existante	Chaudière biomasse 10 MW existante	Nouvelle chaudière biomasse 8 MW
Hauteur (m)	25	25	23,6	20
Diamètre (m)	0,72	0,85	0,95	0,95
Vitesse minimale d'éjection (m/s)	8	8	8	8
Température de rejet (°C)	160	160	150	160

○ Caractéristiques des composés

Composé	Phase	Masse volumique (kg/m ³)	Vitesse de dépôt (m/s)	Diamètre (µm)
Poussières (PM10)	particulaire	5 000	1,3.10 ⁻²	10
CO	gaz	1,17	-	-
NO ₂	gaz	1,91	-	-
SO ₂	gaz	2,66	6.10 ⁻³	-
HCl	gaz	1,52	-	-
HF	gaz	0,83	-	-
NH ₃	gaz	0,71	-	-
Benzène	gaz	3,25	-	-
Formaldéhyde	gaz	1,25	-	-
Acétaldéhyde	gaz	1,83	-	-
Phénol	gaz	3,91	-	-
Pentachlorophénol	gaz	11,1	-	-
Benzo(a)pyrène	particulaire	10,5	5.10 ⁻⁴	1,3
Dioxines (2,3,8-TCDD)	particulaire	1 830	5.10 ⁻⁴	1,3
Mercuré	gaz	7 000	5.10 ⁻⁴	5
Cadmium	particulaire	8 600	4,5.10 ⁻³	5
Antimoine	particulaire	6 700	4,1.10 ⁻³	5
Arsenic	particulaire	5 700	2,2.10 ⁻³	5
Sélénium	particulaire	4 800	4,1.10 ⁻³	5
Plomb	particulaire	11 350	3.10 ⁻³	5
Chrome	particulaire	7 100	5.10 ⁻³	5
Cobalt	particulaire	8 900	4,1.10 ⁻³	5
Cuivre	particulaire	8 900	4,1.10 ⁻³	5
Manganèse	particulaire	7 300	5,6.10 ⁻³	5
Nickel	particulaire	8 900	4,5.10 ⁻³	5
Vanadium	particulaire	6 110	4,1.10 ⁻³	5
Zinc	particulaire	7 100	4,1.10 ⁻³	5

NB : Les masses volumiques calculées correspondent à la masse molaire du composé divisée par le volume molaire à 20°C :

Volume molaire à 0°C (273 K) = 22,4 L

Volume molaire à 20°C = 24,04 L/mole

$$\text{Masse volumique} = \frac{\text{Masse molaire}}{24,04}$$

○ Caractéristiques des flux

Les flux annuels pris en compte dans l'étude ont été présentés au paragraphe 2.6.4.c).

Le logiciel Aria Impact réalise un maillage de la zone d'étude de 80 mailles de 50 m. A chaque maille ainsi déterminée correspond alors une valeur totale d'immission pour chaque polluant émis par différentes sources. Le logiciel nous fournit également la concentration maximale à l'immission pour chaque polluant et la maille correspondante.

Ainsi, les concentrations maximales à l'immission obtenues pour chaque modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau n° 9 : Concentrations maximales à l'immission (en moyennes annuelles)

Composé	Concentration maximale à l'immission (mg/m ³ en moyenne annuelle)
PM10	1,48.10 ⁻³
CO	1,03.10 ⁻²
NO ₂	1,8.10 ⁻²
SO ₂	1,01.10 ⁻²
HCl	1,53.10 ⁻³
HF	1,27.10 ⁻³
NH ₃	1,26.10 ⁻⁴
Benzène	9,62.10 ⁻⁵
Formaldéhyde	9,61.10 ⁻⁵
Acétaldéhyde	1,02.10 ⁻⁵
Phénol	7,01.10 ⁻⁴
Chlorophénol	2,55.10 ⁻⁵
Benzo(a)pyrène	1,13.10 ⁻⁷
Dioxines (2,3,8-TCDD)	5,02.10 ⁻¹²
Mercure	2,59.10 ⁻⁶
Cadmium	3,09.10 ⁻⁶
Antimoine	2,4.10 ⁻⁷
Arsenic	6,72.10 ⁻⁷
Sélénium	8,2.10 ⁻⁸
Plomb	6,43.10 ⁻⁵
Chrome (VI)	1,08.10 ⁻⁷
Cobalt	2,11.10 ⁻⁷
Cuivre	1,58.10 ⁻⁶
Manganèse	5,04.10 ⁻⁵

Composé	Concentration maximale à l'immission (mg/m ³ en moyenne annuelle)
Nickel	1,06.10 ⁻⁶
Vanadium	2,98.10 ⁻⁸
Zinc	1,31.10 ⁻⁵

Les concentrations maximales à l'immission sont retrouvées à environ 300 m au Nord des limites de propriété du site.
 Pour illustrer la zone de retombées maximales, les panaches de dispersion atmosphérique du NO₂ et du benzène sont présentés ci-après.

Illustration n° 14 : Modélisation de la dispersion atmosphérique du NO₂



**CONCENTRATION EN DIOXYDE D'AZOTE
 (exprimée en µg/m³)**

CMax : 18 µg/m³

- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 17,8
- 17,8 - 18

● point d'émission

SOURCES : ARIA IMPACT ; BD ORTHO, IGN.

JANVIER 2024

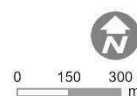
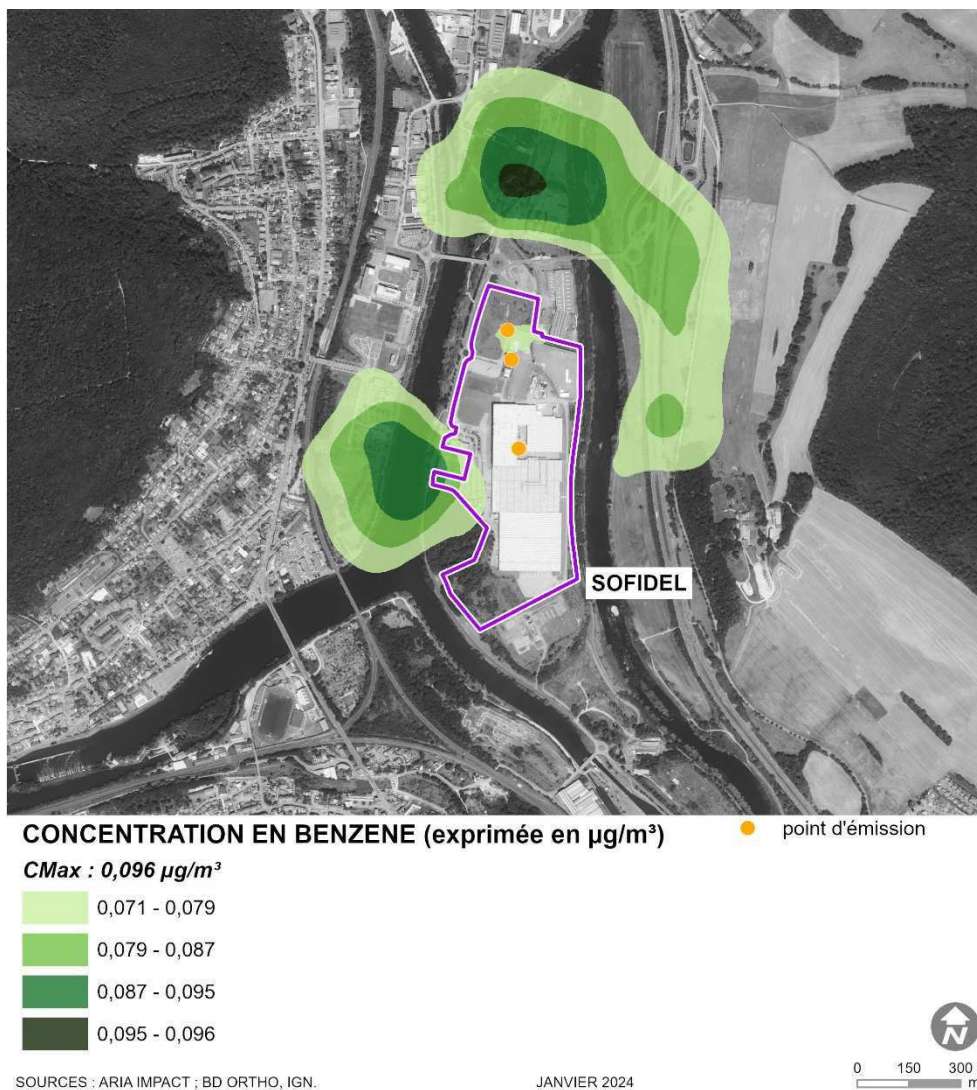


Illustration n° 15 : Modélisation de la dispersion atmosphérique du benzène



b) Evaluation de l'exposition par inhalation

La concentration moyenne inhalée par jour, CI , qui est une concentration administrée, est obtenue par le calcul suivant :

$$CI = \left(\sum_i (C_i \times t_i) \right) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

CI : Concentration moyenne inhalée (mg/m^3 ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

C_i : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m^3),

t_i : Fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,

T : Durée d'exposition (en années),

F : Fréquence ou taux d'exposition exprimé comme le nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans dimension),

T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années).

Cette formule n'intégrant pas de facteur particulier selon le type de personnes considérées, nous n'envisagerons pas le cas spécifique des populations sensibles situées autour du site, mais uniquement le **cas le plus défavorable**. Il s'agit d'un cas purement hypothétique : **une personne présente en permanence, toute sa vie durant, à l'endroit où s'observent les concentrations maximales à l'immission**. En conséquence, la concentration inhalée sera équivalente à la concentration à l'immission.

Toutefois, considérant un scénario « raisonnablement » majorant, et conformément aux préconisations du guide de l'INERIS pour la réalisation de l'évaluation des risques sanitaires (INERIS, 2003), la durée d'exposition pour les effets sans seuil sera assimilée à la durée de résidence moyenne d'un ménage dans un même logement, à savoir 30 ans (Nedellec et al, 1998).

- Pour les effets systémiques se déclenchant à partir d'une valeur seuil, le temps d'exposition sera égal à la durée de vie entière, soit $T = 70$ ans.
- Pour les effets cancérogènes se déclenchant même pour une faible exposition, le temps d'exposition sera assimilé au temps de résidence moyen d'un ménage dans un même logement, soit $T = 30$ ans.

Le ratio $\frac{T}{T_m}$ (ratio 30/70) n'apparaîtra donc dans les calculs que pour les effets sans seuil.

Tableau n° 10 : Concentrations inhalées (en moyennes annuelles)

Paramètre	C _{max} à l'immission (mg/m ³)	t _i	T (année)	F (j/an)	T _m (jours)	C _{inh} à seuil (mg/m ³)	C _{inh} sans seuil (mg/m ³)
PM10	1,48.10 ⁻³	24h/24 ti = 1	365 j/365 F = 1	T = 30 ans (effets sans seuil) T = 70 ans (effets à seuil)	Durée de vie de l'individu	1,48.10 ⁻³	6,3.10 ⁻⁴
CO	1,03.10 ⁻²					1,03.10 ⁻²	4,4.10 ⁻³
NO ₂	1,8.10 ⁻²					1,8.10 ⁻²	7,7.10 ⁻³
SO ₂	1,01.10 ⁻²					1,01.10 ⁻²	4,3.10 ⁻³
HCl	1,53.10 ⁻³					1,53.10 ⁻³	6,6.10 ⁻⁴
HF	1,27.10 ⁻³					1,27.10 ⁻³	5,4.10 ⁻⁴
NH ₃	1,26.10 ⁻⁴					1,26.10 ⁻⁴	5,4.10 ⁻⁵
Benzène	9,62.10 ⁻⁵					9,62.10 ⁻⁵	4,1.10 ⁻⁵
Formaldéhyde	9,61.10 ⁻⁵					9,61.10 ⁻⁵	4,1.10 ⁻⁵
Acétaldéhyde	1,02.10 ⁻⁵					1,02.10 ⁻⁵	4,4.10 ⁻⁶
Phénol	7,01.10 ⁻⁴					7,01.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴
Chlorophénol	2,55.10 ⁻⁵					2,55.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁵
Benzo(a)pyrène	1,13.10 ⁻⁷					1,13.10 ⁻⁷	4,8.10 ⁻⁸
2,3,7,8-TCDD	5,02.10 ⁻¹²				5,02.10 ⁻¹²	2,2.10 ⁻¹²	
Mercure	2,59.10 ⁻⁶				T _m = 70 ans	2,59.10 ⁻⁶	1,1.10 ⁻⁶
Cadmium	3,09.10 ⁻⁶					3,09.10 ⁻⁶	1,3.10 ⁻⁶
Antimoine	2,4.10 ⁻⁷					2,4.10 ⁻⁷	1.10 ⁻⁷
Arsenic	6,72.10 ⁻⁷					6,72.10 ⁻⁷	2,9.10 ⁻⁷
Sélénium	8,2.10 ⁻⁸					8,2.10 ⁻⁸	3,5.10 ⁻⁸
Plomb	6,43.10 ⁻⁵					6,43.10 ⁻⁵	2,8.10 ⁻⁵
Chrome VI	1,08.10 ⁻⁷					1,08.10 ⁻⁷	4,6.10 ⁻⁸
Cobalt	2,11.10 ⁻⁷					2,11.10 ⁻⁷	9.10 ⁻⁸
Cuivre	1,58.10 ⁻⁶					1,58.10 ⁻⁶	6,8.10 ⁻⁷
Manganèse	5,04.10 ⁻⁵					5,04.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵
Nickel	1,06.10 ⁻⁶					1,06.10 ⁻⁶	4,5.10 ⁻⁷
Vanadium	2,98.10 ⁻⁸					2,98.10 ⁻⁸	1,3.10 ⁻⁸
Zinc	1,31.10 ⁻⁵	1,31.10 ⁻⁵	5,6.10 ⁻⁶				

6.3.3. Evaluation de l'exposition par ingestion

a) Présentation du code de calcul

Le modèle de calcul utilisé pour l'évaluation des risques liés à l'ingestion a été développé par OTE Ingénierie à partir du logiciel américain CalTOX (version 4.0 de 2002).

La méthodologie de l'évaluation de l'impact sanitaire par ingestion a fait l'objet d'une publication scientifique dans la revue Environnement & Technique (Graff L., Bard T., Evaluation de l'impact sanitaire des éléments traces métalliques (ETM) par voie orale – Cas d'une industrie classée pour la protection de l'environnement, Environnement & Technique, 2005 ; 245 : 35-40.)

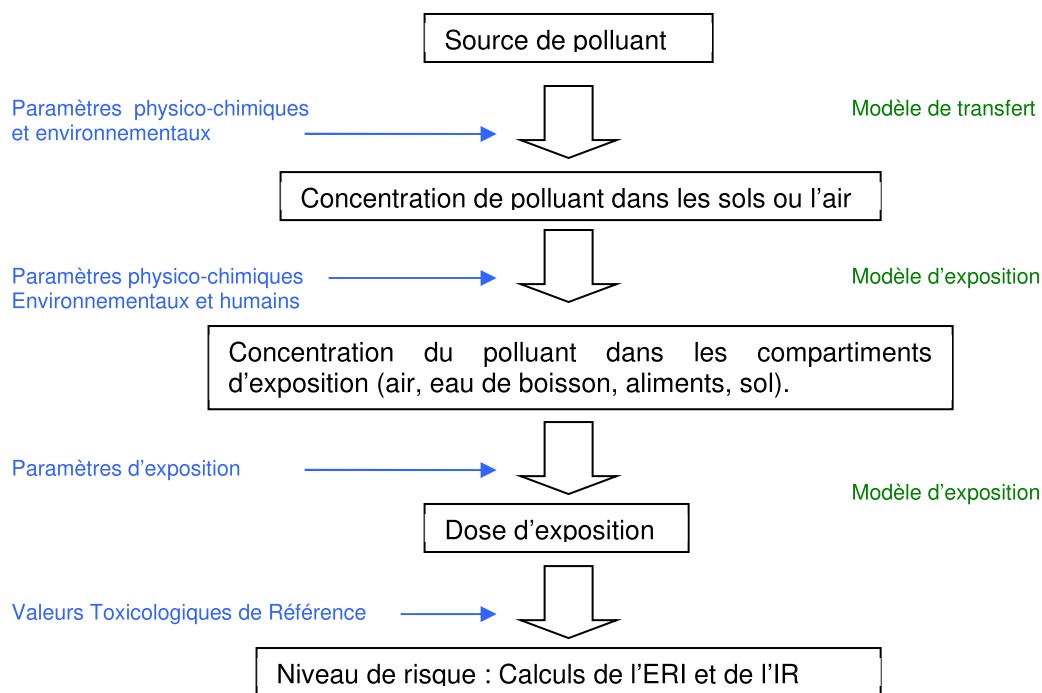
Il a par la suite été utilisé pour la réalisation d'évaluations des risques sanitaires par ingestion validées par différents services administratifs compétents (DREAL Grand Est, DREAL Bourgogne-Franche-Comté, etc.)

Le code de calcul permet d'évaluer les expositions humaines liées à des sites pollués. Il prend en compte de nombreux phénomènes de transfert des polluants et voies d'expositions, tout en respectant le principe de conservation de masse du polluant entre les différents compartiments.

Le modèle sur lequel est basé le code de calcul comporte 2 parties principales :

- un **modèle de transfert** des polluants dans l'environnement, basé sur le principe de conservation de la masse et permettant de calculer les concentrations dans les compartiments environnementaux (sol superficiel, sol racinaire, biomasse végétale, air...),
- un **modèle d'exposition**, permettant de calculer les concentrations dans les compartiments d'exposition (fruits, légumes, viande, œufs...) et les doses d'exposition à partir des concentrations environnementales.

Illustration n° 16 : Etape du code de calcul des risques par ingestion



Le code de calcul est basé sur une représentation de l'environnement à partir de huit compartiments ou milieux environnementaux :

- l'**air**,
- la **biomasse végétale** : concerne seulement les parties aériennes et est principalement composé des feuilles car les échanges avec l'air sont majoritaires par rapport à ceux avec la tige,
- le **sol superficiel** : correspond à la surface du sol et n'excède habituellement pas 2 centimètres,
- le **sol racinaire** : partie du sol où se développent les racines des végétaux et qui intègre donc quatre phases (les particules, l'eau et l'air du sol et les racines),
- la couche de **sol non saturé** : correspond à la zone située entre la couche d'emprise des racines et l'aquifère,
- l'**eau de surface**,
- l'**eau souterraine**,
- les **sédiments** : ils peuvent se diviser en deux couches : une couche active, où il y a une forte interaction avec l'eau et une couche inactive, plus profonde, isolée de l'eau par enfouissement des sédiments au fil du temps.

La couche de sédiments prise en compte dans le système correspond à la couche active.

La modélisation des transferts du polluant entre les différents compartiments est basée sur la notion de fugacité, c'est-à-dire la tendance d'une substance à s'échapper d'un milieu. Ainsi, le principe de conservation de la masse du polluant entre les différents compartiments est respecté et les concentrations de polluant entre les différents milieux évoluent au cours du temps jusqu'à ce que leur état stationnaire soit atteint.

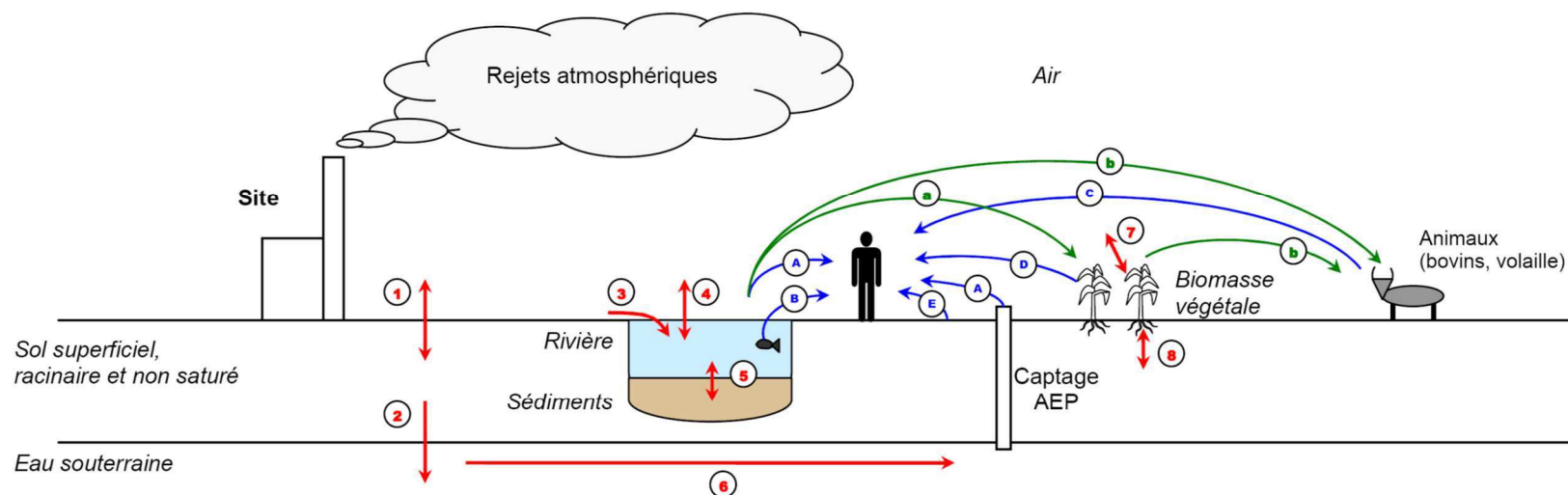
Le code de calcul correspond à un système non équilibré et ouvert, c'est-à-dire pouvant recevoir des émissions constantes au cours du temps et en perdre.

Ce logiciel effectue l'inventaire d'une substance parmi les compartiments et estime la tendance de celle-ci sur une certaine période à rester dans un compartiment, à être transporté dans un autre compartiment ou à se transformer en une autre substance.

Un système d'équations différentielles de premier ordre, linéaires et couplées représente les échanges entre compartiment. De nombreux phénomènes physiques, chimiques et biologiques concourent au devenir du polluant.

Le schéma suivant synthétise les **différentes possibilités d'exposition par ingestion**.

Illustration n° 17 : Présentation des voies de transferts et d'expositions par **INGESTION** pouvant être pris en compte dans le code de calculs OTE



Légende :			
<i>En italique : Compartiment environnemental</i>			
→ Transfert de pollution		→ Usage du milieu	→ Voie d'exposition par ingestion
① transfert air - sol	⑤ mise en suspension/dépôt	ⓐ irrigation	Ⓐ eau de boisson
② transfert vers la nappe	⑥ transfert dans la nappe	ⓑ alimentation animaux	Ⓑ consommation de poisson
③ ruissellement	⑦ transfert plante - air		Ⓒ consommation de viande, œufs, lait
④ transfert air - eau	⑧ transfert racine - sol		Ⓓ consommation de fruits et légumes
			Ⓔ Ingestion de terre

b) Scénario d'exposition

Compte tenu de l'ensemble des limites et sources d'incertitudes liées à la nature et à la qualité des données, la construction du scénario d'exposition a pour objectif d'évaluer l'exposition réelle et le risque réel par une estimation haute, scénario « raisonnablement majorant ». Ainsi nous visons à évaluer la moitié supérieure de la distribution des risques prévisibles.

Dans le scénario « raisonnablement majorant », des hypothèses pénalisantes sont posées lorsque des données de situation réelles ne sont pas disponibles :

- soit la valeur maximale : concentrations atmosphériques et dépôts surfaciques, durée de résidence,
- soit une valeur délibérément majorante lorsqu'on ne dispose pas de valeur de la distribution : temps quotidien passé à domicile, valeur maximale d'émission autorisée pour un groupe de polluants attribuée à chacun de ces polluants,
- soit une valeur réelle lorsqu'elle est disponible : ration alimentaire autoconsommée.

Les choix réalisés à chaque étape de la construction de ce scénario sont par définition des hypothèses et restent donc discutables.

Il faut maintenant décrire qualitativement et quantitativement les expositions (respiratoire et digestive) de la population étudiée. En effet, l'exposition varie selon que l'on se situe en population générale ou en milieu professionnel mais également, dans un même milieu environnemental, selon l'âge, le mode de vie, les habitudes alimentaires, les pratiques de loisir ou le budget espace/temps des individus.

Il faut donc le plus souvent avoir recours à des enquêtes descriptives sur le terrain afin de préciser cette exposition. Néanmoins, l'exposition ne peut jamais être mesurée totalement et on est toujours amené à formuler des hypothèses soit à partir de valeurs publiées pour un individu « moyen » : volume d'air inhalé, quantité d'aliment ingérée, etc...., soit à partir de la connaissance de la population étudiée : population rurale habitant sur son lieu de travail et se déplaçant peu.

Les hypothèses de ce scénario d'exposition peuvent être plus ou moins protectrices, c'est-à-dire que l'on peut faire des estimations plus ou moins majorantes de l'exposition. Il est de toute façon nécessaire à chaque étape de décrire précisément les choix réalisés et les justifier.

Présentation du scénario de l'étude

Nous supposons que les rejets du projet ont lieu 100 % du temps, que les émissions ont lieu pendant 30 ans et ainsi les expositions de la population sont calculées par rapport à cette durée de fonctionnement.

Concrètement, les risques cancérogènes sont évalués à partir de l'exposition moyenne, statistiquement parlant, durant ces trente années de fonctionnement.

Quant aux risques non cancérogènes, ils sont estimés au moment de la contamination maximale des milieux.

Les individus sont supposés présents 365 jours par an sur le lieu de l'étude.

Les expositions sont estimées sur le secteur correspondant aux retombées au sol les plus importantes. Il s'agit alors de l'exposition maximale liée aux rejets atmosphériques.

c) Synthèse des paramètres d'entrée du modèle

❖ Paramètres des polluants

Caractérisation physico-chimiques des polluants

Les composés retenus pour une exposition par ingestion sont les **composés particuliers pour lesquels nous disposons de VTR orales**. Ils sont listés dans le tableau suivant.

Les principaux paramètres physico-chimiques nécessaires à la modélisation sont présentés dans le tableau page suivante.

Les données sont issues de la base de données du logiciel CalTOX (version 4), elle-même renseignée grâce à diverses études notamment de l'US-EPA et de l'ATSDR.

Composé	Poids moléculaire (g/mol)	Solubilité (mol/m ³)	Coefficient de diffusion dans l'air pur (m ² /j)	Coefficient de diffusion dans l'eau pure (m ² /j)	Coefficient de partage octanol/eau	Constante de Henry (Pa/m ³ /mol)	Pression de vapeur (Pa)
2,3,7,8-TCDD	322	1,9.10 ⁻⁷	0,42	5,1.10 ⁻⁵	4,6.10 ⁺⁶	2,47	1,6.10 ⁻⁶
Benzo(a)pyrène	252,3	1,03.10 ⁻⁵	0,44	5,26.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁺⁶	0,092	7,13.10 ⁻⁷
Arsenic	74,92	0,1	0,64	0,66.10 ⁻⁴	0	-	0
Cadmium	112,4	-	0,64	1,3.10 ⁻⁴	0	-	0
Chrome VI	52	-	0,64	1,3.10 ⁻⁴	0	-	0
Cobalt	58,9	1	0,64	1,3.10 ⁻⁴	0	-	0
Cuivre	64	156,25	0,64	0,00013	0	-	0
Manganèse	55	1	0,64	1,3.10 ⁻⁴	0	-	0
Mercure	201	2,8.10 ⁻⁴	0,64	0,15.10 ⁻⁸	0	861,3	0,26
Nickel	59	-	0,64	0,15.10 ⁻⁸	0	-	0
Plomb	207,2	-	0,64	0,66.10 ⁻⁴	0	-	0
Sélénium	78,96	1	0,64	0,00013	0	-	0
Antimoine	122	1	0,64	1,3.10 ⁻⁴	0	-	0
Vanadium	51	1	0,64	0,00013	0	-	0
Zinc	65	1	0,64	0,00013	0	-	0

Concentrations et dépôts en polluants

Les concentrations maximales à l'immission et les dépôts issus du logiciel de modélisation atmosphérique ARIA Impact ont été intégrés dans le code de calcul. Ces concentrations sont supposées présentes dans toute la zone d'étude déterminée ; cette hypothèse est donc majorante.

Tableau n° 11 : Concentrations et dépôts particuliers

Composé	Concentrations maximales à l'immission (mg/m ³)	Dépôt maximal au sol (mg/m ²)
2,3,7,8-TCDD	5,02.10 ⁻¹²	2,5.10 ⁻¹⁵
Benzo(a)pyrène	1,13.10 ⁻⁷	5,7.10 ⁻¹¹
Cadmium	3,09.10 ⁻⁶	1,4.10 ⁻⁸
Mercure	2,59.10 ⁻⁶	1,3.10 ⁻⁹
Arsenic	6,72.10 ⁻⁷	1,5.10 ⁻⁹
Sélénium	8,2.10 ⁻⁸	3,4.10 ⁻¹⁰
Antimoine	2,4.10 ⁻⁷	9,8.10 ⁻¹⁰
Chrome VI	1,08.10 ⁻⁷	5,4.10 ⁻¹⁰
Cobalt	2,11.10 ⁻⁷	8,6.10 ⁻¹⁰
Cuivre	1,58.10 ⁻⁶	6,5.10 ⁻⁹
Manganèse	5,04.10 ⁻⁵	2,8.10 ⁻⁷
Nickel	1,06.10 ⁻⁶	4,8.10 ⁻⁹
Vanadium	2,98.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻¹⁰
Plomb	6,43.10 ⁻⁵	1,9.10 ⁻⁷
Zinc	1,31.10 ⁻⁵	5,4.10 ⁻⁸

❖ Paramètres des cibles

En fonction des données disponibles sur les consommations alimentaires des individus, la population a été divisée en **deux classes d'âge**, c'est-à-dire les enfants et les adultes.

L'enfant est assimilé à un individu d'âge inférieur à 6 ans, ayant un poids moyen de 15 kg et l'adulte est caractérisé par un poids de 70 kg.

Les voies d'exposition retenues sont les suivantes :

- **ingestion directe de sol superficiel impacté,**
- **ingestion de fruits et légumes provenant de jardins soumis aux éventuelles retombées atmosphériques du site.**

Les quantités de sol ingérées prises en compte sont celles classiquement utilisées dans les évaluations de risques. Ce sont celles utilisées dans le cadre du scénario dit « sensible » pour la définition des valeurs de constat d'impact lié aux sols pollués.

Les valeurs de consommation alimentaires présentées ci-après sont issues du rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel Modul'ers » du 23 juin 2017.

Paramètre de la cible	Adultes	Enfants
Quantité du sol ingérée (mg/j)	50	150

Etablissement de Frouard (54)

Quantité de légumes feuilles ingérée (g/j)	24	14,8
Quantité de légumes-racines ingérée (g/j)	70	65,6
Quantité de légumes-fruits ingérée (g/j)	110	53
Quantité de fruits ingérée (g/j)	160	71,5

La catégorie « légumes-feuilles » a été définie à partir des consommations de choux-fleurs, brocolis, choux rouges et choux-feuilles, choux de Bruxelles, laitues, épinards et bettes, endives, haricots verts, poireaux, fenouils, persils et artichauts.

La catégorie « légumes-racines » a été définie à partir des consommations de pommes de terre, de carottes, de betteraves, de salsifis, de céleris, de navets, d'oignons, d'échalotes et de champignons.

La catégorie « légumes-fruits » a été définie à partir des consommations de citrouilles, d'aubergines, de poivrons, de tomates, de concombres, de courgettes, de petits pois, de lentilles, de haricots blancs et de petits pois secs.

La catégorie « fruits » a été définie à partir des consommations d'amandes, de noix, de poires, de pommes, de pêches, de cerises, de pruneaux, d'abricots, de raisin, de fraise, de framboise et de figue.

Dans le scénario « raisonnablement majorant » étudié, on considère que les aliments ingérés proviennent **en partie** de la zone d'étude.

Les fractions d'aliments d'origine locale (provenant de la zone d'étude) retenues dans le cadre de cette étude et présentées ci-après sont également issues du rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel Modul'ers » du 23 juin 2017.

Aliments	Pourcentage d'aliment d'origine locale
Légumes feuilles	25 %
Légumes racines	25 %
Légumes fruits	25 %
Fruits	10 %

❖ **Paramètres des milieux d'exposition**

L'aire de la zone d'étude est égale à un disque de 1 km de diamètre, soit une aire de 0,785 km². Toute cette surface correspond à la zone considérée « contaminée » du site, cette hypothèse est donc majorante.

Certaines données météorologiques issues de la station météorologique de Nancy – Essey ont été intégrées au modèle. Il s'agit de :

- Précipitations moyennes : 775,1 mm/an
- Température de l'air : 10,5°C
- Vitesse du vent : 3 m/s.

Les paramètres relatifs aux huit compartiments environnementaux pris en compte sont présentés ci-après.

Compartiment	Unité	Valeur
Compartiment air :		
Fraction d'aérosols organiques	/	0,2
Charge de poussière dans l'atmosphère	kg/m ³	6.10 ⁻⁸
Compartiment biomasse végétale :		
Masse volumique des végétaux frais	kg/m ³	825
Fraction moyenne d'eau contenue dans les végétaux	/	0,8
Production moyenne sur le site	kg/m ² /an	0,9
Compartiment sol superficiel :		
Epaisseur du sol superficiel	m	0,01
Densité des particules de sol	kg/m ³	2600
Fraction d'air dans le sol superficiel	%	26,6
Fraction d'eau dans le sol superficiel	%	12
Compartiment sol racinaire :		
Epaisseur du sol non racinaire	m	0,78
Densité des particules de sol	kg/m ³	2600
Fraction d'air dans le sol racinaire	%	25,3
Fraction d'eau dans le sol racinaire	%	20,6
Compartiment sol non saturé :		
Epaisseur du sol non saturé	m	0,56
Densité des particules de sol	kg/m ³	2600
Fraction d'air dans le sol non saturé	%	23,6
Fraction d'eau dans le sol non saturé	%	20,2
Compartiment eau souterraine :		
Epaisseur de l'eau souterraine	m	3
Densité des matériaux solides	kg/m ³	2600

Compartiment	Unité	Valeur
Porosité	%	20
Coefficient de dispersion de l'eau	m ² /j	0,05
Compartiment eau de surface :		
Epaisseur de l'eau de surface	m	10
Vitesse de ruissellement	m/j	3,4.10 ⁻⁴
Compartiment sédiments :		
Epaisseur de la couche sédimentaire	m	0,05
Densité des matériaux solides	kg/m ³	2650
Porosité	%	0,6

d) Calcul des doses d'exposition

❖ Effets à seuil

Les polluants à seuil de dose pour lesquels nous disposons de VTR pour leurs effets à seuil par voie orale sont listés dans le tableau suivant.

Pour les effets à seuil (systémiques), la dose d'exposition correspond à la dose maximale de polluant ingérée lors de la période d'exposition de l'enfant ou de l'adulte.

En prenant en compte la durée d'émissions atmosphériques (365 jours par an), les résultats des doses maximales de l'enfant (EE) et de l'adulte (EA) sont présentés dans le tableau ci-après pour les composés particuliers pour lesquels nous disposons de VTR orales à seuil.

Tableau n° 12 : Calcul des DJE pour les effets à seuil

Composé	Dose maximale de polluant ingéré par l'adulte : E _A (mg/kg/j)	Dose maximale de polluant ingéré par l'enfant : E _E (mg/kg/j)	DJE Effets à seuil (mg/kg/j)
2,3,7,8-TCDD	$7,8 \cdot 10^{-12}$	$2,5 \cdot 10^{-11}$	$2,5 \cdot 10^{-11}$
Benzo(a)pyrène	$7,9 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$
Cadmium	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$
Mercure	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$8,4 \cdot 10^{-9}$	$8,4 \cdot 10^{-9}$
Arsenic	$1 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$
Sélénium	$8,8 \cdot 10^{-9}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Vanadium	$3,1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Antimoine	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-8}$
Chrome VI	$8,7 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Cobalt	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$4,6 \cdot 10^{-8}$	$4,6 \cdot 10^{-8}$
Cuivre	$4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Manganèse	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-6}$
Nickel	$6,4 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$
Zinc	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Plomb	$4 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$

❖ **Effets sans seuil**

Les polluants sans seuil de dose pour lesquels nous disposons de VTR pour leurs effets cancérogènes par voie orale sont listés dans le tableau suivant. Concernant le risque sans seuil (cancérogène), la dose d'exposition est la dose moyenne de polluant ingérée apportée par les différents compartiments.

Les résultats des doses d'exposition de l'adulte (E_A) et de l'enfant (E_E) provenant de chaque compartiment sont calculés.

La Dose Journalière d'Exposition est ensuite obtenue par la formule suivante :

$$E = \frac{E_A \times DE_A + E_E \times DE_E}{DE_A + DE_E} \times \frac{DF}{365}$$

Avec :

E_A : Dose d'exposition moyenne de l'adulte (mg/kg/j)

E_E : Dose d'exposition moyenne de l'enfant (mg/kg/j)

DE_A : Durée d'exposition de l'adulte aux polluants, soit 64 ans

DE_E : Durée d'exposition de l'enfant aux polluants, soit 6 ans

DF : Durée de fonctionnement de l'installation, soit 365 jours

Ainsi, les Doses Journalières d'Exposition pour les composés particuliers pour lesquels nous disposons de VTR orales sans seuil sont les suivantes :

Tableau n° 13 : Calcul des DJE pour les effets sans seuil

Composé	Dose d'exposition moyenne de l'adulte E_A (mg/kg/j)	Dose d'exposition moyenne de l'enfant E_E (mg/kg/j)	DJE Effets sans seuil (mg/kg/j)
Benzo(a)pyrène	$7,5 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$8,8 \cdot 10^{-7}$
Arsenic	$5,3 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-7}$
Chrome VI	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$9,9 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$
Plomb	$2 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$

6.3.4. Caractérisation des risques sanitaires

a) Effets à seuil

Pour les effets à seuil, l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur. Il est donc légitime d'exprimer le niveau de risque par le rapport entre la concentration d'exposition et la valeur toxicologique de référence ; cela revient à une approximation linéaire de la fonction dose-réponse à partir de la dose seuil. On définit ainsi pour chaque substance et chaque voie d'exposition un quotient de danger,

$$QD = \frac{CI}{VTR}$$

avec :

VTR : dose de concentration référence,

CI : concentration inhalée,

Lorsque ce quotient est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable selon les approximations utilisées pour le calcul des VTR ; cela reste vrai même pour les populations sensibles du fait des facteurs de sécurité adoptés. Au-delà d'un quotient de danger de 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue.

Calcul des QD maximaux

❖ Pour la voie inhalatoire

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des Quotients de Danger (QD) à partir des concentrations maximales inhalées, correspondant aux concentrations maximales à l'immission.

Rappel :

La sélection des VTR a été présentée au paragraphe 5.1.2.

S'agissant du cadmium, l'ANSES a élaboré deux VTR à seuil de dose : une pour les effets systémiques, l'autre pour les effets cancérigènes (tumeurs pulmonaires). Par conséquent, le quotient de danger QD du cadmium a été calculé, à partir des VTR de l'ANSES, pour les effets systémiques à seuil de dose d'une part, et pour les effets cancérigènes à seuil de dose d'autre part.

Tableau n° 14 : Calcul des QD – voie inhalatoire

Composé	C _{inh} à seuil (mg/m ³)	VTR (mg/m ³)	QD
HCl	1,53.10 ⁻³	2.10 ⁻²	7,65.10 ⁻²
HF	1,27.10 ⁻³	1,4.10 ⁻²	9,07.10 ⁻²
NH ₃	1,26.10 ⁻⁴	0,5	2,52.10 ⁻⁴
Benzène	9,62.10 ⁻⁵	1.10 ⁻²	9,6.10 ⁻³
Formaldéhyde	9,61.10 ⁻⁵	1,2.10 ⁻¹	7,8.10 ⁻⁴
Acétaldéhyde	1,02.10 ⁻⁵	1,6.10 ⁻¹	6,4.10 ⁻⁵
Phénol	7,01.10 ⁻⁴	2.10 ⁻¹	3,5.10 ⁻³
Benzo(a)pyrène	1,13.10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁶	5,7.10 ⁻²
Cadmium	3,09.10 ⁻⁶	4,5.10 ⁻⁴	6,9.10 ⁻³
		3.10 ⁻⁴	1.10 ⁻²
Mercure	2,59.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁵	8,6.10 ⁻²
Arsenic	6,72.10 ⁻⁷	1,5.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻²
Sélénium	8,2.10 ⁻⁸	2.10 ⁻²	4,1.10 ⁻⁶
Chrome VI	1,08.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁵	3,6.10 ⁻³
Antimoine	2,4.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁴	8.10 ⁻⁴
Cobalt	2,11.10 ⁻⁷	1.10 ⁻⁴	2,1.10 ⁻³
Cuivre	1,58.10 ⁻⁶	1.10 ⁻³	1,6.10 ⁻³
Manganèse	5,04.10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁴	1,7.10 ⁻¹
Nickel	1,06.10 ⁻⁶	2,3.10 ⁻⁴	4,6.10 ⁻³
Vanadium	2,98.10 ⁻⁸	1.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴
Plomb	6,43.10 ⁻⁵	9.10 ⁻⁴	7,1.10 ⁻²
TCDD	5,02.10 ⁻¹²	4.10 ⁻⁸	1,3.10 ⁻⁴
QD total (effets systémiques)	/	/	0,64
QD effets cancérigènes	/	/	1.10⁻²

Les quotients de danger sont tous inférieurs à 1.
Il en est de même pour le Quotient de Danger total.

❖ **Pour la voie orale**

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des Quotients de Danger (QD) à partir des doses d'exposition maximales correspondant aux doses maximales de polluant ingérées lors de la période d'exposition de l'enfant ou de l'adulte.

Rappel :

La sélection des VTR a été présentée au paragraphe 5.1.2..

S'agissant des dioxines, l'ANSES a élaboré une VTR à seuil de dose pour les effets cancérigènes non génotoxiques.

Le quotient de danger QD des dioxines a donc été calculé pour les effets cancérigènes à seuil de dose.

Tableau n° 15 : Calcul des QD - voie orale

Composé	Dose d'exposition DJE (mg/kg/jour)	VTR (mg/kg/jour)	QD
TCDD	$2,5 \cdot 10^{-11}$	$7 \cdot 10^{-10}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$
Benzo(a)pyrène	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$9,3 \cdot 10^{-3}$
Cadmium	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Mercure	$8,4 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Arsenic	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-3}$
Sélénium	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$
Vanadium	$1 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Antimoine	$4,1 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$
Chrome VI	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
Cobalt	$4,6 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$
Cuivre	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$
Manganèse	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$
Nickel	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$
Plomb	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
Zinc	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
QD total (effets systémiques)	/	/	$6,1 \cdot 10^{-2}$
QD effets cancérigènes	/	/	$3,6 \cdot 10^{-2}$

Les quotients de danger sont tous inférieurs à 1.
Il en est de même pour le Quotient de Danger total.

Conclusions :

Les Quotients de Danger sont tous inférieurs à 1.

Il est donc exclu que les rejets atmosphériques émis par les équipements de combustion du site aient un impact sanitaire sur les populations environnantes d'un point de vue systémique.

D'autant que le calcul de ces quotients est basé sur un certain nombre d'hypothèses majorantes visant à maximaliser l'évaluation des risques sanitaires.

b) Effets sans seuil

Pour les effets sans seuil, un Excès de Risque Individuel (*ERI*) est calculé en multipliant la concentration inhalée (*CI*) par l'Excès de Risque Unitaire par inhalation (*ERU_i*).

$$ERI = CI \times ERU_i$$

Rappelons qu'aux faibles expositions, l'hypothèse est faite d'une relation linéaire entre l'effet et l'exposition, l'*ERU_i* est donc une constante.

L'*ERI* représente la probabilité qu'a un individu de développer l'effet associé à la substance sa vie durant.

Calcul des ERI maximaux

❖ **Pour la voie inhalatoire**

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des Excès de Risque Individuel (ERI) à partir des concentrations maximales inhalées, correspondant aux concentrations maximales à l'immission.

Tableau n° 16 : Calcul des ERI – voie inhalatoire

Composé	C _{inh} sans seuil (mg/m ³)	ERU (mg/m ³) ⁻¹	ERI
Benzène	4,1.10 ⁻⁵	2,6.10 ⁻²	1,1.10 ⁻⁶
Acétaldéhyde	4,4.10 ⁻⁶	2,2.10 ⁻³	9,6.10 ⁻⁹
Chlorophénol	1,1.10 ⁻⁵	5,1.10 ⁻³	5,6.10 ⁻⁸
Benzo(a)pyrène	4,8.10 ⁻⁸	6.10 ⁻¹	2,9.10 ⁻⁸
Arsenic	2,9.10 ⁻⁷	0,15	4,3.10 ⁻⁸
Chrome VI	4,6.10 ⁻⁸	40	1,9.10 ⁻⁶
Cobalt	9.10 ⁻⁸	7,7	7.10 ⁻⁷
Nickel	4,5.10 ⁻⁷	1,7.10 ⁻¹	7,7.10 ⁻⁸
Plomb	2,8.10 ⁻⁵	1,2.10 ⁻²	3,3.10 ⁻⁷
TCDD	2,2.10 ⁻¹²	3,8.10 ⁺⁴	8,2.10 ⁻⁸
ERI total	/	/	4,2.10⁻⁶

L'ERI total est de $4,2 \cdot 10^{-6}$ (correspondant à 0,42 cas supplémentaires de cancer sur 100 000 de personnes exposées). Il est inférieur au seuil d'acceptabilité de l'OMS, qui est de $1 \cdot 10^{-5}$ (correspondant à 1 cas supplémentaire de cancer sur 100 000 personnes exposées).

❖ **Pour la voie orale**

Tableau n° 17 : Calcul des ERI - voie orale

Composé	Dose d'exposition E (mg/kg/j)	ERU (mg/kg) ⁻¹	ERI
Benzo(a)pyrène	$8,8 \cdot 10^{-7}$	1	$8,8 \cdot 10^{-7}$
Arsenic	$6 \cdot 10^{-7}$	1,5	$9 \cdot 10^{-7}$
Chrome VI	$3,9 \cdot 10^{-9}$	0,5	$2 \cdot 10^{-9}$
Plomb	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$
ERI total	/	/	$1,8 \cdot 10^{-6}$

L'ERI total est de $1,8 \cdot 10^{-6}$ (correspondant à 0,18 cas supplémentaires de cancer sur 100 000 de personnes exposées). Il est inférieur au seuil d'acceptabilité de l'OMS, qui est de $1 \cdot 10^{-5}$ (correspondant à 1 cas supplémentaire de cancer sur 100 000 personnes exposées).

Conclusions :

Les Excès de Risques Individuels sont inférieurs au seuil d'acceptabilité de l'OMS, qui est de $1 \cdot 10^{-5}$.

Il est donc exclu que les rejets atmosphériques émis par les équipements de combustion du site aient un impact sanitaire sur les populations environnantes d'un point de vue cancérigène.

D'autant que le calcul de ces excès de risque est basé sur un certain nombre d'hypothèses majorantes visant à maximaliser l'évaluation des risques sanitaires (cf. Discussion des incertitudes).

6.3.5. Evaluation qualitative : cas particulier des poussières, du CO, des NOx et du SO₂

a) Cas particulier des poussières

Bien que ne faisant pas l'objet de valeurs toxicologiques de référence pour ses effets chroniques, les poussières ont fait l'objet d'une modélisation de la dispersion atmosphérique, afin de déterminer, à partir des flux émis par les différentes installations du site, la concentration à l'immission susceptible d'être retrouvée dans l'environnement du site.

Toxicité des Poussières

Toxicocinétique

Déposées dans les voies respiratoires distales, les particules fines vont être lentement éliminées par phagocytose ou par le tapis mucociliaire (en jours ou semaines) ; la réaction inflammatoire produite, qui augmente la perméabilité épithéliale, facilite le passage des polluants véhiculés par les particules dans le courant lymphatique et sanguin.

Les effets biologiques des particules peuvent être classés schématiquement sous trois rubriques :

- immunotoxiques dont allergiques,
- génotoxiques dont cancérogènes,
- réactions inflammatoires non spécifiques. Les premiers ont été étudiés spécifiquement pour les particules diesel et ne concernent pas, en l'état actuel des connaissances, les particules de l'incinération. Le risque cancérogène est associé aux constituants chimiques des particules, notamment à certains éléments minéraux particuliers (Ni, As, Cr et Cd) et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques halogénés et non halogénés.

La composition chimique des particules émises et inhalées détermine largement la nature de leurs effets biologiques et sanitaires. Au-delà de leurs caractéristiques chimiques, le caractère irritant des particules inhalées entraîne des phénomènes inflammatoires non-spécifiques bien décrits par de nombreuses études, épidémiologiques ou expérimentales.

Les particules respirées ont, in vitro et in vivo, une activité pro-inflammatoire, en partie liée à la génération de radicaux oxydants. Cela conduit à la mobilisation de cellules inflammatoires et à la libération de nombreuses cytokines, contribuant à l'augmentation de la perméabilité épithéliale. Les observations épidémiologiques relatives à l'augmentation de la mortalité cardio-vasculaire en lien avec les variations à court terme des concentrations des particules commencent aussi à être comprises expérimentalement, conformément aux hypothèses étiopathogéniques concernant les modifications de la viscosité du plasma.

Toxicité chez l'homme

Etablissement de Frouard (54)

Les résultats des principales études épidémiologiques convergent pour attribuer aux particules fines une part de responsabilité dans la survenue d'une vaste gamme d'effets sanitaires.

A court terme, on observe l'aggravation des signes cliniques préexistants chez certains sujets asthmatiques, enfants et adultes, et l'augmentation de la fréquence des décès prématurés par affection respiratoire ou cardio-vasculaire chez des adultes souvent âgés ; ces manifestations ont été principalement attribuées à l'augmentation de la concentration des particules en suspension. A long terme, on observe une surmortalité modérée par affections cardio-vasculaires ou cancer du poumon dans les villes les plus polluées.

Les études épidémiologiques ainsi que les études expérimentales d'immunotoxicité et de génotoxicité permettent de conclure, avec un raisonnable degré de certitude scientifique, que les particules fines, notamment celles émises par les véhicules diesel, sont bien des facteurs de risque sanitaire. Le Comité de la prévention et de la précaution estime en conséquence que les données scientifiques disponibles permettent de considérer les particules fines (mesurées en tant que PM_{2,5}) comme un des indicateurs les plus représentatifs de la qualité de l'air d'un point de vue sanitaire. De nombreuses incertitudes subsistent cependant, qui appellent la poursuite de recherches expérimentales et épidémiologiques, notamment sur les effets à long terme de ces substances (apparition de cancers autres que broncho-pulmonaires ou développement de l'asthme).

Valeurs réglementaires

Aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible pour une exposition chronique aux poussières (PM₁₀).

Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 modifié, relatif à la qualité de l'air précise :

- Objectif de qualité : 30 µg/m³ (en moyenne annuelle des concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres).
- Valeur limite pour la protection de la santé : 40 µg/m³ en moyenne annuelle

Les nouvelles lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'air donnent les valeurs indicatives suivantes :

- Lignes directrices 2021 : 15 µg/m³ en moyenne annuelle

En l'absence d'autres valeurs de référence adéquates, ces valeurs pourront être comparées aux concentrations en poussières à l'immission induites par les activités du site.

Evaluation de l'exposition et caractérisation du risque

Evaluation des concentrations à l'immission

De la même manière que pour les autres polluants, nous avons modélisé la dispersion atmosphérique des rejets de poussières pour estimer la concentration à l'immission à partir des flux à l'émission.

Les points d'émission étant identiques, les paramètres nécessaires à la modélisation sont donc les mêmes.

Ainsi, une concentration maximale à l'immission de $1,5 \cdot 10^{-3}$ mg/m³ de poussières est retrouvée à 300 m au Nord des limites de propriété du site.

Caractérisation du risque

En l'absence de VTR adéquate pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire lié aux rejets atmosphériques de poussières, nous nous proposons de comparer les concentrations retrouvées dans l'environnement aux valeurs réglementaires disponibles.

	Concentration en PM10 (µg/m ³ en moyenne annuelle)	Valeurs réglementaires de qualité de l'air (code de l'Env. et lignes directrices OMS) (µg/m ³ en moyenne annuelle)		
		Valeur limite pour la protection de la santé	Objectif de qualité	Lignes directrices
Concentration à l'immission	1,5	40	30	15

La concentration en poussières retrouvée dans l'environnement et induite par les rejets du site est inférieure à la valeur limite définie par la réglementation et par l'OMS. Il est donc peu probable, qu'avec une concentration 26 fois inférieure au seuil réglementaire considéré, les rejets du site aient un impact sur les populations environnantes.

b) Cas particulier du CO

Bien que ne faisant pas l'objet de valeurs toxicologiques de référence pour ses effets chroniques, le monoxyde de carbone (CO) a fait l'objet d'une modélisation de la dispersion atmosphérique, afin de déterminer, à partir des flux émis par les différents équipements du site, la concentration à l'immission susceptible d'être retrouvée dans l'environnement du site.

Toxicité du monoxyde de carbone

Toxicocinétique (INRS)

Chez l'homme comme chez l'animal, l'oxyde de carbone est absorbé par les poumons. Il diffuse à travers les membranes alvéolo-capillaires. En présence d'une concentration constante pendant plusieurs heures, le taux d'absorption diminue régulièrement jusqu'à atteindre un état d'équilibre entre la pression partielle d'oxyde de carbone dans le sang capillaire pulmonaire et celle de l'alvéole. L'oxyde de carbone traverse les barrières méningée et placentaire.

Entre 80 et 90 % de l'oxyde de carbone absorbé se fixent sur l'hémoglobine, dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle pour l'oxygène. La concentration en carboxyhémoglobine augmente rapidement dès le début de l'exposition, ralentit après 3 h puis atteint un plateau stable à la fin d'une exposition de 8 h. L'oxyde de carbone modifie la dissociation oxygène-hémoglobine de telle manière qu'il diminue la libération d'oxygène dans les tissus.

L'oxyde de carbone est éliminé essentiellement par ventilation pulmonaire. Après l'arrêt de l'exposition, la concentration en carboxyhémoglobine décline avec une demi-vie d'environ 3 à 5 h. La décroissance est d'abord rapide et exponentielle (20-30 min), probablement liée à la distribution de l'oxyde de carbone vers la myoglobine et les cytochromes ainsi qu'à l'élimination pulmonaire.

Une deuxième phase plus lente reflète vraisemblablement la libération de l'oxyde de carbone de l'hémoglobine et de myoglobine, la diffusion pulmonaire et la ventilation.

La vitesse de disparition de la carboxyhémoglobine est fonction de son taux initial et de la variation individuelle.

Toxicité chez l'homme (INRS)

Toxicité aiguë et subaiguë

En cas d'intoxication suraiguë ou massive, la symptomatologie clinique associe paralysie des membres, coma, convulsions et évolue rapidement en l'absence de traitement vers le décès en quelques secondes ou quelques minutes.

L'intoxication aiguë et subaiguë se manifeste par une symptomatologie fonctionnelle banale et variable. Une intoxication débutante peut simuler une intoxication alimentaire (nausée, vomissement) toutefois sans diarrhée, ces signes digestifs s'associent souvent à de violentes céphalées avec battements temporaux.

A un degré de plus, on observe également une asthénie, des vertiges ainsi que des troubles de l'humeur (angoisse, agitation) et comportementaux (syndrome confusionnel).

Etablissement de Frouard (54)

Ce début insidieux pose souvent le problème de son dépistage rapide et sa confirmation par le dosage sanguin d'oxyde de carbone dans le sang.

Dans les suites d'une intoxication aiguë, on observe parfois un état pseudo démontiel (aphasie, apraxie, agnosie) qui peut survenir après une période de rémission de durée variable (7 à 21 jours), cet état peut soit être réversible après plusieurs mois, soit laisser, à des degrés divers, des séquelles neurologiques : syndrome parkinsonien, surdité de perception, syndrome de Ménière (acouphènes, surdité et troubles de l'équilibre), réduction des capacités intellectuelles, troubles de la personnalité et du comportement, désorientation temporo-spatiale et polynévrite. Des séquelles cardiaques graves peuvent survenir au décours d'intoxications avec hypoxie prolongée.

L'importance des séquelles semble être en rapport avec la gravité et la durée de l'intoxication, ce qui souligne l'importance d'un traitement rapide et approprié.

Toxicité chronique

Les signes d'appel sont le plus souvent banals et proches de ceux d'une intoxication subaiguë débutante : céphalées, vertiges et asthénie, parfois associés à des troubles digestifs.

Les études conduites afin d'évaluer l'effet sur le myocarde de l'exposition répétée à de faibles doses d'oxyde de carbone montrent que l'oxyde de carbone favorise le développement d'une ischémie myocardique à l'effort chez les sujets ayant une coronaropathie préexistante sans favoriser l'apparition de troubles du rythme.

Ces observations pourraient expliquer que des études épidémiologiques aient mis en évidence une association entre une élévation de la concentration atmosphérique en oxyde de carbone et une augmentation de la mortalité générale, ainsi que de la mortalité par infarctus du myocarde.

L'apparition d'effets toxiques cumulatifs (insomnie, céphalées, anorexie, syndrome de Parkinson, cardiopathie, ..) résultant d'une exposition prolongée à de faibles concentrations d'oxyde de carbone est encore un sujet très controversé.

Il semble cependant qu'une action toxique à long terme sur le système cardiovasculaire (autre que l'athérosclérose) ne puisse être exclue. Il est possible aussi que les facteurs génétiques et alimentaires modulent ce pouvoir pathogène.

Effets sur la reproduction

L'oxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène, mais il est nettement foetotoxique. Lors d'une intoxication grave de la mère avec coma, il peut y avoir mort du fœtus ou, sinon, de graves séquelles neurologiques. Si l'exposition est prolongée ou l'intoxication aiguë moins importante, on peut observer un retard de croissance in utero et une augmentation de la mortalité néonatale. Si l'enfant survit, il ne semble pas y avoir de séquelles à long terme.

Valeurs réglementaires

Aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible pour une exposition chronique au monoxyde de carbone.

Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 modifié, relatif à la qualité de l'air précise :

- Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 10 mg/m³ (pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures).

En l'absence d'autres valeurs de référence adéquates, ces valeurs pourront être comparées aux concentrations en CO à l'immission induites par les activités du site.

Evaluation de l'exposition et caractérisation du risque

Evaluation des concentrations à l'immission

De la même manière que pour les autres polluants, nous avons modélisé la dispersion atmosphérique des rejets de CO pour estimer la concentration à l'immission à partir des flux à l'émission.

Les points d'émission étant identiques, les paramètres nécessaires à la modélisation sont donc les mêmes.

Ainsi, une concentration maximale à l'immission de 1,03.10⁻² mg/m³ de CO est retrouvée à 300 m au Nord des limites de propriété du site.

Caractérisation du risque

En l'absence de VTR adéquate pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire lié aux rejets atmosphériques de CO, nous nous proposons de comparer les concentrations retrouvées dans l'environnement proche du site aux valeurs réglementaires disponibles.

	Concentration en CO (µg/m ³ en moyenne annuelle)	Valeurs réglementaires de qualité de l'air (code de l'Env. et lignes directrices OMS) (µg/m ³)		
		Valeur limite pour la protection de la santé (maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 h)	Objectif de qualité	Lignes directrices (moyenne sur 24h)
Concentration à l'immission	10,3	10 000	-	-

La concentration en CO induite par les rejets du site et retrouvée dans l'environnement est largement inférieure à la valeur limite définie par la réglementation. Il est donc peu probable, qu'avec une concentration plus de 970 fois inférieure au seuil considéré, les rejets en CO du site aient un impact sur les populations environnantes.

c) Cas particulier du NO_x

De la même manière que pour le CO, le NO₂ a fait l'objet d'une modélisation de la dispersion atmosphérique, afin de déterminer, à partir des flux émis par les différentes activités du site, la concentration à l'immission susceptible d'être retrouvée dans l'environnement.

Toxicité du NO₂

Toxicocinétique (INRS)

Les oxydes d'azote pénètrent dans l'organisme essentiellement par inhalation, mais les passages transcutanés et au cours de contacts oculaires sont possibles. Le monoxyde d'azote, peu soluble dans l'eau, pénètre dans la circulation sanguine au niveau des alvéoles alors que le peroxyde d'azote, plus soluble, est absorbé à tous les niveaux du tractus respiratoire.

Chez l'homme (0,6 – 13,6 mg/m³) l'absorption de peroxyde d'azote est de 81-90 % pendant une respiration normale et 90% pendant une respiration forcée.

Le monoxyde d'azote pénètre dans la circulation sous forme non transformée. In vitro, il se lie à l'hémoglobine pour former de la nitrosylhémoglobine qui se transforme en méthémoglobine en présence d'oxygène.

Après absorption, le peroxyde d'azote est hydrolysé en acide nitrique puis transformé en ions nitrites avant de pénétrer dans la circulation sanguine ; après arrêt de l'exposition, le taux sanguin de ces ions diminue rapidement.

Les nitrites réagissent avec l'hémoglobine pour former la nitrosylhémoglobine dont le taux est en relation linéaire avec l'exposition.

La majeure partie des nitrates est excrétée dans l'urine par les reins. Les nitrates sanguins restant sont excrétés soit dans la cavité buccale par la salive, où ils sont convertis en nitrites par les bactéries, atteignent l'estomac, y sont transformés en azote gazeux et disparaissent, soit dans l'intestin où ils sont transformés par les bactéries intestinales en ammoniac excrété dans les fèces, soit à travers les parois intestinales et excrété dans l'urine après métabolisation en urée.

Toxicité chronique chez l'homme (INRS)

L'intoxication chronique, avec des troubles irritatifs oculaires et respiratoires, est discutée. Cependant, il semble que l'exposition prolongée à une concentration insuffisante pour induire un œdème pulmonaire puisse favoriser le développement d'emphysème. L'exposition prolongée à de faibles concentrations (0,5 à 35 ppm) semble favoriser le développement d'infections pulmonaires.

Cette diminution de la résistance aux infections pourrait s'expliquer par une réduction des IgG observée chez des travailleurs exposés au NO₂.

Valeurs réglementaires

Aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible pour une exposition chronique au dioxyde d'azote.

Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 modifié, relatif à la qualité de l'air précise :

- **Objectif de qualité : 40 µg/m³ en moyenne annuelle**
- **Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³ en moyenne annuelle**

Les nouvelles lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'air donnent les valeurs indicatives suivantes :

- Lignes directrices 2021 : 10 µg/m³ en moyenne annuelle

En l'absence d'autres valeurs toxicologiques de référence adéquates, ces valeurs pourront être comparées aux concentrations en NO₂ à l'immission induites par les activités du site.

Evaluation de l'exposition et caractérisation du risque

Evaluation des concentrations à l'immission

De la même manière que pour les autres polluants, nous avons modélisé la dispersion atmosphérique des rejets de NO₂ pour estimer la concentration à l'immission à partir des flux à l'émission.

Les points d'émission étant identiques, les paramètres nécessaires à la modélisation sont donc les mêmes.

Ainsi, une concentration maximale à l'immission de 1,8.10⁻² mg/m³ de NO₂ est retrouvée à 300m au Nord des limites de propriété du site.

Caractérisation du risque

En l'absence de VTR adéquate pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire lié aux rejets atmosphériques de NO₂, nous nous proposons de comparer les concentrations retrouvées dans l'environnement proche du site aux valeurs réglementaires disponibles.

	Concentration en NO ₂ (µg/m ³ en moyenne annuelle)	Valeurs réglementaires de qualité de l'air (code de l'Env. et lignes directrices OMS) (µg/m ³ en moyenne annuelle)		
		Valeur limite pour la protection de la santé	Objectif de qualité	Lignes directrices
Concentration modélisée	18	40	40	10

La concentration en NO₂ induite par les rejets du site et retrouvée dans l'environnement du site est inférieure à la valeur limite définie par la réglementation et par l'OMS. Il est donc peu probable, qu'avec une concentration plus de 2 fois inférieure à la valeur limite, les rejets du site aient un impact sur les populations environnantes.

d) Cas particulier du SO₂

Toxicité du SO₂

Toxicocinétique

Le dioxyde de soufre pénètre dans l'organisme par inhalation. Ce gaz fortement soluble dans l'eau est rapidement hydraté, dissocié en sulfite et bisulfite et absorbé dans le tractus respiratoire supérieur (nez, pharynx).

La pénétration dans les voies respiratoires inférieures est très faible lors d'une respiration calme par le nez, elle est augmentée lors d'une respiration profonde par la bouche et quand la fréquence respiratoire augmente en particulier pendant un exercice physique. Le dioxyde de soufre absorbé passe dans le sang, qui le distribue largement dans l'organisme où il est métabolisé.

La voie principale est une oxydation en sulfate par la sulfite oxydase, présente principalement dans le foie mais aussi dans d'autres organes (rein, intestin, cœur et poumon) ; sous cette forme, il est incorporé à la réserve corporelle de sulfates. Les sulfates formés sont éliminés dans l'urine.

Toxicité chronique chez l'homme

L'exposition prolongée (pollution atmosphérique, exposition professionnelle) augmente l'incidence de pharyngite et de bronchite chronique. Celle-ci peut s'accompagner d'emphysème et d'une altération de la fonction pulmonaire en cas d'exposition importante et prolongée. Les effets pulmonaires sont augmentés par la présence de particules respirables, le tabagisme et l'effort physique. L'inhalation peut aggraver un asthme préexistant et les maladies pulmonaires inflammatoires ou fibrosantes.

De nombreuses études épidémiologiques ont démontré que l'exposition au dioxyde de soufre, à des concentrations normalement présentes dans l'industrie ou dans certaines agglomérations, peut engendrer ou exacerber des affections respiratoires (toux chronique, dyspnée) et entraîner une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardiovasculaire (maladie ischémique).

Cancérogenèse

On a suggéré que le dioxyde de soufre pouvait jouer un rôle cocancérogène dans le développement de cancer broncho-pulmonaire. Une étude suédoise suggère aussi qu'il pourrait être génotoxique (augmentation de la prévalence d'anomalies chromosomiques chez des ouvriers produisant de la pulpe de bois). Cependant, aucune donnée épidémiologique ne permet de le considérer comme directement cancérogène. Le CIRC estime que les données existantes ne permettent pas de classer le dioxyde de soufre du point de vue de sa cancérogénicité pour l'homme.

Valeurs réglementaires

Etablissement de Frouard (54)

Aucune valeur toxicologique de référence n'est disponible pour une exposition chronique au dioxyde de soufre.

Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 modifié, relatif à la qualité de l'air précise :

- **Objectif de qualité : 50 µg/m³ en moyenne annuelle**
- **Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 125 µg/m³ en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 3 jours/an)**

Les nouvelles lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'air donnent les valeurs indicatives suivantes :

- Lignes directrices 2021 : 40 µg/m³ en moyenne sur 24h

En l'absence d'autres valeurs de référence adéquates, ces valeurs pourront être comparées aux concentrations en SO₂ à l'immission induites par les activités du site.

Evaluation de l'exposition et caractérisation du risque

Evaluation des concentrations à l'immission

De la même manière que pour les autres polluants, nous avons modélisé la dispersion atmosphérique des rejets de SO₂ pour estimer la concentration à l'immission à partir des flux à l'émission.

Les points d'émission étant identiques, les paramètres nécessaires à la modélisation sont donc les mêmes.

Ainsi, une concentration maximale à l'immission de 1,02.10⁻² mg/m³ de SO₂ est retrouvée à 300 m au Nord des limites de propriété du site.

Caractérisation du risque

En l'absence de VTR adéquate pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire lié aux rejets atmosphériques de SO₂, nous nous proposons de comparer les concentrations retrouvées dans l'environnement proche du site aux valeurs réglementaires disponibles.

	Concentration en SO ₂ (µg/m ³ en moyenne annuelle)	Valeurs réglementaires de qualité de l'air (code de l'Env. et lignes directrices OMS) (µg/m ³)		
		Valeur limite pour la protection de la santé	Objectif de qualité (moyenne annuelle)	Lignes directrices (moyenne sur 24h)
Concentration à l'immission	10,2	125 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 fois par an	50	40

La concentration en SO₂ induite par les rejets du site et retrouvée dans l'environnement est largement inférieure aux recommandations de l'OMS, que ce soit en termes d'objectif de qualité (en moyenne annuelle) ou de valeur limite (en moyenne journalière). Il est donc peu probable que les rejets du site aient un impact sur les populations environnantes.

6.4. Discussion des incertitudes

L'étude présentée dans les paragraphes précédents tente à démontrer que les rejets engendrés par les activités futures de la papeterie ne pourront être à l'origine d'un impact sanitaire sur les populations environnantes, tant d'un point de vue systémique que cancérigène.

Cependant, les expressions numériques obtenues ci-dessus, et qui expriment le risque, doivent être explicitées pour pouvoir être interprétées (INERIS, 2021). Les hypothèses et les facteurs d'incertitude doivent notamment être spécifiés.

La définition des incertitudes concerne à la fois l'évaluation de l'exposition des individus et l'évaluation de la toxicité des substances. Les différents éléments concernés dans notre étude sont repris ci-après.

Choix des polluants traceurs

Les polluants étudiés sont les polluants susceptibles d'être émis par les installations de combustion en général, et par les installations projetées par la société SOFIDEL en particulier.

Certaines familles de composés ont été étudiées par l'intermédiaire de leur congénère le plus toxique (c'est le cas des dioxines assimilées à la 2,3,7,8-TCDD).

La spéciation des COV susceptibles d'être émis par la chaudière biomasse projetée a été réalisée sur la base des facteurs d'émission établis par l'INERIS, qui ont permis de déterminer des proportions pour chaque COV traceur.

Détermination des valeurs à l'émission

Afin de se placer dans une approche maximaliste, nous avons déterminé les flux à l'émission à partir des valeurs limites d'émission (VLE) réglementaires rapportées aux débits maximums des installations. Cette approche conduit à une surestimation du risque sanitaire.

S'agissant des COV, les proportions de COV traceurs ont été appliquées à la concentration maximale réglementaire.

Les flux à l'émission déterminés ont également été surestimés par la prise en compte :

- des débits maximums des installations,
- des fréquences maximales de fonctionnement estimées de chaque installation

Evaluation de la toxicité et choix des VTR

Les expositions considérées en fonctionnement normal sont des expositions de longue durée, dites chroniques. En effet, 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'évaluation des risques sanitaires (valeurs de référence les plus faibles).

Etablissement de Frouard (54)

Les VTR sont toutes issues de bases de données scientifiques internationales ou nationales et représentent les VTR disponibles au moment de l'étude. Lorsque plusieurs VTR sont disponibles pour un même composé, il s'agit de faire le choix de celle qui sera utilisée pour la caractérisation du risque.

Les critères de choix des VTR répondent aux modalités de 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 ».

Evaluation de l'exposition

Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants

La modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants a été réalisée à l'aide du logiciel Aria Impact développé par Aria Technologies.

Les hypothèses de calcul de ce modèle gaussien sont majorantes. De plus, le logiciel présente certaines limites : météorologie homogène dans la zone d'étude, pas de prise en compte des obstacles, pas de prise en compte de la réactivité chimique, etc.

Les données d'entrée du logiciel peuvent également influencer les résultats de la modélisation.

Calcul de l'exposition par inhalation

A partir des concentrations maximales à l'immission obtenues par la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants et selon le guide méthodologique de l'INERIS, la concentration inhalée est calculée.

Ici aussi, nous nous sommes placés dans une situation maximaliste :

- le fonctionnement du site 365 jours par an,
- la prise en compte des concentrations maximales de rejet des installations à l'origine d'émissions atmosphériques,
- le scénario d'exposition correspond à une personne présente en permanence à l'endroit où s'observent les concentrations maximales à l'immission (hypothèse très majorante). Toutefois, pour les effets sans seuil, le scénario raisonnablement majorant prend en compte une durée d'exposition de 30 ans correspondant à la durée de résidence d'un ménage dans un même logement.

Calcul de l'exposition par ingestion

L'exposition par ingestion a été estimée à partir des retombées maximales liées aux rejets atmosphériques. De plus, toute la zone d'étude prise en compte dans la modélisation, est considérée comme présentant ces concentrations en polluants maximales. Enfin, un individu est considéré comme présent toute sa vie sur le lieu de l'étude. Ces trois hypothèses sont donc majorantes.

Caractérisation des risques

Estimation du risque pour les effets systémiques

Dans le cas des effets systémiques, une concentration inhalée ou ingérée inférieure à la valeur toxicologique de référence (ratio de danger < 1) écarte

Etablissement de Frouard (54)

théoriquement tout risque de survenue de l'effet indésirable liée à l'exposition. Il est donc simple de prendre position.

Estimation du risque pour les effets cancérigènes

Dans le cas des effets cancérigènes par contre, l'excès de risque représente la probabilité de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

Dans notre étude, la qualification du niveau d'excès de risque comme acceptable ou inacceptable pour un individu a été réalisée en comparant les ERI au seuil d'acceptabilité de l'OMS, qui est de 10^{-5} .

Il faut cependant noter que ce seuil de 10^{-5} qui correspondant à un cas supplémentaire de cancer sur 100 000 sujets exposés toute leur vie, est ici présenté comme limite acceptable, alors qu'il est le plus souvent utilisé pour définir un risque négligeable.

Il n'existe pas de texte de loi fixant le niveau de risque acceptable. Seuls des niveaux repères sont proposés à titre indicatif par certaines instances internationales. Suivant les pays, cette valeur seuil peut varier de 10^{-4} à 10^{-6} (référentiel de l'US-EPA pour la gestion des sols pollués) à 10^{-5} (référentiel allemand pour la qualité des sols).

Ainsi :

- l'OMS apprécie le risque de cancer par rapport à un risque de 10^{-5} ,
- l'US-EPA distingue l'excès de risque affectant un individu pour lequel elle propose un niveau de repère de 10^{-4} , et l'excès de risque affectant une population qui est apprécié par rapport à un excès de risque 10^{-6} . Enfin, pour l'excès de risque lié à l'exposition à plusieurs substances simultanément, cette même instance propose la valeur de 10^{-5} .
- L'US-EPA considère donc comme acceptable un risque situé entre 10^{-4} et 10^{-6} sur la vie entière (au-delà de 10^{-4} , le risque est considéré comme inacceptable et en deçà de 10^{-6} , il est négligeable).

Par conséquent, la réalisation de cette étude sanitaire a été effectuée de manière à intégrer une situation maximaliste, voire pénalisante des installations de la chaufferie projetée par la société SOFIDEL à Frouard.

Synthèse – Conclusion

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

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée avec des hypothèses majorantes, en utilisant les flux maximaux susceptibles d'être émis par les installations existantes et projetées du site.

Les concentrations maximales à l'immission (dans l'environnement) obtenues lors des modélisations n'induisent pas de risque sanitaire sur les populations.

Par conséquent, il est donc exclu que les futurs rejets du site aient un impact sanitaire sur les populations environnantes du secteur d'étude.

7. Incidence sur le trafic routier

Les livraisons de la biomasse seront réalisées par camions à fond mouvant de 90 m³. Les livraisons ne seront réalisées qu'en semaine (du lundi au vendredi), le trafic prévisionnel associé à la livraison de biomasse est de 5 PL/jour.

Le projet sera également à l'origine d'un trafic lié à l'évacuation des cendres, nous pouvons estimer dans un cas majorant que le projet sera à l'origine de 1 à 2 camions par mois associé à cette tâche.

Ainsi, l'impact global du projet sera ainsi de 5 PL/jour.

Les données de trafic issues des comptages routier à proximité du site (D40-A31), et l'augmentation de trafic lié au projet sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 18 : Augmentation du trafic imputable au projet

Axes		Trafic initial (Véhicules/j)	Trafic avec la mise en place du projet (en Véhicules/j)	Part (en %) du trafic imputable au projet
A31 (2022)	Tout véhicule	57 508	57 513	0,01
	Poids Lourds	10 208	10 213	0,05
D40 (2021)	Tout véhicule	7 154	7 159	0,07
	Poids Lourds	769	774	0,65

Synthèse – Conclusion

Considérant la faible augmentation du trafic lié au projet (0,10 % du trafic total au maximum), il n'est pas attendu que celui-ne soit à l'origine d'un impact sur le réseau viaire.

8. Gestion des déchets

Le projet de nouvelle biomasse sera à l'origine de la production de 3 types de cendres, les tonnages ainsi que les codes déchets de ces cendres sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Types de cendres	Description	Code déchets	Quantité (t)	Traitement
Mâchefers	Résidus de combustion du foyer	100101	200	Valorisation en sous-couche routière
Cendres des cyclones	Résidus d'épuration du traitement primaire des fumées	100103	100	Stockage en centre de traitement de déchets dangereux
Cendres des filtres à manche	Résidus d'épuration du traitement secondaire des fumées	100105	100	Stockage en centre de traitement de déchets dangereux après stabilisation

Ces déchets sont identiques à ceux produits par l'exploitant de la chaufferie biomasse actuellement en service sur le site. Ces déchets seront traités par les même filière de traitement que les déchets actuellement produits sur le site.

Il n'y aura donc pas de modification de la gestion des déchets sur le site.

9. Conclusion

Le projet de nouvelle chaufferie biomasse n'engendrera que des impacts très limités sur la qualité de l'air, le paysage et le trafic.

C . Dangers liés aux modifications projetées

Etablissement de Frouard (54)

Le présent chapitre a pour objectif de dresser un listing des parties de l'installations qui sont susceptibles d'être à l'origine d'un sinistre pouvant avoir des conséquences directes ou indirectes sur l'environnement, la sécurité publique ou le maintien en sécurité de l'installation.

Ce chapitre n'a pas vocation à suivre une trame type d'une étude des risques, mais en reprend les principes et la philosophie et notamment en suivant les textes et guides ci-dessous :

- *l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation,*
- *la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.*

Elle se décompose selon les étapes suivantes :

1. *Analyse Préliminaire des Risques – Identification et caractérisation des potentiels de danger :*
 - *examen des phénomènes naturels et du voisinage de l'établissement en tant que source d'agression,*
 - *analyse systématique des risques liés aux produits utilisés (étude des caractéristiques physico-chimiques et de dangerosité) et aux activités existantes ou envisagées,*
 - *hiérarchisation des risques en fonction de leur probabilité d'apparition et de la gravité de leurs effets,*
2. *Etude Détaillée des Risques – Définition des scénarii d'accidents (apparition d'un phénomène accidentel) faisant l'objet d'une quantification quantitative des effets (probabilité, intensité des effets, gravité des conséquences humaines) selon leur nature (incendie, explosion, toxicité).*
3. *Examen des effets dominos liés au risque de propagation d'un sinistre,*
4. *Démarche de maîtrise des risques et justification des mesures propres à réduire la probabilité et les conséquences d'un sinistre (mesures organisationnelles, moyens d'intervention, etc.).*

1. Analyse des risques d'origine interne

Les événements accidentels pouvant se déclencher sur le site en cas de fonctionnement anormal des installations peuvent être rangés selon les grandes catégories suivantes :

- l'écoulement accidentel,
- l'incendie,
- l'explosion,
- la dispersion toxique.

L'approche systématique de ces différents incidents est effectuée par l'analyse :

- des produits stockés et employés,
- des activités de l'établissement,
- des utilités.

Dans le cadre du projet, il apparaît que les risques nouveaux identifiés sont essentiellement des risques d'incendie et d'explosion.

1.1. Identification des dangers liés aux produits

Le terme de potentiel ou source de dangers désigne tout équipement qui, par les produits qu'il contient ou par les réactions ou les conditions particulières mises en jeu pour ces produits, est susceptible d'occasionner des dommages majeurs sur les enjeux à la suite d'une défaillance. Ces potentiels peuvent se traduire par des événements ou phénomènes redoutés tels que :

- des dérives réactionnelles, décompositions thermiques, réactions explosives,
- des mélanges accidentels pouvant conduire à la formation de composés explosibles ou toxiques,
- l'incendie généralisé d'unités, phénomène de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), panache de fumées toxiques,
- des ruptures de réservoirs fixes, mobiles ou des canalisations avec formation de nuages de gaz toxiques ou inflammables,
- des fuites liquides et pollutions accidentelles de réseaux et milieux aquatiques.

L'identification des produits se base sur la liste des produits transmise par l'exploitant. Concernant les stockages de produits toxiques ou dangereux, les quantités sont ajustées au mieux en fonction des besoins de la production. Le site sera équipé d'un système informatisé de gestion des produits ce qui permet de connaître et d'ajuster les stocks en permanence.

Le seul produit lié au projet et identifié comme pouvant être à l'origine d'un sinistre est la biomasse.

Le principal risque du bois est l'incendie : matériau organique combustible.

Le pouvoir calorifique du bois dépend de sa masse volumique et de sa teneur en eau : pour un taux d'humidité usuel, la valeur moyenne est d'environ 2750 kWh/tonne soit 10 MJ/kg de bois humide. Elle dépend surtout de l'humidité du bois pour atteindre couramment 17 MJ/kg de bois à 10 % d'humidité. La biomasse utilisée sur le site aura une humidité comprise entre 15 et 55 %.

Processus de combustion :

En vase clos, le processus de combustion du bois est le suivant :

- au-dessous de 100°C : il ne s'échappe à peu près exclusivement que de la vapeur d'eau,
- de 100 à 275°C : apparaissent le CO₂ (environ 70%) incombustible et le CO, combustible ; le bois prend une couleur brune,
- vers 275°C : la réaction devient largement exothermique ; la proportion de CO₂ diminue très vite ; les hydrocarbures apparaissent ; le bois prend une couleur « chocolat »,
- à partir de 350°C : les dégagements gazeux deviennent moins abondants, mais les gaz sont en presque totalité combustibles ; les hydrocarbures dominant, puis apparaît l'hydrogène en proportion de plus en plus importante dans le mélange,
- au-delà de 450°C : hydrogène et hydrocarbures constituent la majeure partie des dégagements gazeux ; le résidu noir et friable est du charbon de bois, susceptible lui-même de brûler en produisant du CO combustible et du CO₂ incombustible.

A l'air libre, ces phases ne sont pas parfaitement distinctes, mais il y a un moment où l'allure de la combustion change.

La température de combustion du bois est très variable suivant les conditions environnantes. Dans des conditions optimales, la température des flammes émanant de bois sec peut atteindre 1 850°C. En pratique, compte tenu notamment du taux d'humidité du bois et de la ventilation, la température de combustion oscille entre 500 et 1 200°C. Toutefois, à l'intérieur du bois en feu, la température reste très basse, du moins dans les pièces de section importante, en raison de la teneur en eau, d'une part, et de l'effet isolant de la couche carbonisée, d'autre part.

NOTA : Le taux de rotation du bois sera suffisant pour éviter les phénomènes de fermentation. Le stockage du bois sera ventilé naturellement.

1.2. Les risques d'incendie et d'explosion

1.2.1. Généralités

a) L'incendie

❖ Description

Le phénomène de combustion d'un produit intéresse les vapeurs émises par le produit réchauffé.

Pour qu'un produit brûle, il faut donc qu'il émette des vapeurs inflammables.

La combustion a ainsi lieu en phase gazeuse dans une zone qualifiée de flamme.

Cas des liquides inflammables

L'incendie résulte de la combustion d'une nappe de combustible liquide, les vapeurs inflammables étant émises par évaporation de la phase liquide.

Cas des solides combustibles

Pour les combustibles solides, un processus plus complexe mettant en jeu notamment des réactions de décomposition, fusion ou pyrolyse, est indispensable à l'émission de gaz ou distillats inflammables.

❖ Effets

Les conséquences associées à un incendie sont liées :

- au rayonnement thermique, sur l'homme et les équipements,
- aux dégagements de fumées, particulièrement aux gaz toxiques qu'elles véhiculent, mais aussi à la diminution de la visibilité induite,
- dans une moindre mesure, à la pollution des eaux ou des sols liée au transport de substances dangereuses via les eaux d'extinction.

Le mécanisme de transfert de la chaleur – le rayonnement thermique

Lorsque les réactions de combustion sont déclenchées, d'importantes quantités de chaleur sont libérées.

Trois mécanismes fondamentaux du transfert de chaleur à partir de la flamme coexistent :

- la convection : l'énergie thermique est propagée par les gaz chauds issus de la combustion et l'air ambiant échauffé par le foyer (mouvements de fluides), ce mécanisme est à l'origine de la propagation verticale de l'incendie,
- la conduction : la chaleur est propagée à travers un corps solide conducteur en contact avec une source chaude, par transfert de calories,
- le rayonnement : l'énergie thermique est propagée sous forme de photons qui se propagent à longue distance en ligne droite. Ils subissent une atténuation en fonction de la distance (dispersion de l'énergie dans un volume croissant) et par collision avec les molécules de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone.

La propagation de la chaleur peut également se faire par projection de brandons (fragments de solides en ignition) qui peuvent franchir, suivant la force du vent, des distances souvent importantes.

Les effets physiques des modes de transmission de la chaleur par convection et conduction, restent limités au voisinage du foyer.

Le phénomène de rayonnement est le transfert de chaleur prédominant pour des feux de grande taille dès lors que la température est supérieure à 400°C.

Les fumées de combustion

La flamme est formée par un mélange de vapeurs, de gaz de combustion, d'air et d'espèces intermédiaires telles les suies. De ce fait, la composition des fumées est complexe et dépend de la température au cœur de la flamme.

Les effets des fumées sont essentiellement liés à l'atteinte des personnes caractérisés par :

- les brûlures par inhalation,
- l'agression due à la toxicité des produits de combustion,
- la gêne visuelle occasionnée, notamment sur les voies de circulation,
- en milieu confiné, une raréfaction de la concentration en oxygène consommé au cours de la combustion.

b) L'explosion

❖ Description

Une explosion est un phénomène de libération soudaine d'énergie générant une augmentation brutale de volume en milieu ouvert ou de pression en milieu clos.

Gaz ou vapeurs

Dans le cas d'une explosion de gaz, le phénomène essentiel est celui de l'échauffement des produits de combustion par la chaleur libérée.

L'explosivité ne sera possible que si la concentration en combustible dans le mélange gazeux est comprise entre une limite inférieure (LIE) et une limite supérieure (LSE).

Poussières

Une explosion de poussières nécessite la présence simultanée, dans un espace confiné :

- d'un solide pulvérulent, finement divisé en suspension dans l'air et formant un nuage à une concentration explosible,
- d'un gaz comburant,
- d'une source d'inflammation.

❖ Effets

Les conséquences associées à une explosion sont liées :

- aux effets de surpression, sur l'homme et les équipements,

Etablissement de Frouard (54)

- aux effets missiles liés à la projection de débris et autres fragments structurels.

Les effets liés à la surpression sont déterminés en fonction de plusieurs paramètres :

- la nature du gaz explosible et sa vitesse de déflagration,
- le délai d'allumage et par conséquent la quantité de gaz émis à la source,
- l'onde de surpression aérienne qui constitue l'effet prépondérant sur les hommes.

Les effets missiles

Le comportement des projections de fragments de structure est complexe à déterminer.

L'impact d'un missile dépend évidemment de son énergie cinétique, de sa trajectoire, mais aussi de sa forme.

Il est ainsi difficile de fonder une stratégie claire de prise en compte des effets missiles sur les structures, en raisonnant uniquement de manière déterministe sur des rayons de conséquences.

La méthode la mieux adaptée à cette problématique serait une estimation probabiliste de la répartition spatiale des fragments en fonction d'une évaluation de la taille et de la direction d'éjection de ces fragments.

D'un point de vue déterministe, la solution la plus souvent adaptée pour prendre en compte les effets missiles est de considérer une typologie de différents fragments représentatifs de l'ensemble des agressions potentielles sur un équipement.

1.2.2. Inventaire des zones à risque et moyens/mesures de prévention et de protection mis en œuvre sur le site

a) Stockage des plaquettes forestières

❖ Risques

Le stockage des plaquettes forestières sera réalisé dans deux silos de 500 m³.

Dans cette zone de la future chaufferie, la présence de biomasse sera permanente.

Ainsi, le risque incendie sera présent au niveau du stockage de biomasse, des convoyeurs de biomasse et des équipements de filtration de la fumée.

Le système de convoyage et le système de filtration des fumées seront couverts par une détection incendie propre au process ne dépendant de la centrale incendie du bâtiment et par des dispositifs d'aspersion d'eau par action automatique.

❖ Maitrise des risques d'allumage

De manière générale, les sources d'ignition peuvent être des défauts d'installation électriques ou des défauts sur les installations, des feux nus (cigarette), un travail par point chaud (soudure), l'électricité statique, des défaillances de machines, un acte volontaire (malveillance), etc. Ces événements indésirables potentiellement générateurs d'un incendie sont pris en compte dans le tableau d'analyse des risques ci-après sous le terme « présence d'une source d'ignition ». Quelle que soit cette source le phénomène engendré reste identique : incendie et/ou explosion. Afin de réduire le risque incendie ou d'explosion présent sur le site, des mesures préventives seront prises. Elles consistent à limiter au maximum les sources d'ignition potentielles.

La limitation des sources d'ignition sera instaurée par des règles simples : installations électriques conformes aux normes en vigueur avec des contrôles périodiques, interdiction de fumer, autorisation pour tout travail par point chaud, permis de feu pour tous travaux le nécessitant, mise à la terre des équipements pouvant générer de l'électricité statique, protection contre la malveillance (site clôturé et alarme anti-intrusion), protection contre la foudre, etc.

❖ Détection incendie

Une détection incendie sera mise en place au niveau des installations suivantes : stockage bois, chaufferie bois. Ces systèmes de détection seront adaptés en fonction de la nature des zones à couvrir. Une détection incendie engendrera la mise en route d'une alarme sonore et visuelle avec report au poste de garde.

b) Installation de combustion et local associé

❖ Risques

Le risque potentiellement majeur pour les installations de combustion est l'explosion. Ce phénomène s'explique par la formation d'une poche de gaz (mélange air/gaz explosible) à l'intérieur de la chambre de combustion, à l'inflammation de celle-ci et à l'explosion interne de l'installation.

Dans le cas de la chaudière biomasse, l'explosion serait liée à l'accumulation potentielle de gaz imbrûlés (dont du CO) dans la chambre de combustion de la chaudière.

La formation de gaz imbrûlés est liée à une combustion incomplète de la biomasse, nécessitant la présence d'une source d'ignition. De fait, il est physiquement impossible que les gaz imbrûlés formés occupent l'intégralité du volume de la chambre de combustion.

❖ Mesures

Lors du fonctionnement de la chaudière biomasse, les mesures suivantes seront mises en place :

- Procédure de démarrage et d'arrêt assurant l'évacuation des gaz imbrûlés du foyer ;
- Contrôle permanent des paramètres de fonctionnement : composition des effluents gazeux de la combustion (dont CO), température, pression, débit de la ligne fumées et circuit eau ;
- Alarme ou mise à l'arrêt automatique sur détection de seuil haut et/ou bas sur ces paramètres.

La chaudière possèdera également des équipements de sécurité spécifiques au réseau eau : thermostat de surchauffe, débitmètre, détection de manque d'eau. En l'absence du personnel d'exploitation sur le site, les défauts de synthèse de chaque générateur sont remontés à l'astreinte via le système de supervision.

1.3. Synthèse sur l'identification des potentiels de dangers

1.3.1. Potentiels de dangers liés aux différentes phases de fonctionnement

Les différentes phases de fonctionnement sont :

- la phase de démarrage,
- la phase d'arrêt,
- le fonctionnement normal, de base.

Pendant la phase de démarrage, il pourrait y avoir un risque d'explosion de CO pour la chaudière biomasse. Cependant, la mise en place des différentes mesures de prévention/protection permet d'éviter ce phénomène :

- procédure de démarrage et d'arrêt assurant l'évacuation des gaz imbrûlés du foyer ;
- contrôle permanent des paramètres de fonctionnement : composition des effluents gazeux de la combustion (dont CO), température, pression, débit de la ligne fumées et circuit eau ;
- Alarme ou mise à l'arrêt automatique sur détection de seuil haut et/ou bas sur ces paramètres.

1.3.2. Potentiels de dangers liés aux installations et équipements

Tableau n° 19 : Identification des potentiels de danger

Localisation	Nature des dangers	Potentiels de dangers
Chaudière biomasse	Incendie / explosion	Incendie de bois et explosion
Réception et stockage biomasse et convoyeurs	Incendie / explosion	Incendie par inflammation de particules de bois et explosion par inflammation de poussières fines
Traitement des fumées	Incendie / explosion	Incendie par inflammation de particules et explosion par inflammation d'un nuage de poussières

L'évaluation des risques (justification de la retenue ou non du phénomène dangereux) est réalisée au niveau du tableau d'analyse des risques présenté plus loin.

1.4. Justification et réduction des potentiels de danger

1.4.1. Généralités

La limitation des potentiels de danger doit répondre aux critères suivants :

- principe de substitution : substituer les produits dangereux utilisés par des produits identiques mais moins dangereux,
- principe d'intensification : intensifier l'exploitation en minimisant les quantités de substances dangereuses mises en œuvre,
- principe d'atténuation : définir des conditions opératoires ou de stockage moins dangereuses,
- limitation des effets : réduction des impacts d'une éventuelle perte de confinement par exemple.

1.4.2. Application au projet

Le projet concerne la production de chaleur via l'utilisation de biomasse.

Le combustible biomasse est considéré comme renouvelable et ne contribue pas à l'effet de serre. Les quantités de biomasse sur le site de Frouard correspondront précisément aux besoins nécessaires pour répondre à la demande, c'est le minimum, le site fonctionnant en flux tendu. En effet, la chaufferie biomasse sera équipée d'une capacité de stockage de biomasse dimensionnée pour une autonomie minimum de 4 jours à pleine puissance. La chaudière bois pourra ainsi fonctionner pendant 4 jours sans être livrées.

Compte tenu de ces éléments, il n'est donc pas envisageable de réduire les quantités de combustibles mises en jeu sur le site.

Les stockages de matières combustibles seront limités autant que possible dans des conditions compatibles avec la bonne exploitation du site.

2. Retour d'expérience (Accidentologie)

L'objectif du présent paragraphe est :

- De recenser les événements pertinents relatifs à la sûreté de fonctionnement survenus sur le site et sur d'autres sites mettant en œuvre des installations, des substances et des procédés comparables seront recensés.
- De préciser les mesures d'améliorations possibles que l'analyse de ces incidents ou accidents a conduit à mettre en œuvre ou à envisager.

L'analyse du retour d'expérience de l'exploitant sur d'autres sites similaires permet ainsi d'intégrer un processus d'amélioration continue des installations fondé sur des remèdes techniques et organisationnels apportés à l'occasion de l'analyse de chaque accident, incident ou « presque accident ».

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets et les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

Afin de déterminer le type d'accidents pouvant intervenir sur un site similaire à celui du projet, une recherche a été effectuée sur la base de données du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles).

Le BARPI est chargé, pour le compte du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, de rassembler et de diffuser des données sur le retour d'expériences en matière d'accidents technologiques.

Le recueil, l'analyse, la mise en forme des données sont inscrits dans la base de données A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). La recherche a été effectuée sur les accidents survenus en France. La recherche a porté sur :

- Les accidents issus du secteur d'activité de la chaufferie ;
- Les accidents impliquant les chaudières biomasse ;
- Les accidents impliquant le stockage de bois ;
- Les accidents impliquant de la biomasse ;
- Les accidents impliquant des imbrûlés au sein de chaudières.

2.1.1. Accidents impliquant des chaudières au bois

La recherche a porté sur les mots « chaudière » et « biomasse ». La recherche sur le mot « biomasse » n'a pas été concluante. Sur les 18 événements recensés, 10 événements ont été retenus.

Les principales causes (événements initiateurs) et leurs conséquences (phénomènes dangereux) ont été identifiées et sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau n° 20 : Parts des différents phénomènes dans les incidents de chaudières bois

Phénomènes dangereux	Nombre de cas	Part des incidents
Incendie	6	60%
Combustion lente	2	20%
Débordement	2	20%
TOTAL	10	100%

Tableau n° 21 : Parts des causes retenues dans les incidents de chaudières bois

Causes	Nombre de cas	Part des incidents
Inconnue	1	10%
Départ incendie	2	20%
Auto-échauffement	1	10%
Défaut dépression dû à un encrassement	1	10%
Accumulation résidus biomasse	1	10%
Défaillance groupe hydraulique	1	10%
Surchauffe du transformateur électrique	1	10%
Défaillance lors de la phase de ramonage de la chaudière	1	10%
Erreur humaine	1	10%
TOTAL	10	100%

Tableau n° 22 : Dégâts causés lors des incidents de chaudière biomasse

Principales conséquences	Nombre de cas	Part des incidents
Dégâts matériels	2	20%
Aucune	3	30%
Arrêt des installations	3	30%
Pollution	2	20%
TOTAL	10	100%

La plupart des incidents recensés sont liés à des incendies au niveau de la chaudière ou du stockage de biomasse. Certains incendies sont de type combustion lente et n'entraînent pas de dommages importants.

2.1.2. Accidents impliquant un stockage de bois

La recherche a porté sur les mots « stockage », « silo », « bois » et « chaudière ». Sur les 12 événements recensés, 8 événements ont été retenus.

Les principales causes (événements initiateurs) et leurs conséquences (phénomènes dangereux) ont été identifiées et sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau n° 23 : Parts des différents phénomènes dans les incidents de stockages de bois

Phénomènes dangereux	Nombre de cas	Part des incidents
Incendie	5	62%
Feu couvant	1	13%
Explosion de poussière de bois puis incendie	2	25%
TOTAL	8	100%

Tableau n° 24 : Parts des causes retenues dans les incidents de stockages de bois

Causes	Nombre de cas	Part des incidents
Friction de pièces métalliques	1	13%
Inconnue	3	36%
Départ incendie	1	13%
Retour éléments incandescents venant de la chaudière	1	13%
Auto-échauffement	2	25%
TOTAL	8	100%

Tableau n° 25 : Dégâts causés lors des incidents de stockages de bois

Principales conséquences	Nombre de cas	Part des incidents
Dégâts matériels	7	87%
Arrêt des installations	1	13%
TOTAL	8	100%

2.1.3. Accidents impliquant de la biomasse

Parmi les accidents recensés sur la base d'une recherche à partir du mot « biomasse », 6 sur 82 sont des explosions. Parmi ces accidents, aucun n'a eu d'effets sur des personnes en dehors des limites de propriété.

Ces accidents sont présentés ci-dessous.

a) **Fiches détaillées**

N° 49098 - 07/01/2017 - FRANCE - 24 - BANEUIL

C22.21 - Fabrication de plaques, feuilles, tubes et profilés en matières plastiques



Vers 15h30, une explosion, suivie d'un départ de feu, se produit au niveau des installations d'alimentation de l'incinérateur à biomasse d'une usine de fabrication de stratifiés. Plusieurs trappes de convoyeurs sont soufflées. Certaines endommagent le bardage du bâtiment au passage. Les fixations de 2 convoyeurs, solidarisés par entretoise, sont arrachées du mur mitoyen du silo. Un feu se déclare au niveau du groupe hydraulique des briqueteuses et au niveau des silos. L'incinérateur ne présente pas de dégâts apparents.

L'exploitant déclenche son POI. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité autour du site. Le personnel, 55 personnes, évacuent le site. Les gendarmes coupent et dévient la circulation de la D660. L'exploitant déclenche l'arrêt manuel de toutes les utilités du site conformément aux procédures. Le déclenchement de cet arrêt d'urgence entraîne l'arrêt du sprinklage activé dans un des silos. Les pompiers circonscrivent l'incendie vers 18h15 à l'aide de 3 lances. Le silo est noyé avec une lance à mousse. Les eaux d'extinction incendie s'infiltrent dans le sol car la zone sinistrée se situe en aval du bassin prévue pour la collecte de ces eaux. Un opérateur de la chaufferie, choqué, est transporté à l'hôpital. Il en ressort en fin de journée.

L'exploitation de cette installation de chaufferie était précédemment sous-traitée. Elle a été reprise par l'exploitant l'année précédant le sinistre. Le transfert de la biomasse et des broyats qui se fait gravitairement est propice à la génération de poussières. Actuellement les convoyeurs ne font pas l'objet de nettoyage spécifique. Ils ne sont pas équipés de système d'aspiration de poussières. Les silos et les convoyeurs ne sont pas équipés de système permettant de détecter un point chaud.

Deux feux de silos ont eu lieu sur ce site en 2015 (ARIA 48241 et ARIA 46648) et une explosion similaire en 2014 (ARIA 45278).

Etablissement de Frouard (54)

N° 43272 - 30/10/2012 - FRANCE - 40 - MORCENX
 D35.11 - Production d'électricité

Dans une centrale en cours de mise au point afin de générer de l'électricité à partir de refus de tri de déchets banals et de biomasse ligneuse (copeaux de bois) par gazéification, une explosion se produit à 18h15 dans la vis sans fin alimentant en biomasse un gazéifieur. L'équipe d'exploitation ferme immédiatement la trappe séparant le gazéifieur de la vis sans fin, dont une partie du capotage est détruite. La gazéification est interrompue par coupure de l'alimentation en air et injection d'azote. L'accident est survenu au cours d'essais d'alimentation. En effet, à la suite d'un bourrage de la chaîne d'alimentation, la vis sans fin s'est trouvée vide de biomasse. Elle s'est alors remplie de gaz sous pression provenant du gazéifieur.

Après analyse, l'exploitant envisage d'ajouter un capteur de pression dans la vis sans fin et d'automatiser la fermeture de la trappe de séparation en cas de détection d'une pression dans la vis sans fin inférieure à celle du gazéifieur. Il installe un nouveau capotage au plus près de la vis pour réduire l'espace intérieur et y plante un événement de surpression. Le capteur de remplissage est également modifié : il ne servira plus seulement à piloter l'alimentation de la vis, mais également à détecter les périodes où celle-ci est vide pendant plus d'une minute afin de déclencher automatiquement l'arrêt de la gazéification et la fermeture de la trappe entre vis et gazéifieur. L'installation redémarre 3 semaines après l'explosion.

N° 57654 - 22/07/2021 - FRANCE - 972 - FORT-DE-FRANCE
 E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

Vers 7h30, une explosion suivie d'un feu se produit sur la tour de chargement de camions d'un silo à bois d'une centrale biomasse dans un port. Un chauffeur, brûlé au premier degré, est transporté à l'hôpital. Les pompiers éteignent l'incendie par immersion d'azote au moyen d'une lance canon.

D'après la presse, un incident technique aurait provoqué un échauffement du produit.

N° 54314 - 25/04/2019 - FRANCE - 28 - GELLAINVILLE
 D35.11 - Production d'électricité

Dans la matinée, une explosion se produit au niveau de la trémie d'admission du bois de l'installation de chaufferie biomasse dans une usine de cogénération biomasse alimentant un réseau de chaleur. L'explosion entraînée une combustion du bois dans le silo (la trémie) sans formation de flammes. L'installation est mise à l'arrêt.

Une agrégation de poussière au niveau du racloir serait à l'origine de l'incident.

b) Interprétation des accidents

Parmi ces 6 phénomènes d'explosion, on recense :

- Deux explosions dues à une accumulation de poussières au niveau du système d'alimentation (défaut de nettoyage, pas de système d'aspiration des poussières, absence de détection de point chaud) ;
- Une explosion due à un défaut de contrôle de l'absence d'eau dans une boîte de support d'un tube de ramonage d'une chaudière expérimentale (intrusion d'eau de pluie et vaporisation instantanée) ;
- Explosion de poussières due à la présence d'un corps étranger (vis) ayant pu créer un point chaud ;
- Explosion due à un défaut d'alimentation, donnant lieu à une accumulation de gaz dans la vis sans fin en amont de la chaudière ;
- Explosion de poussières due à un échauffement de biomasse (incident technique) ;

Quatre de ces six phénomènes sont accompagnés d'un départ de feu.

Les dégâts matériels engendrés sont les suivants :

- Trappes de convoyeurs soufflées
- Bardage du bâtiment endommagé
- Arrachement ou endommagement du système d'alimentation
- Câbles ou canalisations endommagées
- Parois de la chaudière endommagées
- Vitres brisées

Concernant les dégâts humains, on dénombre :

- 1 personne choquée ;
- 1 blessé (brûlure) ;
- 2 morts ;

En synthèse, il apparaît qu'aucun de ces phénomènes ne soit engendré par la présence de gaz imbrûlés. La conséquence de ces événements sont principalement matérielles et, aucun dégât humain n'est recensé en dehors du personnel du site ou du personnel d'intervention.

2.1.4. Accidents impliquant des imbrûlés au sein des chaudières

Une recherche complémentaire a été effectuée en utilisant les termes « imbrûlé » et « chaudière ». Cette recherche permet d'identifier 9 accidents, dont 4 concernent des explosions. Ces événements sont présentés ci-après.

a) Fiches détaillées

N° 5934 - 07/10/1994 - FRANCE - 38 - GRENOBLE

D35.30 - Production et distribution de vapeur et d'air conditionné



Une explosion survient sur une chaudière à charbon pulvérisé en lit fluidisé circulant (90 t/h à 65 bar) alors que l'alimentation est arrêtée et que l'exploitant procède au séchage du nouveau revêtement réfractaire d'un cyclone en utilisant des brûleurs à basse température alimentés au fioul BTS. Les automatismes installés ne permettant pas de diminuer l'injection d'air en allure réduite, l'excès d'air (19 % O2 dans les fumées) entraîne une mauvaise combustion avec émission de CO et de particules imbrûlées, qui explosent tour à tour (déflagration puis explosion de poussières). L'électrofiltre de 1 000 m³ (16x3x5m, 90 kV) est détruit. Un incendie limité se déclare ; il est rapidement maîtrisé par les pompiers. Aucune victime n'est déplorée.

N° 51587 - 26/01/2018 - FRANCE - 50 - BAUPTÉ

G46.21 - Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail



A 2h30, une explosion se produit sur une chaudière dans une usine agroalimentaire. La chaudière s'arrête instantanément. Un périmètre de sécurité de 10 m dans l'alignement de la chaudière est mis en place. L'entreprise fonctionne en mode dégradé avec une seule chaudière. La deuxième passe en mode rondier par précaution (2 h). Les chaînes de production sont mises à l'arrêt. Une vidange progressive des installations de production est effectuée. La porte de la chaudière est déformée et ouverte.

Après une première analyse des causes, il semble que le boulon sur la biellette de commande des registres d'air comburant était dévissé entraînant une perte de la régulation de la combustion. L'accumulation de gaz imbrûlés dans le corps de chauffe de la chaudière a provoqué l'explosion.

L'exploitant met en place les actions suivantes :

- contrôle de la deuxième chaudière ;
- contrôle de la chaudière concernant la réglementation ESP ;
- intégration du capteur d'oxygène à la chaîne de sécurité afin qu'une baisse significative du taux active la mise en sécurité de la chaudière ;
- réalisation d'expertise interne ;
- réalisation d'une expertise complémentaire par un organisme extérieur pour une analyse des risques.

L'exploitant met en place une chaudière de location le temps de réparer la chaudière endommagée pour assurer sa production.

Etablissement de Frouard (54)

N° 6537 - 07/02/1973 - BELGIQUE - 00 - FELUY

C19.20 - Raffinage du pétrole



Dans une centrale vapeur, une chaudière est exploitée en marche stable, à débit minimum, les brûleurs à gaz et à fioul étant simultanément en service. La conduite est en mode automatique, mais par suite du manque de fiabilité des mesures d'air comburant, les contrôles du débit en gaz et du régime de la soufflante sont passés en manuel pour équilibrer le régime selon la demande. Une panne de composant électronique de la régulation fioul entraîne l'ouverture en grand de la vanne de régulation, étouffant la combustion et générant une grande quantité d'imbrûlés qui obscurcissent les détecteurs de flammes et causent la coupure générale de l'alimentation en fioul et gaz. Le ventilateur étant resté en marche, les imbrûlés atteignent alors la LSE et explosent.

N° 30306 - 14/07/2005 - FRANCE - 69 - CORBAS

C10.91 - Fabrication d'aliments pour animaux de ferme



Des agents de sécurité surveillant la zone industrielle de CORBAS aperçoivent à 5 h de la fumée s'échappant d'un établissement de fabrication d'aliments pour animaux dont la production a cessé 1 h plus tôt. Les secours constatent à leur arrivée qu'une épaisse fumée noire s'échappe de la salle des machines abritant les 3 compresseurs des installations de réfrigération mettant en oeuvre du chlorodifluorométhane (R22). La gendarmerie, les services du gaz et de l'électricité et le SAMU sont également mobilisés. Deux explosions distinctes ultérieures, la 1ère sans doute de type 'backdraft' due à une accumulation de gaz imbrûlés / mal brûlés au niveau de la toiture (CO...) ou 'flashover' liée à la zone chaude sous plafond, blesseront 2 pompiers intervenant dans la salle. L'enquête judiciaire réalisée ne permettra pas d'identifier l'origine du feu. Les dommages matériels sont évalués à 1,3 M.euro et la perte d'exploitation s'élèverait à 300 Keuro sur 6 mois. L'exploitant doit prévoir la réfection des 170 m² de toiture soufflés par l'explosion et la reconstruction du local des compresseurs. Les pompiers redouteront enfin qu'un train desservant la zone industrielle heurte un obstacle projeté par l'explosion, ainsi que la rupture d'une canalisation de gaz courant le long du bâtiment et reliant la cuve de stockage extérieure à la chaudière. L'administration constate les faits et propose un arrêté d'urgence pour la mise en sécurité du site, ainsi qu'un arrêté complémentaire prescrivant une actualisation de l'étude des dangers réalisée en 1997.

b) Interprétations des accidents

Parmi ces 4 phénomènes d'explosion dues à l'accumulation d'imbrûlés, il apparaît que :

- La cause principale (3 accidents sur 4) est un défaut d'alimentation en air primaire, dû soit :
 - A des conditions particulières de fonctionnement (pour le séchage d'un réfractaire) ;
 - A un défaut du système de dosage de l'air (anomalie sur les registres d'air) ;
 - A une panne de composant électronique (contrôlant le mécanisme de régulation d'air) ;
- Pour 1 accident sur les 4 recensés, la cause des explosions est l'incendie dans une salle des machines abritant des groupes de réfrigération. Cet incendie a pu générer des gaz imbrûlés.

Parmi ces évènements, les dégâts sont essentiellement matériels. Aucune victime n'est recensée.

Aucun de ces accidents n'a eu d'effets sur des personnes en dehors des limites de propriété.

2.1.5. Conclusion

L'analyse du retour d'expérience sur le secteur d'activité des chaufferies biomasse ne montre pas de phénomène d'éclatement de chaudière. Il apparaît que le phénomène dangereux majeur est l'incendie.

Par ailleurs et concernant le risque d'explosion, la société SOFIDEL prévoit la mise en place des éléments suivants :

- Un contrôle de la combustion, une procédure de démarrage/d'arrêt, des alarmes en cas de fonctionnement anormal, permettant de s'assurer de l'absence d'imbrûlés ;
- Des éléments fragilisés au niveau de la chaudière, permettant de limiter la montée en pression ;
- Un contrôle de la température au niveau du système de convoyage de la biomasse. De manière générale, ces équipements feront l'objet d'une étude ATEX spécifique ;

Ces éléments sont issus du retour d'expérience de la société ainsi que des enseignements tirés de l'accidentologie.

Les éléments de sécurité mis en place sont présentés dans le détail dans un chapitre dédié de la présente étude.

3. Organisation de la sécurité – Mesures et moyens de prévention et protection

3.1. Mesures préventives générales

3.1.1. L'interdiction de fumer

Il est strictement interdit de fumer sur le site dans les zones à risque, cette interdiction est affichée en caractère apparent sur le site.

3.1.2. La procédure de permis de feu

Afin de prévenir tout risque d'incendie ou d'explosion au sein de l'établissement, la société applique la procédure de permis de feu pour tous travaux par point chaud exécutés par des sociétés extérieures et/ou du personnel ayant reçu l'autorisation préalable d'une personne désignée par le Directeur du site avant exécution des travaux. Le personnel est formé, notamment par expérience ou par tutorat, aux risques spécifiques de l'entreprise.

3.1.3. Le plan de prévention

Pour toute intervention d'une entreprise extérieure relevant du décret du 20/02/1992, l'établissement dispose d'un plan de prévention. Ce dernier reprend la liste des travaux à effectuer, la nature des risques encourus, les mesures de prévention et de protection individuelle à adopter, les horaires d'intervention, les personnes à prévenir en cas d'urgence. Pour tous travaux effectués par une entreprise extérieure, la société remet une autorisation d'intervention mentionnant notamment le travail à exécuter, les risques particuliers d'accidents, les mesures de protection à prendre, le rappel des consignes de sécurité inhérentes à l'établissement.

3.1.4. Le risque électrique

Les installations électriques sont conformes aux dispositions du décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988, pris pour exécution des dispositions du livre II du Code du Travail (titre III hygiène, sécurité et conditions de travail), en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques. Les installations électriques sur le site font l'objet d'un contrôle périodique.

3.2. Mesures et dispositifs de protection contre l'incendie

Les dispositions essentielles préconisées pour répondre aux objectifs fixés par le Code du Travail et les arrêtés types applicables, sont :

- la protection du personnel par la limitation au maximum des temps d'évacuation en cas de sinistre : alarme précoce, nombre et répartition des issues, éclairage de sécurité,
- le fractionnement du risque global en séparant les fonctions visées par les arrêtés types au moyen d'un compartimentage adéquat,
- l'adaptation de mesures prévisionnelles telles que moyens d'alarme et d'alerte, installations de désenfumage, moyens d'extinction pouvant être rapidement mis en œuvre tels qu'extincteurs et RIA,
- le respect de certaines dispositions permettant l'engagement des secours dans des conditions satisfaisantes ; voies de desserte, accessibilité des façades, garantie de la disponibilité en eau pour la lutte contre l'incendie.

3.2.1. Desserte et accessibilité à l'établissement

Le site de SOFIDEL est accessible depuis la D40 E. Une voirie pompiers permet d'accéder à l'emplacement de la nouvelle chaufferie.

3.2.2. Moyens de détection et d'intervention contre l'incendie

a) Alarme et détection

La surveillance du site est assurée par le personnel présent durant les heures d'activités. L'alerte des moyens de secours est donnée par le téléphone urbain (18).

Les installations sont raccordées au dispositif de téléalarme afin de prévenir la personne d'astreinte, en cas de défaut, par message téléphonique et SMS.

b) Moyens humains

En cas d'incidents sur le site, le personnel du site est formé à intervenir (première intervention).

En cas de sinistre important, les secours publics sont contactés.

c) Moyens matériels et ressources en eau

Compte tenu du projet (similaire à la chaufferie existante), le projet n'engendrera pas d'augmentation des besoins en eau.

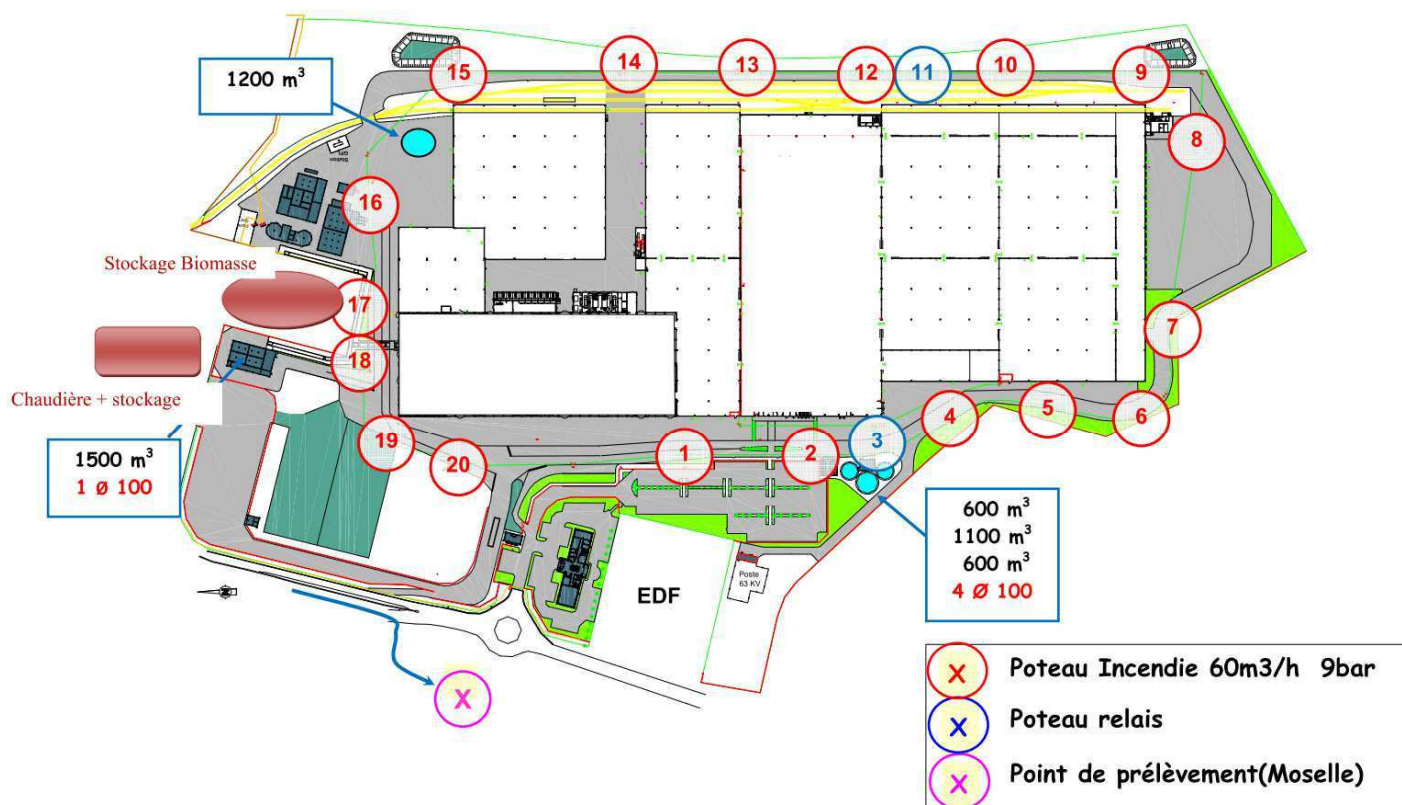
Pour rappel, la défense incendie du site est assurée par équipements suivants :

- deux réserves incendies de 600 m³ pour le sprinklage et les RIA,
- un réservoir incendie de 1 200 m³ pour le sprinklage,
- une réserve incendie de 1 100 m³ pour l'alimentation des 18 poteaux incendie de l'usine (9 peuvent fonctionner simultanément avec un débit de 60 m³/h pendant une durée de 120 minutes maximum) ; sur cette réserve de 1 100 m³, 4 prises « pompiers » sont installées,
- un bassin d'eau industrielle de 1 500 m³ pouvant également être utilisé par les secours extérieurs.

Plus précisément, les moyens directement disponibles pour lutter contre un éventuel incendie seront :

- les poteaux incendie n° 17 et 18 (débits respectifs de 60 m³/h),
- la réserve de 1 500 m³ équipée d'un raccord de diamètre 100.

Illustration n° 18 : Carte des défenses extérieures contre l'incendie



L'installation sera dotée d'extincteurs portatifs répartis à l'intérieur des locaux adaptés aux risques particuliers à chaque local. Ils seront prévus en nombre suffisant et convenablement répartis.

L'installation disposera également de Robinets d'incendie armés (RIA) répartis au sein du projet.

Les consignes de sécurité seront affichées.

Les moyens d'extinction seront maintenus hors gel et le personnel sera formé à la mise en œuvre de l'ensemble des moyens de secours contre l'incendie.

d) Moyens de secours extérieurs

En cas de sinistre, l'établissement industriel fera appel service d'incendie et de secours (18).

Ce dernier mettra en œuvre les moyens et véhicules de secours nécessaires selon le plan d'intervention définissant les risques et les moyens de prévention de l'établissement industriel.

e) Confinement des eaux d'extinction

En cas d'incendie, les eaux d'extinction d'incendie seront confinées dans le silo de stockage comme sur la chaudière biomasse existante

3.3. Mesures et dispositifs de protection contre l'explosion

Lors du fonctionnement de la chaudière biomasse, les mesures suivantes seront mises en place :

- procédure de démarrage et d'arrêt assurant l'évacuation des gaz imbrûlés du foyer ;
- contrôle permanent des paramètres de fonctionnement : composition des effluents gazeux de la combustion (dont CO), température, pression, débit de la ligne fumées et circuit eau ;
- Alarme ou mise à l'arrêt automatique sur détection de seuil haut et/ou bas sur ces paramètres.

La chaudière sera également équipée d'équipements de sécurité spécifiques au réseau eau : thermostat de surchauffe, débitmètre, détection de manque d'eau. En l'absence du personnel d'exploitation sur le site, les défauts de synthèse de chaque générateur sont remontés à l'astreinte via le système de supervision.

4. Analyse préliminaire des risques

4.1. Méthodologie

Dans le cadre de l'étude de dangers du projet de chaufferie biomasse de la société SOFIDEL, une analyse systématique des dérives est réalisée à partir :

- des risques liés aux produits mis en œuvre,
- des risques liés aux activités de l'établissement,
- de l'analyse des accidents recensés à l'intérieur de l'établissement et dans des installations similaires.

La méthode employée est de type **Analyse Préliminaire des Risques (APR)**, complétée par une cotation de la criticité selon l'appréciation d'éléments de probabilité et d'intensité. Recommandée par l'Union des Industries Chimiques (UIC), c'est une méthode d'usage très général pour l'identification des scénarii d'accidents majeurs et le positionnement des barrières de sécurité.

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite l'identification des éléments dangereux du système.

Ces éléments dangereux concernent :

- des substances dangereuses que ce soit sous forme de matières premières, produits finis, utilités,
- des équipements, installations, zones d'activités dangereuses (stockages, distribution, emploi, etc.).

A partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier des situations de dangers, qui si elles ne sont pas maîtrisées, peuvent conduire à l'exposition de cibles à des phénomènes dangereux. Pour chacun de ces phénomènes dangereux, les causes et conséquences sont déterminées et les sécurités (prévention, protection) identifiées.

Cette méthode est préconisée par l'INERIS dans différents documents tels que :

- « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA35) (Ω9) – L'étude de dangers d'une installation classée – Avril 2006 »,
- « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA35) (Ω7) – Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle – Octobre 2006 ».

Cette analyse a été réalisée et validée au sein d'un groupe de travail constitué de :

- Monsieur Martin BUTELLE, Chargé d'Etudes Environnement au sein du bureau d'études OTE Ingénierie.
- Monsieur Lucas MORELA, Responsable d'Etudes Environnement et Risques Industriels au sein du bureau d'études OTE Ingénierie.

4.2. Principe et déroulement de l'Analyse de Risques

4.2.1. Contexte réglementaire de l'APR, des échelles de cotation et de la grille de criticité

Conformément à la Circulaire du 10 Mai 2010 :

- « L'étude de dangers donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents selon une méthodologie qu'elle explicite »,
- « La méthodologie retenue dans l'étude de dangers pour analyser les accidents potentiels doit être explicitée dans celle-ci »,
- « La méthode de cotation des risques retenue, la grille de criticité choisie et utilisées pour la réalisation de l'analyse des risques ainsi que les règles de changement de classe de la probabilité d'occurrence et/ou de la gravité des conséquences [...] seront décrites et justifiées,
- L'exploitant réalise une première cotation des phénomènes identifiés [...]. Ce classement donne lieu à une identification de phénomènes nécessitant une analyse plus détaillée de tous les scénarios pouvant y conduire. »

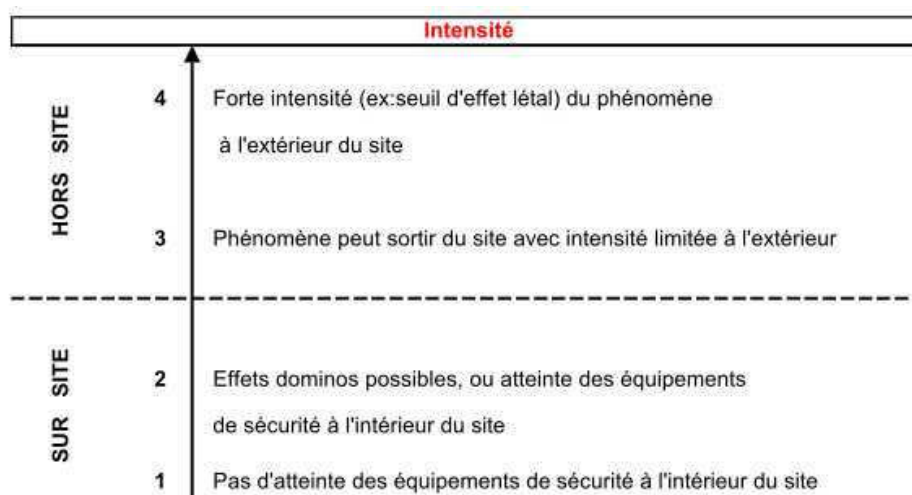
Les documents de l'INERIS cités dans le paragraphe ci-avant, détaillent les points suivants pour la réalisation de l'analyse des risques :

- « Il faut définir en amont de l'analyse des échelles de cotation des risques en terme de probabilité et de gravité ainsi qu'une grille de criticité explicitant les critères d'acceptabilité »,
- « Les échelles de probabilité, de gravité et/ou d'intensité utilisées pour une évaluation quantitative simplifiée des risques doivent être adaptées à l'installation étudiée. A cet égard, les exploitants possédant la meilleure connaissance de leurs installations, il est légitime de retenir les échelles de cotation qu'ils proposent. »

Comme cela est précisé dans les documents de l'INERIS l'échelle de gravité de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 ne considère que les dommages causés aux personnes à l'extérieur de l'établissement. Ainsi, il est pertinent au stade de l'analyse de risques de considérer des échelles du même type pour les dommages causés à l'environnement ou aux travailleurs de l'établissement.

Dans ce contexte, des exemples d'échelles de cotation pouvant être utilisés pour l'analyse de risques sont présentés dans les différents documents de l'INERIS.

Illustration n° 19 : Exemple d'échelle cotation en intensité (source : « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA35) (Ω9) – L'étude de dangers d'une installation classée – Avril 2006).



Les documents de l'INERIS précisent qu' « au stade de l'analyse préliminaire des risques, cette intensité ne nécessite pas d'être calculée finement pour chaque phénomène dangereux. Une cotation à l'aide d'une échelle simple doit permettre d'estimer si les effets du phénomènes dangereux peuvent potentiellement atteindre des enjeux situés au-delà des limites de l'établissement ».

« Ainsi, les critères pouvant être considérés lors de la cotation de l'intensité des phénomènes dangereux sont par exemple : la nature et la quantité de produit, les caractéristiques de l'équipement mis en jeu, la localisation de l'installation par rapport aux limites de l'établissement, etc. »

La mise en œuvre de l'APR préconisé par l'INERIS s'appuie sur un support sous forme de tableau reprenant entre autres les éléments suivants :

- « Choix d'un équipement ou produit,
- Prise en compte d'une première situation de dangers (Evènement Redouté Central),
- Identification des causes et des phénomènes dangereux susceptibles de se produire,
- Cotation de la fréquence d'occurrence selon l'échelle de cotation choisie par le groupe,
- Estimation de l'intensité des effets et cotation associée en fonction de l'échelle de cotation choisie par le groupe,
- Identification des barrières de sécurité ».

La grille de criticité, quant à elle, doit présenter « un domaine désignant les couples (intensité ; probabilité) des scénarios d'accidents qui sont considérés comme inacceptables ».

En fin d'Analyse des Risques, l'étude Détaillée des Risques peut être lancée. La finalité de cette dernière « est de porter un examen approfondi sur les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur, c'est-à-

dire, ceux dont les effets peuvent atteindre des enjeux à l'extérieur de l'établissement et de vérifier la maîtrise des risques associés. »

4.2.2. Synthèse

En synthèse, l'analyse des risques d'une étude de dangers doit être basée sur une cotation des risques définie par des échelles de probabilité et d'intensité aboutissant à une grille de criticité. Ces échelles de cotation sont à définir dans l'analyse de risque et peuvent être différentes des échelles définies dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 qui ne sont pas totalement adaptées à cette phase de l'étude (notamment pour la cotation de l'intensité).

Précisons que l'analyse de risque ne constitue pas une étude détaillée de chaque phénomène dangereux mais qu'elle permet d'identifier les scénarios d'accidents potentiellement majeurs qui seront ensuite étudiés dans le cadre de l'analyse détaillée des risques.

C'est donc cette démarche qui est retenue dans le cadre de l'APR pour le projet de biomasse du site de SOFIDEL à Frouard.

4.3. Définition des échelles de cotation au stade APR

Comme précisé dans les paragraphes précédents, l'analyse doit aboutir à une estimation des risques en vue de les hiérarchiser.

Cette estimation est effectuée, à priori, à partir :

- d'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- d'un niveau d'intensité de ce dommage.

Les échelles de cotation définies dans le cadre de l'APR selon un choix propre entre l'exploitant et OTE Ingénierie sont présentées ci-après.

4.3.1. Echelle de cotation de l'intensité des effets

L'intensité des phénomènes dangereux identifiés est évaluée à partir de la grille présentée dans le tableau ci-après, prenant en compte les cibles humaines, environnementales et matérielles.

Cette grille est inspirée de celles présentées dans les documents établis par l'INERIS.

Tableau n° 26 : Echelle d'intensité

Intensité	Personnes	Environnement	Biens
1 (faible)	Effets réversibles à l'intérieur du site (accident corporel sans séquelles)	Pas d'atteintes significatives à l'environnement ou atteintes limitées au site et nécessitant des travaux de dépollution minimales	Pas d'effets significatifs sur les équipements du site ou atteinte à des équipements dangereux du site sans synergie d'accidents
2 (grave)	Effets irréversibles à l'intérieur du site (accident corporel avec séquelles)	Atteintes sérieuses à l'environnement nécessitant des travaux lourds de dépollution	Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site sans aggravation générale des conséquences
3 (très grave)	Effets létaux à l'intérieur du site	Atteintes critiques à des zones vulnérables (ZNIEFF, points de captage...) avec répercussions à l'échelle locale	Atteinte d'un bien, équipement dangereux ou de sécurité à l'extérieur du site Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site conduisant à une aggravation générale des conséquences classées « I3 »
4 (catastrophique)	Effets irréversibles à l'extérieur du site	Atteintes critiques à des zones particulièrement vulnérables (rareté de la cible) avec répercussions à l'échelle départementale	Atteinte d'un bien ou d'un équipement très sensible ou stratégique Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site conduisant à une aggravation générale des conséquences classées « I4 »
5 (désastreux)	Effets critiques (létaux et irréversibles à l'extérieur du site)	Atteintes critiques à des zones particulièrement vulnérables (rareté de la cible) avec répercussions à l'échelle régionale ou nationale	Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site conduisant à une aggravation générale des conséquences classées « I5 »

NOTA : Précisons que cette échelle de cotation définie au stade APR est différente de celle définie à l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 et ce conformément au déroulement d'une Analyse Préliminaire des Risques comme décrit précédemment. Toutefois, la cotation en gravité des phénomènes étudiés dans l'étude détaillée des risques (phénomènes majeurs retenus à l'issue de la phase APR) se fait conformément à l'arrêté ministériel précité.

4.3.2. Echelle de cotation de la probabilité d'apparition

Les critères de cotation choisis sont conformes aux éléments présentés dans l'arrêté du 29/09/2005 relatif à « l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Tableau n° 27 : Echelle de probabilité

Probabilité	Appréciation qualitative	Appréciation quantitative
A	<p>Événement courant</p> <p><i>(s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré des mesures correctrices)</i></p>	$\geq 10^{-2}$
B	<p>Événement probable</p> <p><i>(s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation)</i></p>	$10^{-3} \leq x < 10^{-2}$
C	<p>Événement improbable</p> <p><i>(événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité au niveau mondial sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité)</i></p>	$10^{-4} \leq x < 10^{-3}$
D	<p>Événement très improbable</p> <p><i>(s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement sa probabilité)</i></p>	$10^{-5} \leq x < 10^{-4}$
E	<p>Événement possible mais extrêmement improbable</p> <p><i>(n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré sur un très grand nombre d'années d'installations)</i></p>	$< 10^{-5}$

4.3.3. Hiérarchisation des risques : Grille de criticité

La cotation des risques est reportée dans une grille de criticité.

Cette grille permet de représenter graphiquement les risques présents pour chaque installation ou activité en reportant le repère placé dans la première colonne des tableaux d'analyse de risques.

La grille définie dans le cadre de cette étude est divisée en trois parties :

- une partie inférieure où le risque, en fonction de sa probabilité d'apparition et de d'intensité, est considéré « autorisée »,
- une partie intermédiaire où le risque, apprécié selon les mêmes critères, est dit « acceptable » avec un suivi des barrières de sécurité,
- une partie supérieure où le risque est considéré « critique », l'événement en question est alors retenu pour l'évaluation de l'intensité des effets.

Tableau n° 28 : Grille de criticité

A Courant					
B Probable					
C Improbable					
D Très improbable					
E Extrêmement improbable					
Probabilité	1	2	3	4	5
Intensité	Faible	Grave	Très grave	Catastrophique	Désastreux

4.4. Tableaux de synthèse de l'Analyse des Risques du site

L'analyse de risques liée au projet de chaufferie biomasse sur le site de SOFIDEL à Frouard est présentée dans les tableaux pages suivantes.

Conformément à la méthodologie définie par l'INERIS, les éléments suivants y sont mentionnés :

- repère de danger,
- lieu et nature de l'opération,
- phénomène dangereux potentiel,
- identification des causes possibles,
- évaluation des conséquences possibles,
- recensement des barrières de sécurité (mesures et moyens de prévention/protection),
- cotation de la probabilité (P), de l'intensité (I).

A l'issue de cette APR, les différents phénomènes sont placés dans la grille de criticité afin de définir les scénarios d'accidents potentiellement majeurs qui seront ensuite étudiés dans le cadre de l'analyse détaillée des risques.

Précisons qu'à ce stade, la cotation en terme de probabilité et d'intensité ne nécessite pas d'être calculée finement pour chaque phénomène dangereux. La cotation est donc effectuée à l'aide des échelles prédéfinies et la cotation choisie est justifiée.

Nature de l'incident	Phénomène dangereux	Causes	Conséquences majeures	Mesures et moyens de prévention et protection (barrières de sécurité)	P	I	Justifications des cotations
Alimentation en combustible							
	Incendie	Présence d'une source d'ignition	Rayonnement thermique	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Présence du chauffeur et du personnel du site lors du déchargement Système de détection incendie Système manuel d'aspersion général du stockage + 1 RIA Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	B	1	Un départ de feu de solides combustible un phénomène probable sur le site Effets de faibles amplitudes PHENOMENE NON RETENU
	Explosion de poussières	Formation d'un nuage de poussières et présence d'une source d'ignition	Rayonnement thermique Surpression et projections	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Faible taux d'empoussièrement et absence de confinement Mur CF autour du stockage biomasse Système de détection incendie Système manuel d'aspersion général du stockage + 1 RIA Pas de matériels électriques en zone ATEX ou adaptation du matériel aux prescriptions ATEX Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	D	2	Evènement très improbable compte tenu de la nature de la biomasse Possibilité d'effets à l'intérieur du site PHENOMENE NON RETENU
biomasse	Incendie	Présence d'une source d'ignition	Rayonnement thermique	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Taux de rotation du bois limitant le risque de fermentation Humidité importante de la biomasse Mur CF autour du stockage biomasse Système de détection incendie Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	B	3	Un départ de feu de solides combustible un phénomène probable sur le site En l'absence de simulation, possibilité d'effets à l'extérieur du site PHENOMENE RETENU
Alimentation en combustible							
biomasse	Explosion de poussières	Formation d'un nuage de poussières et présence d'une source d'ignition	Rayonnement thermique Surpression et projections	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Inspection visuelle et nettoyage du stockage Mur CF autour du stockage biomasse Système de détection incendie Système d'aspersion d'eau Pas de matériels électriques en zone ATEX ou adaptation du matériel aux prescriptions ATEX Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	D	2	Evènement très improbable compte tenu de la nature de la biomasse Possibilité d'effets à l'intérieur du site PHENOMENE NON RETENU

Nature de l'ion	Phénomène dangereux	Causes	Conséquences majeures	Mesures et moyens de prévention et protection (barrières de sécurité)	P	I	Justifications des cotations
en	Incendie	Présence d'une source d'ignition	Rayonnement thermique	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Nettoyage régulier Sécurité niveau haut sortie alvéole et trémie Système de détection incendie Système coupe-feu sur l'alimentation (de type clapet ou vanne-guillotine) Système automatique d'aspersion d'eau Murs CF Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	B	1	Un départ de feu de solides combustibles est un phénomène probable sur le site Effets de faibles ampleurs PHENOMENE NON RETENU

Production d'énergie

Masse -	Incendie	Présence d'une source d'ignition – Echauffement – Etincelles Combustion mal contrôlée	Rayonnement thermique	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Equipements de sécurité propre à l'installation Faibles quantités mises en jeu (potentiel combustible limité) Mise en sécurité de l'installation en cas de défaut Surveillance de la température Séquence de balayage (ventilation) Sécurité manque d'eau Système CF sur l'alimentation Arrêt d'urgence Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	C	1	Evènement improbable Effets de faibles ampleurs PHENOMENE NON RETENU
---------	----------	--	-----------------------	--	---	---	---

Masse -	Explosion	Défaut d'alimentation en air primaire Génération d'imbrûlés Présence d'une source d'ignition	Surpression et projections	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Equipements de sécurité de l'installation Contrôle permanent des paramètres - Instrumentation automatisé du process Mise en sécurité de l'installation en cas de défaut Sécurité : contrôle flamme, température, manque d'eau Procédure de démarrage (ventilation) Surfaces éventables Local ventilé Arrêt d'urgence Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	D	2	Evènement improbable, compte tenu de l'expérience Possibilité d'effets à l'intérieur du site PHENOMENE NON RETENU
---------	-----------	--	----------------------------	---	---	---	--

Utilités / déchets / fonctions

des chauffeuses ou filtre	Incendie	Présence de particules et d'une source d'ignition	Rayonnement thermique	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Peu de matières combustibles (départ de feu limité à l'inflammation des filtres à manches par exemple sans effets à l'extérieur de l'équipement) Contrôle température Système d'aspersion d'eau Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	C	1	Evènement improbable Effets de faibles ampleurs PHENOMENE NON RETENU
---------------------------	----------	---	-----------------------	---	---	---	---

ure de ion	Phénomène dangereux	Causes	Conséquences majeures	Mesures et moyens de prévention et protection (barrières de sécurité)	P	I	Justifications des cotati
des haufferie ou filtre	Explosion	Présence d'un nuage de poussières et d'une source d'ignition	Surpression et projections	Mesures générales de prévention des sources d'ignition Très faibles qualités mises en jeu Contrôle température Préfiltration par cyclone en amont de l'électrofiltre ou du filtre à manche Moyens d'intervention du site pour lutter contre un sinistre	D	2	Evènement très improbable Possibilité d'effets à l'intérieur du s PHENOMENE NON RETENU

5. Hiérarchisation des risques avant étude détaillée des risques : grille de criticité

5.1. Positionnement dans la grille de criticité

Conformément à la méthodologie explicitée ci-avant, la grille ci-dessous reprend les repères de dangers présentés précédemment dans les tableaux d'analyse de risque.

Précisons que les cases foncées représentent le domaine désignant les couples (intensité/probabilité) des scénarios majorants considérés comme inacceptables et faisant l'objet, dans la suite de l'étude, d'une étude détaillée des risques.

Tableau n° 29 : Grille de criticité – Phase post-APR

A Courant					
B Probable	1 - 5		3		
C Improbable	6 - 8				
D Très improbable		2 - 4 - 7 - 9			
E Extrêmement improbable					
Probabilité	1	2	3	4	5
Intensité	Faible	Grave	Très grave	Catastrophique	Désastreux

5.2. Justification des phénomènes dangereux non retenus

La formation d'imbrûlés est liée à une combustion incomplète de la biomasse, nécessitant la présence d'une source d'ignition. De fait, il est physiquement impossible que ces gaz formés occupent l'intégralité du volume de la chambre de combustion.

Des explosions de plus petite ampleur (absence d'accumulation) sont recensées dans le retour d'expérience de la société SOFIDEL et permettent d'appuyer sur :

- La faible probabilité de survenance ;
- La faible gravité, les effets restants, dans chaque cas, confinés aux locaux ;

Pour ce qui est de l'accidentologie externe à l'établissement les phénomènes d'explosion recensés présentent pour chacun des effets cantonnés à l'intérieur des limites du site.

En tout état de cause, aucun phénomène d'éclatement de chaudière suite à une accumulation de CO n'est recensé dans l'accidentologie externe.

Par ailleurs, la société SOFIDEL a tenu compte des éléments issus de l'accidentologie dans la conception de la chaufferie biomasse du site de Frouard. Les dispositions nécessaires sont mises en place pour écarter tout phénomène d'accumulation de gaz imbrûlés au sein de la chambre de combustion, et notamment :

- Une procédure de démarrage et d'arrêt assurant l'évacuation des gaz imbrûlés du foyer ;
- Un contrôle permanent des paramètres de fonctionnement : composition des effluents gazeux de la combustion (dont CO), température, pression, débit de la ligne fumées et circuit eau ;
- Une alarme ou mise à l'arrêt automatique sur détection de seuil haut et/ou bas sur ces paramètres.

Pour se prémunir de tout éclatement du foyer, celui-ci présente une résistance importante à la surpression (à minima 1 bar). Des ouvertures naturelles sont présentes sur le corps de la chaudière, notamment l'alimentation en combustibles, en air, le décendrage, la cheminée, etc. **Ces ouvertures sont propices à l'évacuation des éventuels effets de surpression, comme en atteste l'accidentologie du secteur d'activité.**

Il apparaît ainsi qu'il n'est pas justifié de retenir le phénomène d'explosion au sein du foyer de la chaudière biomasse celui-ci étant :

- **Physiquement impossible dans le cas d'une occupation totale du volume du foyer par des gaz imbrûlés ;**

- **Sans niveau de gravité dans le cas d'une explosion impliquant un volume de gaz plus faible. En effet, dans ce cas, les effets seraient contenus au sein de l'établissement.**

5.3. Conclusion de l'APR

Au regard de la grille de criticité, il apparaît que l'incendie du stockage biomasse est le phénomène dangereux majeur du projet de chaufferie biomasse sur le site de SOFIDEL à Frouard.

Il est retenu dans la suite de l'étude pour l'évaluation détaillée des risques.

6. Etude détaillée des risques

6.1. Récapitulatif des scénarii étudiés

Dans le cadre du présent porter à connaissance, l'évaluation des potentiels de dangers et l'analyse préliminaire des risques ont mis en évidence le phénomène dangereux suivant pour le projet sur le site de SOFIDEL :

- Incendie des silos de stockage de plaquettes forestières

6.2. Méthodologie d'évaluation

Les valeurs de référence pour l'évaluation de l'intensité des effets sont fixées par l'arrêté du 29 septembre 2005 du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Les tableaux ci-après récapitulent les valeurs.

6.2.1. Seuils d'intensité des effets pour les incendies

❖ Effets sur les personnes

Effets	Surpression
Effets létaux significatifs SELS (zone de danger très grave pour la vie humaine)	8 kW/m ²
Effets létaux SEL (zone de danger grave pour la vie humaine)	5 kW/m ²
Effets irréversibles SEI (zone de danger significatif pour la vie humaine)	3 kW/m ²

❖ Effets sur les structures

Effets	Surpression
Ruine du béton	200 kW/m ²
Dégâts très graves sur structures béton	20 kW/m ²
Dégâts très graves sur structures hors béton	16 kW/m ²
Dégâts graves sur structures et seuil des effets dominos	8 kW/m ²
Destructions de vitres significatives	5 kW/m ²

6.2.2. Seuils d'intensité des effets pour les explosions

❖ Effets sur les personnes

Effets	Surpression
Effets létaux significatifs SELS (zone de danger très grave pour la vie humaine)	200 mbar
Effets létaux SEL (zone de danger grave pour la vie humaine)	140 mbar
Effets irréversibles SEI (zone de danger significatif pour la vie humaine)	50 mbar
Effets irréversibles (zone des effets indirects par bris de vitres)	20 mbar

❖ Effets sur les structures

Effets	Surpression
Dégâts très graves sur structures	300 mbar
Effets domino	200 mbar
Dégâts graves sur structures	140 mbar
Dégâts légers sur structures	50 mbar
Destructions de vitres significatives	20 mbar

NOTA :

Conformément, à l'arrêté du 29 septembre 2005, il est retenu pour la détermination de la distance au seuil des 20 mbar : distance d'effets égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

6.2.3. Gravité des conséquences humaines

La gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations est évaluée en fonction du nombre de personnes susceptibles d'être exposées aux effets.

Les niveaux de gravité des conséquences humaines sont présentés dans le tableau ci-après, en référence à l'annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005.

Tableau n° 30 : Niveaux de gravité des conséquences humaines – arrêté du 29/09/05

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (SEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles (SEI)
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles sur la vie humaine inférieure à « une personne »

NOTA : les seuils des effets de bris de vitre (20 mbar) ne sont pas pris en compte dans la détermination du niveau de gravité. Les niveaux de gravité sont évalués au regard des éléments indiqués par le Ministère de l'Ecologie (fiche n°1 de la circulaire du 10/05/2010) concernant les règles de comptage des personnes exposées.

6.2.4. Probabilité d'occurrence

a) Analyse de risques

La démarche adoptée est semblable à l'approche « nœud papillon » développée par l'INERIS et présentée ci-dessous.

Il n'existe pas de méthode unique d'estimation de la probabilité d'occurrence des accidents potentiels. Cette estimation peut se faire de manière qualitative ou au moyen de calculs en utilisant des classes de probabilité (méthode semi-quantitative) ou des valeurs (méthode quantitative).

b) Echelles d'appréciation

L'annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les critères d'appréciation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents.

Le tableau ci-dessous récapitule ces éléments.

Tableau n° 31 : Niveaux de probabilité – arrêté du 29/09/05

Classe de Probabilité	E	D	C	B	A
Type d'appréciation					
Qualitative	« Événement possible mais extrêmement peu probable ». <i>N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations</i>	« Événement très improbable ». <i>S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité</i>	« Événement improbable ». <i>Un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis</i>	« Événement probable ». <i>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations</i>	« Événement courant ». <i>S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives</i>
Semi quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place				
Quantitative (par unité et par an)	< 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ à < 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ à < 10 ⁻³	10 ⁻³ à < 10 ⁻²	> 10 ⁻²

c) Démarche retenue pour l'évaluation de la probabilité

L'échelle retenue est de type semi-quantitative.

Cette approche consiste à évaluer la fréquence des événements redoutés centraux (ERC) et des phénomènes dangereux (Ph D) à partir de classes de fréquences d'occurrence des causes et des probabilités de défaillance des barrières techniques ou organisationnelles qui interviennent en prévention.

Le calcul de la probabilité d'occurrence est réalisé comme suit :

- analyse des causes des événements redoutés et estimation de leur probabilité,
- identification des éléments de réduction des risques, sélection au regard de leurs performances (efficacité, temps de réponse, niveau de confiance) et estimation de leur probabilité,

- calcul de la probabilité d'occurrence de l'événement redouté et du phénomène dangereux en tenant compte des niveaux de réduction des risques qui permettent de réduire la probabilité globale de l'événement.

Les éléments de réduction des risques peuvent être regroupés en trois catégories :

- les caractéristiques intrinsèques (conception d'un équipement, application des règles de l'art) : elles ne sont pas retenues dans l'estimation de la probabilité et ne permettent pas une décote de la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur,
- les dispositifs de contrôle (procédures et éléments organisationnels) et d'alarme (avertir une personne d'un dysfonctionnement) n'entraînant pas d'action de sécurité,
- les barrières de sécurité proprement dites (systèmes dédiés à une fonction de sécurité).

La détermination de la probabilité d'occurrence est effectuée à partir de données chiffrées issues de la littérature (ARAMIS, Purple Book, LOPA, etc.) adaptables à l'événement étudié,

NOTA : Des données génériques peuvent être employées dans le cas de brèche de canalisation ou d'enceinte de stockage. Ces données intègrent l'ensemble des événements initiateurs à l'origine de la perte de confinement.

d) Cinétique

Les éléments de cinétique concernent l'évolution des phénomènes dangereux et la propagation de leurs effets.

Pour l'évaluation des conséquences d'un accident, sont prises en compte d'une part, la cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux et d'autre part, celle de l'atteinte des tiers puis de la durée de leur exposition au niveau d'intensité des effets correspondants.

Ces derniers éléments de cinétique dépendent des conditions d'exposition des intérêts susvisés et notamment de leur possibilité de fuite ou de protection.

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

❖ Logiciels utilisés pour les modélisations numériques des phénomènes

- ✓ *Méthode de calcul des effets d'incendie*

La détermination des flux thermiques est réalisée en utilisant la méthode de calcul FLUMILOG (référéncé dans le document de l'INERIS « Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt », partie A).

Le code de calcul FLUMILOG a été développé sous l'égide et le contrôle du MEEDDM. Ce code de calcul est disponible depuis mi-2010.

L'objectif était de disposer d'une méthode de référence pour calculer les effets réels des flux thermiques prenant en compte :

- la combustibilité des matériaux entreposés,
- les conditions entreposage,
- le comportement des éléments de construction du bâtiment.

6.3. Quantification de l'intensité des effets : Incendie des silos

6.3.1. Données d'entrée

Les données d'entrée utilisées pour la réalisation des simulations incendie sont présentées dans les tableaux suivants.

a) Dispositions constructives

b) Organisation des stockages

Les données sur l'organisation des stockages pour représenter l'aire de stockage sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau n° 32 : Données d'entrée – Modélisation FLUMILOG – Organisation du stockage

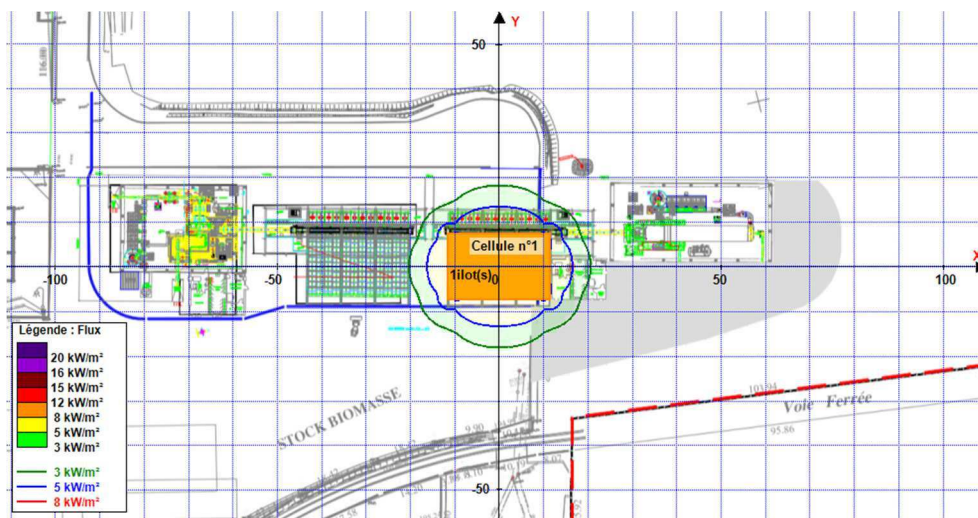
Mode de stockage	Masse
Longueur de stockage	23 m
Largeur de stockage	15 m
Hauteur maximum de stockage	8 m
Nombre d'îlots	1

c) Type de combustible

Le type de combustible modélisé ici est une palette expérimentateur de 1mx1mx1m (1m³) de 330 kg dont 247 kg bois et 83 kg d'humidité correspondant aux caractéristiques des plaquettes forestières (masse volumique : 330 kg/m³, taux d'humidité 25 %).

6.3.2. Résultat de la modélisation

Illustration n° 20 : Résultat de modélisation de simulation du silo



La Note de calcul de flumilog est disponible en annexe.

→ Annexe n°1

6.3.3. Gravité des conséquences

Considérant le fait que les flux thermiques réglementaires sont tous contenus à l'intérieur des limites de l'établissement, aucun niveau de gravité n'est associé à ce phénomène dangereux.

6.3.4. Cinétique

L'incendie du stockage de biomasse est un phénomène dangereux à cinétique lente.

6.3.5. Probabilité d'occurrence

La probabilité d'apparition d'un incendie est de classe B (10^{-2}).

6.4. Examens des effets dominos

6.4.1. Préambule

De manière générale, l'examen des effets dominos doit permettre :

- d'assurer que les scénarii d'accident majeur considérés incluent le cas échéant la possibilité d'agressions externes associées à des accidents survenant sur des installations industrielles,
- d'identifier les scénarii d'accident susceptibles d'engendrer une extension du sinistre sur le site ou sur des sites voisins et, le cas échéant, de justifier la mise en place de mesures spécifiques à la maîtrise de cette propagation,
- de vérifier qu'un niveau de sécurité acceptable peut être maintenu sur le site même en cas d'effets dominos (salle de contrôle, circuit incendie, etc.).

6.4.2. Application au projet de la chaufferie biomasse de SOFIDEL

La modélisation des scénarios d'incendie montre que les flux au seuil des effets dominos ne sont pas atteints en cas d'incendie dans les sites de stockage.

7. Démarche de maîtrise des risques

7.1. Synthèse

Le tableau ci-après récapitule pour chaque phénomène dangereux étudié :

- la probabilité d'occurrence,
- la cinétique,
- l'intensité des effets,
- la gravité des conséquences humaines,

en référence aux éléments présentés dans l'arrêté du 29 septembre 2005.

NOTA : Les périmètres de danger au seuil de bris de vitres n'entrent pas dans la démarche « Mesures de Maîtrise des Risques » et de ce fait dans l'évaluation du niveau de risque présenté par l'établissement.

Tableau n° 33 : Synthèse des scénarios majeurs

Intitulé du scénario	Type d'effets	Classe de probabilité	Cinétique	Intensité des effets	Gravité des conséquences
Incendie silo de plaquettes forestières	Thermique	B	Rapide	SELS : non atteint SEL : 10 m SEI : 15 m	Aucun

7.2. Analyse de la maîtrise des risques

7.2.1. Critères d'analyse du risque

Le positionnement des accidents dans la grille probabilité-gravité des conséquences humaines ci-dessous permet d'apprécier la maîtrise des risques mise en œuvre sur le site, conformément aux éléments de la circulaire du 10/05/2010.

Tableau n° 34 : Grille probabilité/gravité

Gravité des conséquences sur les personnes exposées	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	NON partiel (sites nouveaux) MMR rang 2 (sites existants)	NON rang 1	NON rang 2	NON rang 3	NON rang 4
Catastrophique	MMR rang 1	MMR rang 2	NON rang 1	NON rang 2	NON rang 3
Important	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	NON rang 1	NON rang 2
Sérieux			MMR rang 1	MMR rang 2	NON rang 1
Modéré					MMR rang 1

Case NON : zone de risque élevée, risque non acceptable

Le risque est jugé trop important et des mesures de réduction complémentaires du risque doivent être mises en place

Case MMR (Mesures de Maîtrise des Risques) : zone de risque intermédiaire, risque acceptable sous réserve d'avoir mis en œuvre tous les moyens de réduction du risque.

L'exploitant doit justifier de l'analyse et de la mise en place de toutes les mesures de maîtrise des risques envisageables à un coût économiquement acceptable

Case « blanche » : zone de risque moindre

Le risque résiduel est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque

Rang : niveau d'acceptabilité du risque. Un risque de rang 2 est moins acceptable qu'un risque de rang 1. La mise en place de moyens de maîtrise des risques permet de réduire le rang et de tendre ainsi vers un niveau acceptable du risque résiduel.

7.2.2. Application au projet de chaudière biomasse

Etant donné l'absence de périmètre de dangers aux seuils des effets létaux ou irréversibles au-delà des limites de l'établissement pouvant nuire aux tiers présents dans l'environnement du site, aucune gravité n'est associée aux scénarios étudiés. La grille probabilité-gravité des conséquences humaines est donc vierge.

Tableau n° 35 : Grille probabilité/gravité appliquée au site d'étude

Gravité des conséquences sur les personnes exposées	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

7.3. Conclusion

Au regard des critères d'appréciation de la maîtrise des risques et du positionnement dans la grille probabilité/gravité des conséquences humaines (circulaire du 10 mai 2010), la totalité de ces éléments accidentels est classée en zone de risque « moindre » et n'implique pas de réduction complémentaire du risque.

D. Annexes

Annexe n° 1 : Note de calcul Flumilog silo biomasse	187
Annexe n° 2 : Extrait du plan d’approvisionnement biomasse	188
Annexe n° 3 : Plan masse.....	189

Annexe n° 1 : Note de calcul Flumilog silo biomasse

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	sofidel-biomasse_1697707845
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	19/10/2023 à 11:30:42 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	19/10/23

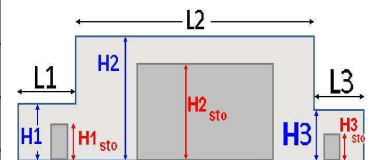
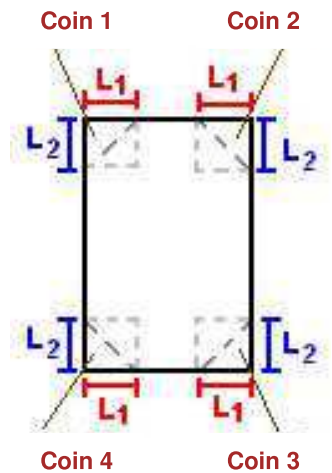
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1				
Longueur maximum de la cellule (m)		15,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		23,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		8,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

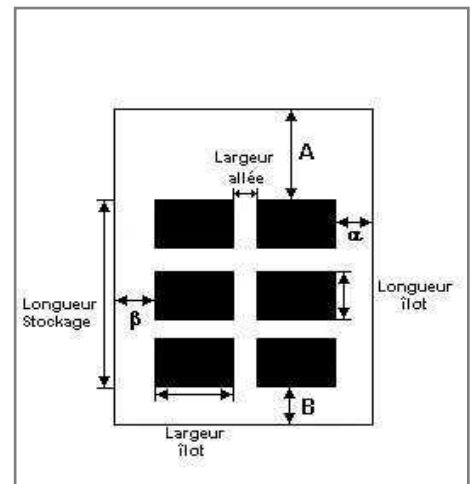
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique simple peau
Nombre d'exutoires	1
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Cellule n°1

Mode de stockage **Masse**

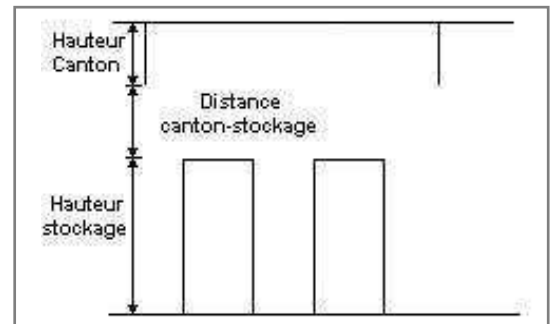
Dimensions

Longueur de préparation A **0,0** m
 Longueur de préparation B **0,0** m
 Déport latéral α **0,0** m
 Déport latéral β **0,0** m
 Hauteur du canton **0,0** m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur **1**
 Nombre d'îlots dans le sens de la largeur **1**
 Largeur des îlots **23,0** m
 Longueur des îlots **15,0** m
 Hauteur des îlots **8,0** m
 Largeur des allées entre îlots **0,0** m



Palette type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **1,0** m
 Largeur de la palette : **1,0** m
 Hauteur de la palette : **1,0** m
 Volume de la palette : **1,0** m³
 Nom de la palette : **Bois**

Poids total de la palette : **330,0** kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	Eau	NC	NC	NC	NC	NC
247,0	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

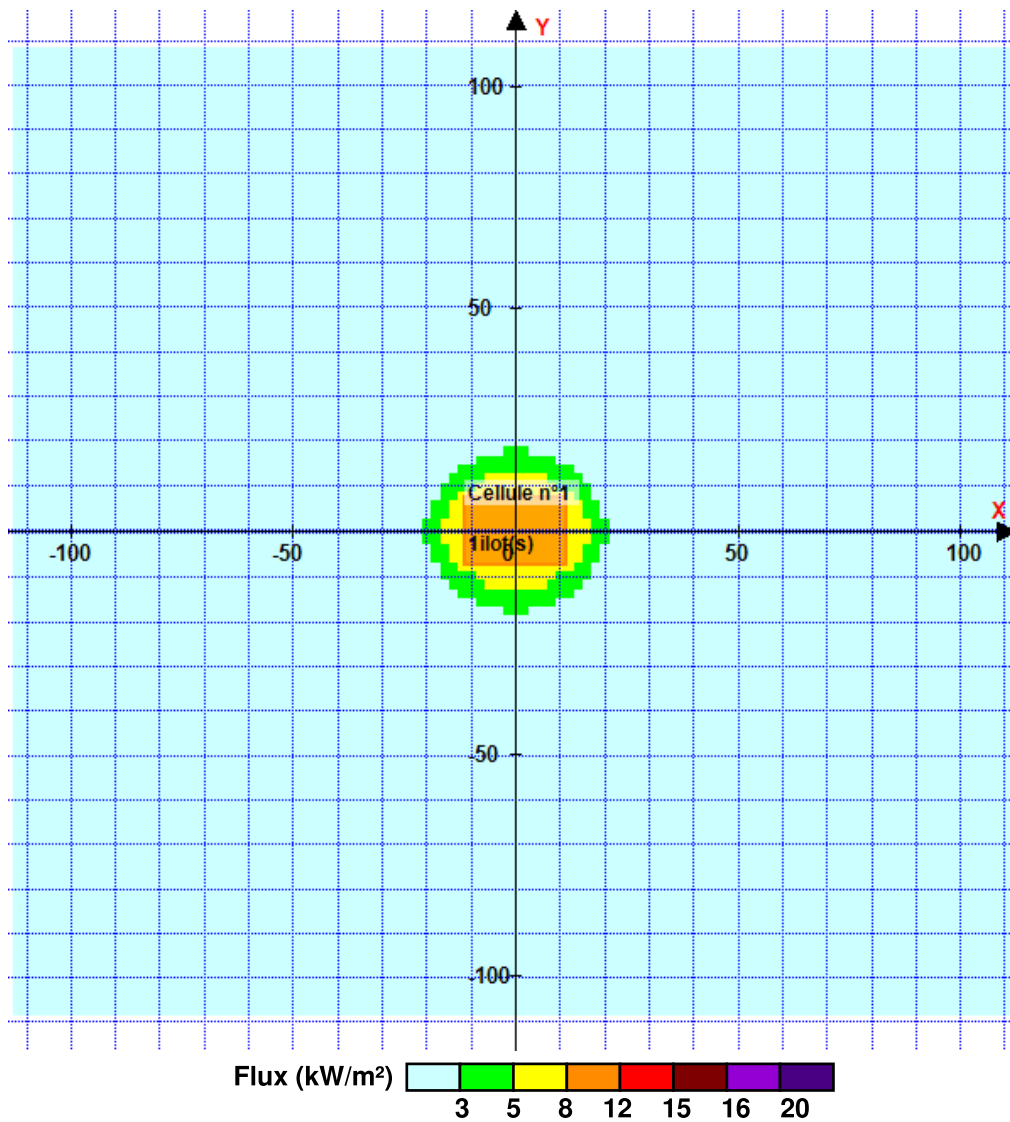
Durée de combustion de la palette : **50,8** min
 Puissance dégagée par la palette : **582,0** kW

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 **198,0 min**

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

Annexe n° 2 : Extrait du plan d'approvisionnement biomasse



**PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Secrétariat général pour les affaires
régionales et européennes**
Pôle politiques publiques

Affaire suivie par :

Denis Gourdon

Tél : 03 88 21 60 29

Mél : denis.gourdon@grand-est.gouv.fr

Strasbourg, le

20 SEP. 2022

Monsieur le président,

Vous avez déposé un dossier de demande d'aide dans le cadre de l'appel à projets Industrie Zéro Fossile - Volet 1 : Chaleur Bas Carbone par conversion à la biomasse (BCIAT 2022), lancé par l'Agence de la transition écologique (ADEME) et dont la date limite de dépôt était le 23 juin 2022.

Votre projet consiste en la création d'une chaufferie biomasse de 7 MW permettant de décarboner partiellement la production de vapeur nécessaire à votre activité industrielle de production de tissus à usage sanitaire et domestique à partir de fibres vierges de cellulose, sur le site de Frouard (54), en économisant jusqu'à 9 100 tonnes de CO₂ d'origine fossile par an, s'ajoutant aux 12 000 tonnes de CO₂ déjà économisées avec une première chaudière biomasse mise en service en 2014 (84 % des besoins en vapeur seront alors couverts par les deux chaudières biomasse).

L'approvisionnement en biomasse de votre chaufferie, détaillé dans le tableau ci-après, se compose de 13 500 tonnes de plaquettes forestières et de 1 000 tonnes de déchets de bois non dangereux par an, en provenance de 2 régions françaises, Grand-Est et Bourgogne-Franche-Comté, ainsi que de pays frontaliers (Belgique / Allemagne). Pour l'approvisionnement en plaquettes forestières, le taux de bois certifiés respecte le minimum requis pour le projet (58 %).

Le dossier comporte une lettre d'intention ainsi qu'un contrat de fourniture permettant à SAPIN S.A. de vous fournir plus que les besoins en biomasse annoncés, soit 70 000 MWh pour un besoin annuel de 45 000 MWh.

Monsieur le président
Sylvain BICKEL
SOFIDEL SAS
Ban La Dame
54390 FROUARD

COMBUSTIBLE(S) BIOMASSE				
Consommation biomasse annuelle entrée chaudière (MWh PCI/an)				45 000
Consommation biomasse annuelle entrée chaudière (t/an)				14 500
Nature du combustible	Part de l'approvisionnement (% PCI)	Part de l'approvisionnement (MWh PCI)	Régions d'origine de l'approvisionnement par type de combustible	Part de l'approvisionnement par région et par type de combustible (% PCI)
Plaquettes forestières (Cf. réf 2017-1A-PFA)...	90%	42 750	Grand Est	80%
			Bourgogne-Franche-Comté	15%
			Allemagne ou Belgique	5%
Broyat de palette (Cf. réf 2017-2A-CIB)	10%	2 250	Grand Est	100%
Part minimum de bois certifiés (PEFC, FSC, ou équivalent) en Plaquettes forestières (catégorie du référentiel 2017-1A-PFA)				100 %

Votre projet consomme essentiellement des plaquettes forestières, pour un volume total qui est compatible avec les ressources en bois énergie identifiées dans le schéma régional biomasse (SRB - objectif de mobilisation fixé entre 3,3 et 3,8 millions de m³ de bois forestier à l'horizon 2050). Le cumul des prévisions de consommation de plaquettes forestières par les projets en cours indique toutefois que les quantités disponibles évaluées dans le SRB pourraient devenir limitantes et induire un risque de conflit d'usage. Néanmoins, selon les avis recueillis par la cellule biomasse, les ressources disponibles en bois énergie s'avèrent plus importantes qu'évalué dans le diagnostic du SRB, notamment en raison d'une moindre utilisation de cette ressource par des opérateurs industriels de la région. Au total, les informations disponibles ne permettent pas d'établir de risque de concurrence avec des installations ou des usages existants.

Par ailleurs, le projet consomme de la biomasse déchet de bois dont les disponibilités sont mal connues à l'échelle régionale. Ainsi, l'analyse des conflits d'usages potentiels engendrés par votre projet ne peut être pas rigoureusement conduite. Cependant, l'une des orientations du schéma régional biomasse en cours d'adoption consiste à améliorer la mobilisation des biodéchets dont font partie les déchets de bois. Par ailleurs, les informations apportées dans votre dossier ne permettent pas d'établir de risque de concurrence avec d'autres installations sur l'approvisionnement.

En conclusion, compte tenu de ces éléments, j'émet un avis favorable sur le plan d'approvisionnement déposé. Toutefois, dans l'objectif d'améliorer la connaissance de l'utilisation de ces ressources au niveau régional, il vous est demandé de présenter les contrats d'approvisionnement signés dès que possible, afin que mes services disposent des données réellement consommées par votre installation.

Cet avis ne préjuge pas de la décision qui sera prise par l'ADEME sur votre demande d'aide. L'ADEME se tient à votre disposition pour toute précision.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le président, l'expression de ma considération distinguée.

La préfète,
Pour la Préfecture de la Région
Le Secrétaire Général pour les Affaires
Régionales et Européennes



Blaise GOURTAY

Annexe n° 3 : Plan masse

