

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

Centre de Lyon

Mémoire

Présenté en vue d'obtenir le

Diplôme « titre RNCP niveau 7 Hygiéniste du travail et de l'environnement »

Par

Christelle NZAZA YANSI

L'impact à long terme des émissions de combustion sur le personnel, les riverains et l'environnement d'un site ICPE ?

Soutenu le 17 septembre 2024

Président du Jury : Mme ZNATY

Assesseurs : M. MOLEGNANA

Tuteurs : M. Gau

Remerciements

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de fin d'étude.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Nicolas Gau, tuteur d'entreprise m'ayant suivi durant ces deux années d'alternance au sein du site de stockage d'Etrez, pour sa disponibilité, son écoute attentive et ses conseils avisés.

Je remercie également l'ensemble des équipes Storengy pour leur accueil, leur patience et leur bienveillance ainsi que leur collaboration pour mener à bien mes projets et bien évidemment, tous les moments conviviaux partagés.

Je souhaite remercier l'équipe pédagogique du CNAM, plus particulièrement M. Molegnana, pour m'avoir accompagné, suivi et donné de précieux conseils dans la réalisation de ce travail ainsi que mes camarades de promotion pour avoir passé deux agréables années.

Enfin, je remercie mes proches, amis et famille qui ont été un soutien sans faille durant ce cursus.

Table des matières

1.	Présentation d'entreprise	9
1.1	Le groupe Engie.....	9
1.2	Storengy France	9
1.3	Etrez, site de stockage en cavité saline.....	11
2	Présentation du projet	12
2.1	Contexte réglementaire et normatif de l'entreprise (classement ICPE et obligations réglementaires).....	13
2.1.1	Valeurs limites d'émission et obligations de surveillance	15
2.2	Santé publique et émission de combustion	17
2.2.1	Caractéristiques et Effets des polluants sur la santé.....	17
2.2.2	Avis du médecin du travail sur les risques potentiels pour les salariés	18
2.3	Surveillance des émissions sur le site d'Etrez.....	18
2.3.1	Outils de surveillance utilisés.....	18
2.3.2	Résultats des mesures et conformité réglementaire	19
2.3.3	Analyse environnementale	20
2.3.4	Activités et procédés	21
2.3.5	Détermination du régime ICPE	22
2.4	Synthèse de la problématique	22
3	Analyse des émissions et Modélisation.....	25
3.1.1	Nature et effets des polluants	25
3.1.2	Quantification des émissions annuelle	28
3.2	Modélisation	28
3.3	Résultats des mesures et modélisation de la dispersion.....	32
4	Evaluation des risques sanitaires et environnementaux	35
4.1	Identification des substances d'intérêt et de leurs dangers.....	35
4.2	Etudes dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence (VTR)	36
4.2.1	Estimation des expositions	37
4.2.2	Caractérisation de l'exposition des populations (travailleurs et riverains).....	39
4.3	Evaluation quantitative des risques sanitaires	39
4.4	Impacts environnementaux	40
4.5	Impacts potentiels sur la biodiversité.....	41
4.5.1	Analyse de l'étude sur les lichens comme indicateur de la qualité de l'air	42
4.5.2	Autres indicateurs de la qualité de l'air AURA.....	42
5	Techniques de traitement et réduction des émissions.....	44
5.1	Technologies de traitement des émissions en place.....	44

5.2	Proposition de mesures de réduction et d'amélioration	44
6	Discussions	46
6.1	Benchmark	46
6.2	Retour d'expérience.....	46
7	Conclusion	48

TABLEAUX

Tableau 1 Valeurs limites d'émissions fixées par l'AP et les AMPG applicables. Source personnelle ..	16
Tableau 2 Fréquence de réalisation des mesures de rejets atmosphériques. Source interne entreprise.....	18
Tableau 3 Résultats de conformités réglementaires des mesures de rejets. Source personnelle.	20
Tableau 4 Caractéristiques des appareils de combustions. Source personnelle.	26
Tableau 5 Quantification des émissions polluantes annuelles. Source EDEN.....	28
Tableau 6Table Pasquill. Source.....	31
Tableau 7 Données d'entrée pour la modélisation de la dispersion atmosphérique via SCREEN VIEW. Source personnelle.....	32
Tableau 8 Identification des dangers par substance. Source personnelle.....	35
Tableau 9 Disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence. Source personnelle	36
Tableau 10 Valeurs guides. Sources OMS	37
Tableau 11 Part des composés volatils dans les mesures de rejets des appareils de combustion. Source personnelle.....	38
Tableau 12 Concentrations moyennes annuelles. Sources personnelle.....	39

FIGURES

Figure 1 Principales activités de Engie. Source personnelle	9
Figure 2 Sites de stockage souterrain de gaz naturel en France.....	10
Figure 3 Schéma conceptuel de la dispersion atmosphérique. Source personnelle.	13
Figure 4 Les engagements de Storengy. Source interne entreprise	14
Figure 5 Photographie aérienne du site d'Etrez avec visualisation des emplacements des conduit de cheminées. Source QGIS	26
Figure 6 Schéma conceptuel d'exposition autour du site. Source personnelle.	29
Figure 7 Rose des vents de la station de Saint Etienne du Bois. Source Info Climat.....	30
Figure 8 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis le moto-compresseur CL. Source SCREEN VIEW.....	32
Figure 9 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis l'unité de la chaudière CH2. Source SCREEN VIEW.....	33
Figure 10 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis l'unité de régénération RK1. Source SCREEN VIEW.....	33

Liste des abréviations

AMPG : Arrêté Ministériel de Prescription Générale

AP : Arrêté Préfectoral

CO : Monoxyde de carbone

COVNM : Composé Organique Volatil Non Méthanique

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement

EDEN : Entrepôt de Données Environnementales

EQIS : Evaluation Quantitative d'Impact Sanitaire

GEREP : Gestion Electronique du Registre des émissions polluantes

ICPE : Installation Classé pour la Protection de l'environnement

IED : Directives relatives aux émissions industrielles

NO_x : Oxydes de soufre

SO₂ : Dioxyde de soufre

TEG : Tri-éthylène-glycol

VLE : Valeurs Limites Réglementaires

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Introduction

L'utilisation des énergies fossiles dans le transport, le chauffage, dans la production industrielle, bien que nécessaire afin de répondre aux besoins de la vie quotidienne, s'accompagne de la production de polluants atmosphériques à travers la mise en œuvre de nombreux process de production et peuvent donc avoir un impact important sur l'environnement.

Les émissions de ces polluants par les installations industrielles soulèvent de nombreuses questions quant à leur impact à court, moyen, ou long terme sur la santé des salariés, la qualité de vie des riverains et l'équilibre environnemental. Face à ces préoccupations, quelques questions pouvant être soulevées :

- Est-ce qu'habiter aux abords d'une installation classée opérant du gaz naturel dans ses process peut influencer sur ma santé ?
- Puis-je déclarer une maladie professionnelle X années après avoir travaillé en tant que technicien au plus près des installations ?

Ce mémoire s'interroge sur les conséquences des émissions polluantes d'une ICPE qui utilise dans le cadre de ses process pour le stockage de gaz naturel, des appareils de combustion fonctionnant au gaz et produisant tous types de combustibles. Les hypothèses émises :

- Les émissions polluantes des installations de combustion de Storengy pourraient avoir des impacts négatifs sur la santé des salariés, des riverains en particulier sur le système respiratoire.
- Ces émissions pourraient contribuer à la dégradation de la qualité de l'air et à l'altération des écosystèmes environnants

Storengy met en œuvre tout un ensemble de mesures de prévention et de réduction des émissions polluantes.

Les objectifs de ce mémoire sont :

- De répertorier et quantifier les principaux polluants émis par les installations de combustion

- D'évaluer les impacts sanitaires et environnementaux de ces émissions
- D'analyser les mesures de contrôle et de réduction des émissions en place
- Proposer pour clôturer des recommandations si nécessaire afin d'améliorer la gestion des émissions de polluants

1. Présentation d'entreprise

1.1 Le groupe Engie

Le groupe Engie est un acteur mondial de l'énergie. C'est un industriel de référence dans les métiers du gaz, de l'électricité ainsi que des services à l'énergie.



Figure 1 Principales activités de Engie. Source personnelle

Engie peut compter sur ses fortes positions dans les infrastructures régulées, les services aux clients et sa dynamique de croissance dans la production d'électricité renouvelable. Le développement de ces activités permettra de transformer le groupe pour le mettre en situation de devenir un pionnier du nouveau monde de l'énergie.

1.2 Storengy France

Storengy, filiale d'Engie, est l'un des leaders mondiaux dans le stockage souterrain de gaz naturel. Avec plus de 60 ans d'expérience, Storengy conçoit, développe et exploite des installations de stockage et offre à ses clients des produits innovants conçus à partir de son expérience approfondie de différents marchés et environnements réglementaires. Premier opérateur de stockage de gaz naturel en Europe avec 21 sites de stockage de gaz naturel en activité. L'entreprise commercialise une capacité de 12,2 milliards de m³ pour un chiffre d'affaires global de 782 millions d'euros. Son activité principale est le stockage souterrain de gaz naturel permettant ainsi d'assurer un approvisionnement continu dans le réseau.



Figure 2 Sites de stockage souterrain de gaz naturel en France

Il existe 3 catégories de stockage de gaz naturel :

- En cavité saline
- En nappe aquifère
- En gisement déplété

En Europe, Storengy exploite des capacités de stockage importantes dans trois pays :

- En France : elle dispose de 14 sites de stockages
- En Allemagne : elle dispose de 7 sites de stockage
- Au Royaume-Uni : l'entreprise dispose de 20 cavités salines

Le stockage souterrain est indispensable au système gazier pour répondre aux besoins de modulation saisonnière et garantir la sécurité d'approvisionnement en gaz naturel. Il permet :

- D'une part d'ajuster l'offre à la demande
- Garantir la sécurité d'approvisionnement
- L'apport de flexibilité
- L'optimisation des infrastructures gazières

1.3 Etrez, site de stockage en cavité saline

Mis en service en 1979, le site d'Etrez est le premier site de stockage en cavité saline en termes de capacité en France et le 5^{ème} en Europe. Ce site est situé dans la commune de Bresse-Vallons dans le département de l'Ain. Au cœur du réseau français de transport de gaz, il contribue de manière significative à la sécurité de l'approvisionnement en gaz naturel dans la région de Rhône-Alpes.

Le stockage souterrain de gaz naturel d'Etrez est un stockage de type salin qui dispose de 23 cavités salines s'étendant sur 5 communes et représente une capacité de stockage de près de 1,2 milliards de m³.

Sa capacité de stockage représente la consommation annuelle de l'agglomération Lyonnaise.

Le stockage en cavité saline se décompose en trois grandes étapes :

- I. Le lessivage : c'est un processus permettant de créer une cavité dans une couche de sel par dissolution à l'eau douce. A la suite de cette opération, de l'eau saturée en sel est récupérée, aussi appelé saumure.
- II. L'injection : une fois la cavité créée, le gaz naturel est ensuite injecté dans la cavité saline, pour y être stocké. Durant cette étape, la saumure y est soutirée et est envoyée via un saumoduc à une entreprise employant la saumure comme matière première. Le gaz arrive par le réseau de transport puis est compressé.
- III. Le soutirage : ceci est opéré à la demande des fournisseurs d'énergie. Le gaz est déshydraté et est ensuite réinjecté dans le réseau de transport.

Le site de stockage d'Etrez est divisé en deux parties distinctes appelées Etrez I et Etrez II. Sur Etrez I, on y retrouve notamment des chaudières industrielles (CH1/2/3 ETZ1), des unités de régénération (RK1/2/3) et une motopompe, tandis que sur Etrez II, on y dénombre deux chaudières industrielles au nombre de deux (CH1/CH2 ETZ II), des moto-compresseurs (CL3/5), une motopompe, ainsi que les unités de régénération (RK4/5).

2 Présentation du projet

Les installations de surface de la station centrale sont situées à environ 2 km à l'Est du village d'Etrez et les plateformes de puits essentiellement implantées dans la forêt et les bocages alentours. Le périmètre de stockage s'étend sur 5 communes du département de l'Ain :

- Attignat
- Cras-sur-Reyssouze
- Foissiat
- Etrez
- Marboz

C'est une commune semi-rurale qui s'étend sur une superficie totale de 2598 hectares et qui compte 2307 habitants en son sein.

Compte tenu des rejets du site étudié, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation des substances émises à l'atmosphère. Les habitants ou travailleurs à proximité du site de stockage inhalent l'air ambiant. Ils sont alors susceptibles d'être exposés de manière permanente ou occasionnelle aux effets des rejets atmosphériques du site. La voie d'exposition cutanée est négligeable par rapport aux autres voies d'exposition. La peau constitue une barrière de protection tandis que les organes tels que les poumons ont un rôle d'échange entre le corps et l'extérieur. D'autre part, la surface d'échange du polluant avec la peau est nettement plus faible que celle avec les poumons. De ce fait, seuls les effets sur les poumons seront étudiés.

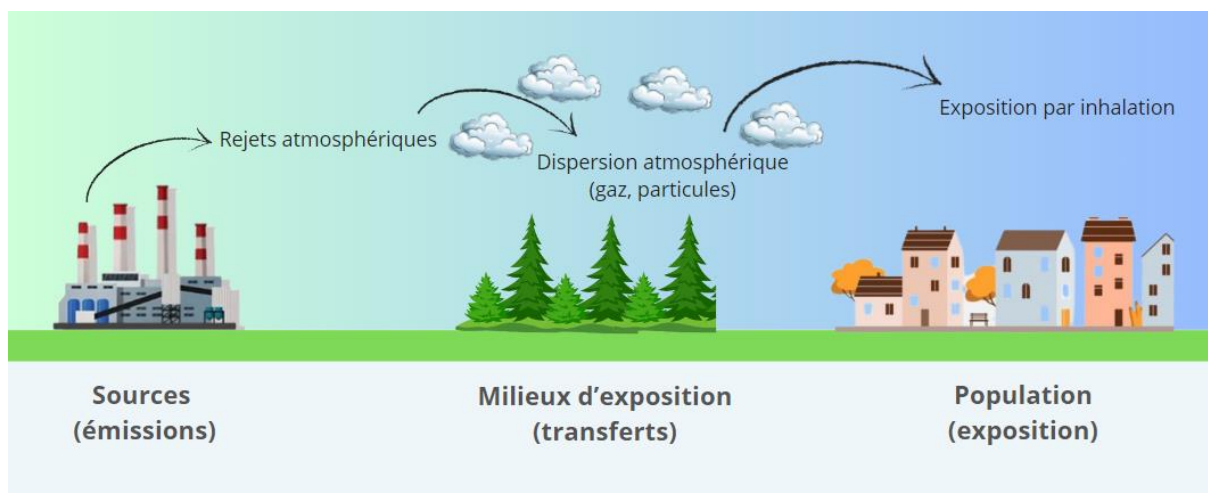


Figure 3 Schéma conceptuel de la dispersion atmosphérique. Source personnelle.

L'exposition du personnel et des riverains aux rejets des appareils de combustion se fait donc de manière directe par l'inhalation de composants volatils (gazeux ou particulaires) se dispersant dans l'air ambiant.

2.1 Contexte réglementaire et normatif de l'entreprise (classement ICPE et obligations réglementaires)

Outre les textes relatifs à l'accès et à la commercialisation de leurs capacités de stockage souterrains, les différents sites de Storengy sont soumis à des réglementations en rapport avec les activités de surface et en sous-sol. Ainsi, ces installations de surface relèvent de la réglementation des installations classées pour l'environnement (ICPE).

Le site d'Étrez est soumis à la réglementation SEVESO III car sa capacité de stockage en gaz naturel étant supérieure à la quantité seuil haut (200 tonnes), la réglementation des ICPE classe alors le site de Storengy comme « Seveso Seuil Haut ».

Pour les entreprises classées « Seveso seuil haut », la mise en œuvre d'un système de gestion de la sécurité (SGS) doit être élaboré pour la protection des populations et des milieux extérieurs à l'entreprise.

Storengy met en œuvre un système de management intégré qui permet de valoriser les démarches effectuées sur ses sites. Ce système de management permet de soutenir cette démarche d'excellence en mesurant la performance :

- Du management de la qualité (ISO 9001)
- Du management de l'environnement (ISO 14001)
- Du management de l'énergie (ISO 5001)
- Du management de la sécurité industrielle (SGS)

Le périmètre de certification englobe les normes environnementale, énergétique ainsi que de la qualité.

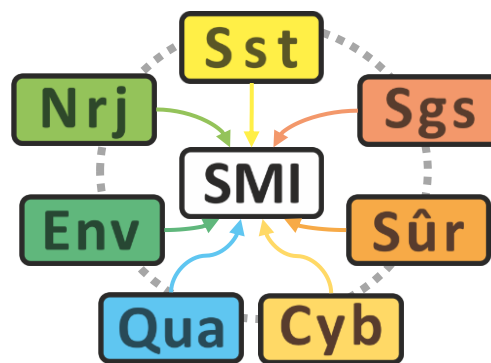


Figure 4 Les engagements de Storengy. Source interne entreprise

Les ICPE sont soumises à des réglementations strictes en matière de pollution atmosphérique. Les installations classées jouent un rôle important envers l'environnement et les populations locales. Au niveau Européen :

- La directive 2008/50/CE sur la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. Celle-ci fixe les normes de qualité de l'air pour les polluants atmosphériques tels que PM₁₀ et PM_{2,5}, SO₂, NO₂, CO et O₃.
- La directive (EU) 2016/2284 du parlement Européen et du conseil du 14 décembre concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques. Cette directive édicte les engagements de réduction des émissions des Etats membres concernant les polluants SO_x, NO_x, NH₃, COVNM et PM_{2,5}.

Au niveau National, un premier échelon permet de cadrer les émissions polluantes, notamment le code de l'environnement qui centralise l'ensemble des lois et règlements relatifs à la protection de l'environnement y compris les émissions polluantes.

En troisième échelon, nous retrouvons les arrêtés ministériels permettant de cadrer et de limiter les émissions polluantes à l'atmosphères. Ceux-ci sont spécifiques selon le régime de classement du site vis-à-vis de la rubrique 2910 des ICPE :

- Les arrêtés ministériels de prescription générale du 3 août 2018 relatif aux installations de combustion soumise à enregistrement, à déclaration ou à Autorisation
- L'arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux rejets de toute natures des installations soumises à autorisation. Ce texte définit les concentrations limites de rejets à l'atmosphère d'un panel de polluants.

En plus de ces arrêtés ministériels applicables, l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter y consacre également une section concernant les émissions des combustions à l'atmosphère et renseigne des valeurs limites d'émissions à respecter.

Par ailleurs, en termes de protection des salariés, des mesures de prévention doivent être mises en place pour leur santé et sécurité. L'employeur doit procéder à une évaluation des risques vis-à-vis des polluants atmosphériques.

Les parties du code du travail concernées :

- Articles R.4222-1 : l'obligation de maintenir un air pur dans les lieux de travail
- Article L.4121-1 : Obligations générales de de sécurité de l'employeur
- Articles L.4121-2 : l'obligation d'effectuer une évaluation des risques professionnelles

2.1.1 Valeurs limites d'émission et obligations de surveillance

L'ensemble de ces textes permettent de fixer des seuils standards pour les émissions, néanmoins les VLE varient selon le(s) texte(s), celles-ci peuvent être plus ou moins contraignantes pour les installations.

Les rejets de ces installations doivent donc respecter les valeurs limites en concentration, les volumes de gaz étant rapportés :

- A des conditions normalisées de température (273 Kelvins) et de pression (101,3 kPa) après déduction de la vapeur d'eau (gaz secs)
- A une teneur de 15 % de dioxygène.

Le site de stockage étant soumis à autorisation, nous devons respecter les VLE (Valeur limite d'Emission) provenant de l'arrêté préfectoral. Celles-ci peuvent être plus strictes car tiennent compte de la sensibilité de l'environnement, des caractéristiques spécifiques de l'installation et des objectifs locaux de qualité de l'air.

Tout au long de cette étude, je me focaliserai sur ces trois appareils de combustion présents dans le tableau ci-dessous :

Appareil de combustion	Concentrations en mg/Nm ³					
	Moto-compresseur		Chaudières		Economiseur RK1	
Rejet	VLE AP	VLE AMPG	VLE AP	VLE AMPG	VLE AP	VLE AMPG
CO	650	-	-	-	180	250
COVM	150	-	-	-	150	-
NO _x en équivalent NO ₂	350	150	100	100	400	190
SO _x en équivalent SO ₂	30	15	35	-	2500	15
Poussière	50	-	5	-	100	-

Tableau 1 Valeurs limites d'émissions fixées par l'AP et les AMPG applicables. Source personnelle

Les deux économiseurs n'ont pas de valeurs limites réglementaires car leur puissance thermique nominale est inférieure à 1 MW, ainsi, aucune valeur limite d'émissions n'est alors établie. Néanmoins, l'arrêté préfectoral en impose pour l'économiseur RK1 car c'est un appareil spécifique qui utilise comme comburant, l'ensemble des effluents produits au cours du procédé et optimise le bilan énergétique.

2.2 Santé publique et émission de combustion

2.2.1 Caractéristiques et Effets des polluants sur la santé

L'inhalation des produits de combustion peut avoir des conséquences graves selon les propriétés physico-chimiques du polluant inhalé et la manière dont celui-ci interagit avec l'organisme. Voici une liste des potentiels effets sur la santé que peut représenter l'inhalation de combustibles sur le long terme :

Le monoxyde de carbone

L'inhalation de monoxyde de carbone entraîne selon la concentration de CO dans l'air (en ppm) des maux de tête et des vertiges. En cas d'exposition prolongée à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir

Les oxydes de soufre

Le dioxyde de soufre : Une exposition prolongée aux SO_x accroît l'incidence de pharyngite et de bronchite chronique. Celle-ci peut s'accompagner d'une altération de lma fonction pulmonaire en cas d'exposition importante prolongée

Les oxydes d'azote

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant pour les bronches et augmente la fréquence et la gravité des crises asthmatiques et la gravité des crises chez les asthmatiques et favorise les infections pulmonaires infantiles. Le monoxyde d'azote est non toxique pour l'Homme aux concentrations environnementales.

Les poussières

Les poussières dispersées dans l'air peuvent induire des pathologies respiratoires et cutanées. La durée d'exposition peut constituer un facteur aggravant. L'inhalation des poussières provoque des effets sur les voies respiratoires entre autres le vieillissement des fonctions respiratoires. Les effets à long terme de l'exposition ne sont pas totalement connus par manque d'études, néanmoins, il apparaît que l'exposition à de faibles doses peut engendrer des effets tardifs, par exemple de cancer. De plus, selon une étude tri-nationale (Autriche-France-Suisse) « les particules fines d'un diamètre aérodynamique inférieur à $10\mu m$ sont responsables annuellement d'entre 19000 et 44 000 décès en France ».

2.2.2 Avis du médecin du travail sur les risques pour les salariés

Dans le cadre de mon étude, j'ai tenté de contacter la médecine du travail afin d'échanger sur les risques sanitaires potentiels des polluants. Cette démarche avait pour objectif de recueillir d'éventuels problèmes de santé que des salariés auraient pu rencontrer.

2.3 Surveillance des émissions sur le site d'Etrez

Le suivi annuel des mesures de rejets est un paramètre important afin de protéger l'environnement et de préserver la santé des personnes. Cela, en vérifiant que les industries respectent les réglementations en termes de normes environnementales vis-à-vis des polluants dans l'air.

2.3.1 Outils de surveillance utilisés

2.3.1.1 Modalité de surveillance des rejets

Paramètres	Fréquence
Débit	Annuelle
Vitesse	
O ₂	
Poussières	
SO ₂	
NO _x	
CO	
COV non méthanique	

Tableau 2 Fréquence de réalisation des mesures de rejets atmosphériques. Source interne entreprise.

La surveillance des rejets est imposée par l'arrêté préfectorale et doit être réalisée annuellement pour les appareils de combustion soumis aux mesures par des organismes accrédités. Un logiciel nous assure le suivi de la bonne réalisation des contrôle réglementaire.

2.3.1.2 *Suivi des rejets de combustion annuelle*

Le rapport des données vis-à-vis de la quantité totale annuelle des polluants émis à l'atmosphère est réalisée à l'aide de l'outil EDEN¹ est un outil mis à disposition de l'exploitant afin de réaliser la collecte, la saisie et la validation des données environnementales et énergétiques liées aux différentes activités du site.

Ce logiciel permet également le compte-rendu d'autres données environnementales et énergétiques qui sont les suivants :

- Consommation d'électricité
- Consommation de Gaz
- Consommation de fuel ou de gasoil
- Consommation et rejet d'eau
- Consommation de produits
- Consommation des véhicules

La collecte des données est effectuée à la maille du site par l'exploitant qui réalise mensuellement des tournées à l'aide de l'application LORIN. Les informations recensées dans cet outil sont automatiquement envoyées dans EDEN.

Bilan des émissions polluantes étudiées :

- CH₄
- CO
- CO₂
- COV
- COV
- NO_x
- SO_x
- Poussières PM₁₀

La quantité des émissions de polluants émis à l'atmosphère est calculé en tonnes.

Ces informations sont ensuite remontées à l'administration (la DREAL²) à travers la déclaration GEREP³. C'est un outil essentiel à la surveillance et à la gestion environnementale.

2.3.2 Résultats des mesures et conformité réglementaire

¹ EDEN : Entrepôt de Données Environnementales

² DREAL : Direction Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

³ GEREP : Gestion Electronique et Registre des Emissions Polluantes ; déclaration des émissions polluantes (eau, sol, air ...)

	Concentration en (mg/Nm ³)								
Appareil	Moto-compresseur CL3			Chaudière 2			Unité de régénération RK1		
Paramètres	Valeurs mesurées	VLE	Respect des VLE	Valeurs mesurées	VLE	Respect des VLE	Valeurs mesurées	VLE	Respect des VLE
CO	26,5	650		30			0	180	
COVNM	129	150		2,8			22	150	
SO ₂	2,52	30		1,3	35		32	2500	
NO _x	217	350		106	150		390,3	400	
Poussières	3	50		0	5		0	100	

Tableau 3 Résultats de conformités réglementaires des mesures de rejets. Source personnelle.

Les résultats des mesures périodiques de rejets des émissions polluantes réalisées par l'organisme de contrôle sont présentés dans le tableau ci-dessous. L'analyse de ces résultats démontre que les rejets de polluants à l'atmosphère sont bien inférieurs aux valeurs limites d'émissions fixées par l'arrêté préfectoral.

Néanmoins, même si les émissions respectent les valeurs limites, il est tout de même nécessaire de poursuivre les efforts de réductions des émissions.

2.3.3 Analyse environnementale

Storengy France a réalisé la démarche d'identification de ces polluants qui sont présents dans l'analyse environnementale du site. La thématique de la pollution se trouve dans la famille des impacts environnementaux suivant : « Pollution de l'air ». Dans cette catégorie, nous retrouvons l'ensemble du panel de polluants rejetés par les installations de combustion, ce sont les « aspects environnementaux ». Il s'agit notamment des émissions de CH₄, de CO₂, de NO_x, de SO_x, de CO, de COVNM et de poussières (PM₁₀).

Cela démontre que Storengy France prend bien en compte ces impacts et est consciente de ses responsabilités environnementales en mettant en œuvre des actions afin de réduire ces aspects environnementaux significatifs.

2.3.4 Activités et procédés

Pour assurer le bon déroulement des opérations de stockage de gaz naturel sur la station centrale et les puits, le site d'Étrez met en œuvre de nombreux appareils de combustion qui permettent de répondre aux différentes étapes du process gaz : celles de la compression, du transport et de la déshydratation. Ces appareils sont sollicités selon les besoins du site.

L'ensemble des appareils de combustion présents sur le site de stockage sont :

- Moto-compresseurs
- Chaudières industrielles de réchauffage du gaz / chaudières domestiques pour la production d'eau chaude
- Unités de régénération du Tri-Ethylène-Glycol ⁴
- Groupes électrogènes

L'ensemble de ces appareils fonctionnent au gaz naturel. Le gaz naturel employé est un gaz de type H⁵. Les principaux composants sont les suivants :

- Méthane : > 80%
- Ethane : <15%
- Propane : < 5%
- Azote : < 5%
- Dioxyde de carbone : < 3%

Le gaz naturel contient des traces d'éléments soufrés, soit présents naturellement et si besoins limités par traitement du gaz, soit au contraire rajoutés comme le Tétra-Hydro-Thiophène (THT⁶), ce qui lui donne une odeur caractéristique.

Le gaz naturel n'a pas d'effets toxicologiques connus à ce jour et les expositions éventuelles sont rare compte tenu de la très forte volatilité du gaz dans l'air. En cas de perte de confinement, le gaz naturel se diffuse dans l'environnement. En raison de sa faible densité par rapport à l'air (0,6), il forme un panache qui s'élève et se dilue dans l'atmosphère sans créer de nappe gazeuse ni au sol, ni dans l'atmosphère.

⁴ TEG Tri-éthylène-Glycol) : Lors de l'étape de déshydratation du gaz naturel, le TEG est employé afin de capter l'humidité contenu dans le gaz. Ce composé est régénérable grâce à l'utilisation d'unités de régénération (RK).

⁵ Gaz H (haut pouvoir calorifique) provenant de la mer du Nord, de Russie et d'Algérie, de 10,7 à 12,8 kWh/m³

⁶ THT (Tétra-Hydro-Thiophène) : produit chimique servant d'odorisation du gaz naturel.

2.3.5 Détermination du régime ICPE

L'ensemble de ces appareils de combustion relèvent de la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement « car consomment exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du fioul domestique, du charbon etc... »

La détermination du régime du site pour la rubrique 2910 de la nomenclature s'est faite à l'aide des Fiches Techniques de Combustion mises à disposition par le ministère de la transition écologique et solidaire en 2019. Néanmoins, celles-ci n'ont aucune valeur réglementaire. Elle vise à fournir d'appui aux exploitants notamment dans la détermination de ses installations de combustions, mais également les arrêtés ministériels qui sont applicables selon le régime.

De ce fait, la lecture de ses Fiches de Technique a permis d'identifier un total de 6 installations pour le site d'Etrez. Deux se situant sur la station principale et composées chacune de plus de deux appareils. Ainsi que 5 autres composés d'un seul appareil et se situant à l'extérieur de la station, celle-ci correspondent aux plateformes de puits contenant pour chacune une unité de régénération du TEG.

- Installation n°1 classée en régime à Autorisation
- Installation n°2 classée en régime à Déclaration
- Installations n°3 à n°8 non classée

Le site de stockage d'Etrez est alors classée à Déclaration pour la rubrique 2910.A et à Autorisation pour la rubrique 2910 B. Ceci implique qu'il faille décliner et donc répondre aux exigences des deux arrêtés ministériels de prescriptions générales relatif à la combustion.

2.4 Synthèse de la problématique

Afin d'analyser la problématique et d'orienter la démarche, il est important de la synthétiser à l'aide d'un outil de questionnement en l'occurrence le QQQQCCP (Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi). C'est une méthode d'analyse et de résolution de problèmes qui va me permettre de donner une vision claire et plus précise du projet à mener par l'identification des questions clés devant être posées.

- **Quoi ?**

Quelles sont les substances émises par les installations de combustion du site de stockage ?

Quels sont les impacts potentiels de ces émissions sur la santé des salariés ?

Quels sont les effets potentiels de ces émissions sur l'environnement ?

- **Qui ?**

Qui sont les personnes exposées ?

Y a-t-il des populations particulièrement vulnérables ?

Les acteurs responsables de la surveillance, de la prévention et de la réduction des émissions ?

- **Où ?**

Localisation du site industriel émetteur de polluants

Comment les polluants se dispersent-ils dans l'environnement ?

Quand ?

Les émissions sont-elles continues, intermittentes, saisonnière ?

Les effets sur la santé, sont-ils immédiats ?

- **Comment ?**

Comment les polluants sont-ils générés et émis par les installations de combustion ?

Comment les polluants se dispersent-ils dans l'atmosphère ?

Comment les impacts sur la santé et l'environnement sont-ils évalués ?

Quelles sont les techniques et les mesures disponibles pour réduire les émissions de polluants ?

- **Combien ?**

Quelles sont les quantités de chaque polluant émises par l'installation ?

Quels sont les niveaux d'exposition des populations aux polluants ?

- **Pourquoi ?**

Quels sont les enjeux en termes de santé publique, de qualité de l'environnement et de développement durable ?

Pourquoi certaines populations sont plus vulnérables à l'exposition des polluants ?

Pourquoi est-il difficile d'évaluer les impacts à long terme ?

3 Analyse des émissions et Modélisation

Dans cette section, y est présentée une analyse détaillée des émissions polluantes générées par les activités du site de stockage suivi d'une modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques à travers le logiciel SCREEN VIEW.

3.1.1 Nature et effets des polluants

Quatre substances sont émises par les cheminées des appareils de combustion qui sont en l'occurrence les moto-compresseurs (CL3 et CL4), les chaudières industrielles (CH1, CH2 CH3 d'Etrez I, CH1 et CH2 d'Etrez II, ainsi que les unités de régénération avec économiseurs (RK1, RK2, RK3) et sans économiseurs (RK1, RK2 et les unités de régénérations des puits 1 à 7) :

- Le monoxyde de carbone (CO)
- Le dioxyde de soufre (SO₂)
- Les oxydes d'azote (NO_x)
- Les poussières de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm

Le choix des polluants étudiés dans cette étude s'arrête à ceux présentés dans la liste précédent car en se basant sur les exigences réglementaires des arrêtés ministériels de prescriptions générales croisés à l'arrêté préfectoral, ce sont ceux revenant le plus souvent.

La station de stockage compte également d'autres appareils de combustion, notamment des aérothermes, des chaudières domestiques ainsi qu'un groupe électrogène. Ces derniers ne feront pas l'objet de notre étude en raison de leur puissance thermique inférieure à 1MW.

La figure X ci-dessous schématise l'emplacement des cheminées des appareils de combustion de la station par des points rouges et verts.

Type de machine	Nom de l'appareil	Puissance en MW	Autre critère
Chaudière de réchauffage du gaz Etrez II	Chaudière CH2 EZ2	6 000	Puissance thermique > 1 MW
Moto-compresseur	Compression du gaz	5400	Puissance thermique > 1 MW

Unité de régénération avec économiseur RK1	Réchauffage du TEG	970	VLE établis par AP et non AMPG*
Unité de régénération RK4	Réchauffage du TEG	220	Puissance thermique < 1 MW, absence de VL
Groupe électrogène		1250	Appareil de secours, absence de VLE

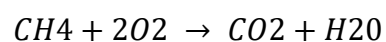
Tableau 4 Caractéristiques des appareils de combustions. Source personnelle.



Figure 5 Photographie aérienne du site d'Etrez avec visualisation des emplacements des conduit de cheminées. Source QGIS

Processus de combustion

La combustion du gaz naturel est une réaction chimique exothermique entre l'oxygène et les hydrocarbures. La combustion complète du gaz naturel devrait en théorie produire du dioxyde de carbone (CO₂) et de la vapeur d'eau :



En revanche, la combustion n'est pas systématiquement parfaitement complète, il existe plusieurs facteurs pouvant entraîner la formation de polluants.

Monoxyde de carbone (CO) n° CAS 630-08-0

C'est un gaz susceptible de se former dans toutes les installations de combustion lorsque la combustion s'effectue avec un manque d'air ou un excès d'air insuffisant. Il peut être créé avec tous les types de brûleurs et de combustible (gaz, fioul domestique etc.) ainsi qu'avec des moteurs et turbines à combustion. C'est un gaz inodore et incolore.



Oxydes d'azote (NO_x) n° CAS 101002-43-9

Les oxydes d'azote en tant que polluant dans l'air sont essentiellement issus de la combustion à haute température des combustibles fossiles. Ils sont composés de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂). Dans l'air, le monoxyde de carbone se transforme en dioxyde d'azote. Les oxydes d'azote sont solubles dans l'eau et interagissent avec d'autres composés.



- Le monoxyde d'azote est un gaz inodore et incolore
- Le dioxyde d'azote est un gaz de couleur brune et odorante

Dioxyde de soufre (SO_x) n° CAS 7446-09-5

Les dioxydes de soufre sont créés lors de la combustion de combustibles fossiles. C'est le soufre présent dans les combustibles s'associe à l'eau pour former du dioxyde de soufre qui peut s'oxyder et former de l'acide sulfurique. C'est un composé soluble dans l'eau.



- Le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz incolore dense et odorante
- Le trioxyde de soufre est un gaz solide de couleur blanche

Les particules ou poussières (PM₁₀)

Elles ont pour origine la combustions industrielles ou bien domestiques mais provient aussi du transport routier. Ces composés sont généralement classés en fonction de leur taille :

- PM10 : particules d'un diamètre inférieur à 10 µm (retenues au niveau du nez et des voies aériennes supérieures)
- PM2,5 : particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires)

3.1.2 Quantification des émissions annuelle

Caractéristiques générales	Unités	CL3	CH1 Etz 2	Unité de régénération RK1
SO _x	Tonne(s)	0,0043	0,004	0,475
NO _x	Tonne(s)	2,951	0,579	0,045
PM ₁₀	Tonne(s)	0,068	0,008	0,007
CO	Tonne(s)	7,69	0,157	0,028

Tableau 5 Quantification des émissions polluantes annuelles. Source EDEN

3.2 Modélisation

Dans le but d'estimer la concentration en polluants dans l'air, j'ai opté pour la réalisation d'une étude de dispersion des polluants atmosphériques. Celle-ci me donne la possibilité de pouvoir modéliser la dispersion des polluants. Ainsi, le logiciel choisi est SREEN VIEW. C'est un outil de modélisation de la dispersion atmosphérique développé par l'EPA (Environment Protection Agency) américain. Il permet d'estimer les concentrations en polluants rejetés dans l'atmosphère à partir de données techniques de l'appareil, des conditions météorologiques et d'émission des sources. Par ailleurs, il n'est malheureusement impossible d'évaluer la concentration de chacun des polluants identifiés dans l'inventaire rejetés à l'atmosphère. Ce logiciel se concentre à l'inverse sur la concentration globale des fumées en sortie de la cheminée de l'appareil de combustion.

Cette étude va donc me permettre de pouvoir estimer la dispersion des polluants rejetés même si ce modèle représente une simplification de la réalité et ne peuvent pas prendre en compte tous les phénomènes physiques et chimiques complexes intervenant dans la dispersion des polluants.

Le diagramme ci-dessous schématise la méthodologie employée par le logiciel SCREEN VIEW pour la mise en œuvre de la dispersion atmosphériques à partir des données d’missions, des données météorologiques et du site de stockage.

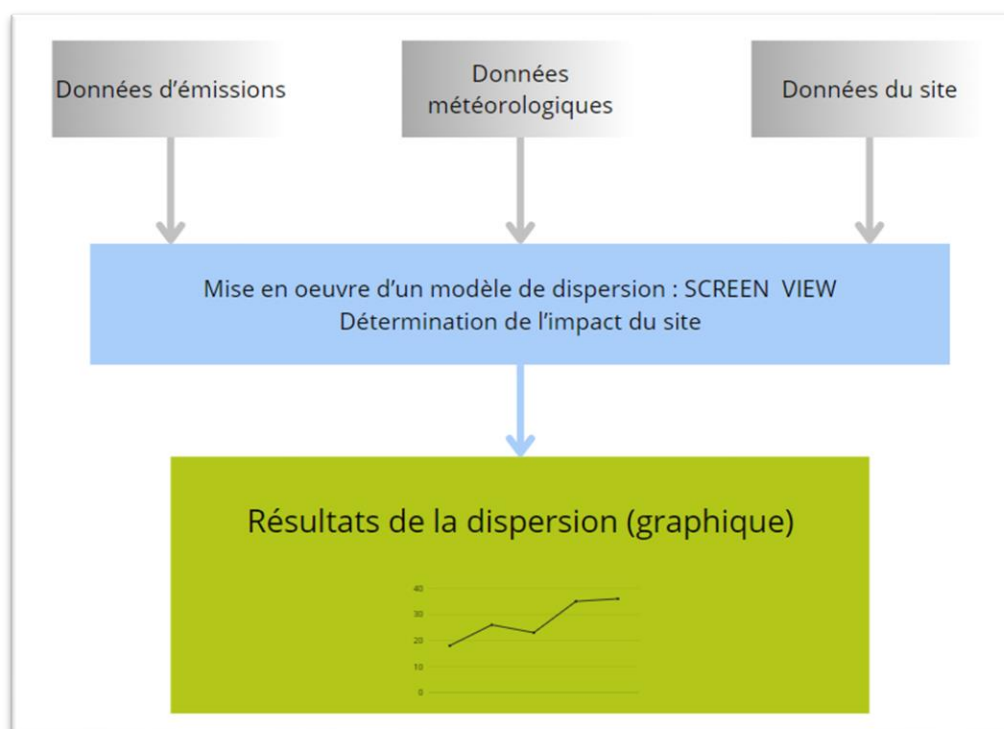


Figure 6 Schéma conceptuel d'exposition autour du site. Source personnelle.

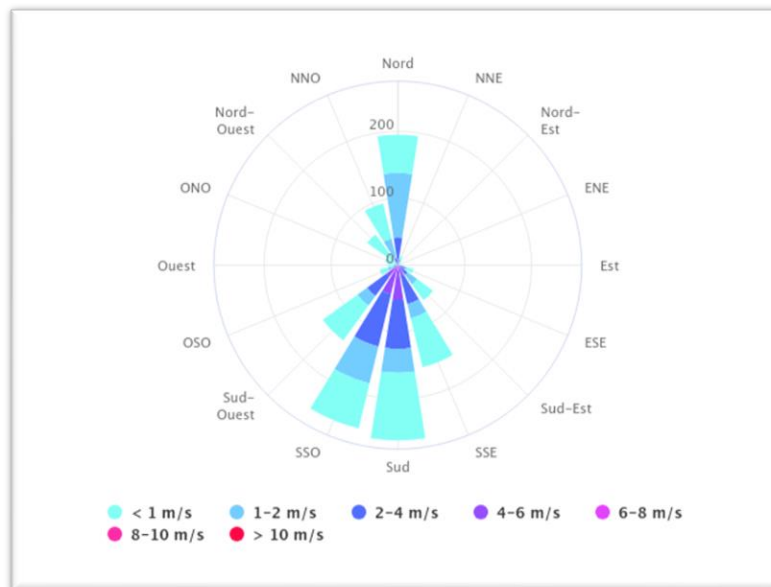
Les paramètres les plus importants pouvant avoir un impact sur la qualité de l'air et notamment la dispersion des polluants sont d'une part, les conditions météorologiques par exemple la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure et la stabilité de l'atmosphère. Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle et de phénomènes locaux. Plus l'atmosphère est stable, plus les conditions de dispersion sont

défavorables. Ces situations peuvent freiner le déplacement des masses d'air et se retrouver principalement par vents faibles et la nuit.

Dispersion des polluants atmosphériques

Les concentrations en polluants atmosphériques peuvent varier au cours du temps et dans l'espace suivant d'une part l'intensité des émissions des différentes activités fluctuant dans le temps, d'autre par la topographie locale qui peut favoriser ou non le déplacement des masses d'air, mais aussi les conditions météorologiques et enfin la structure thermique de l'atmosphère.

Données météorologiques



La figure n°6 présente la rose des vents de la station de Saint Etienne du Bois. En effet, cette station est utilisée car elle est la plus proche, située à une distance de 10 km au Sud Est de notre site de stockage. Les données exploitées proviennent du site Info Climat qui est une association mettant à disposition en accès libre des informations météorologiques mondiales par le partage d'observations et d'analyses météorologiques.

Dans ce périmètre, les vents soufflent du Nord vers le Sud-sud-Ouest. Les plus fréquents sont ceux ayant une vitesse comprise entre 1 m.s^{-1} et 4 m.s^{-1} et constituent 46 % des observations. Les vents calmes (vents inférieurs à 1 m.s^{-1}) représentent 42 % des observations.

Les pollutions sont donc essentiellement locales car sont très peu dispersé en raison de la vitesse moyenne des vents. Les rejets atmosphériques du site se dispersent peu en théorie, ce qui présente l'avantage de ne pas polluer l'environnement voisin.

Stabilité atmosphérique

L'occurrence des classes de vents est un outil primordial dans l'appréciation de la stabilité atmosphérique comme présenté dans le tableau [6]. La stabilité atmosphérique permet ainsi de caractériser le type de dispersion présente dans l'atmosphère à un endroit précis. Afin de déterminer la stabilité atmosphérique pour la station d'Etrez, je me suis aidé des classes de stabilité Pasquill qui me permettra d'évaluer la capacité de l'atmosphère à disséminer les polluants atmosphériques. De plus, le niveau d'ensoleillement de l'aire d'étude est aussi un paramètre à considérer. Il existe 6 classes de stabilité :

- A : très instable (dispersion très favorable)
- B : instable (dispersion favorable)
- C : légèrement instable (dispersion modérée)
- D : neutre (dispersion moyenne)
- E : stable (dispersion défavorable)
- F : très stable (dispersion très défavorable)

Vitesse du vent à 10 m	JOUR		
	Rayonnement solaire incident		
[m/s]	Fort	Modéré	Faible
<2	A	A-B	B
2-3	A-B	B	C
3-5	B	B-C	C
5-6	C	C-D	D
>6	C	D	D

Tableau 6 Classes de stabilité Pasquill. Source INERIS

C'est un paramètre primordial dans la modélisation de la dispersion des vents par SCREEN VIEW.

Données d'entrées au logiciel SCREEN VIEW

Point Source Parameters	Unité	CL3	RK1	CH2 ETZ1
Emission rate	[g/s]	2508	92	681
Stack height	[m]	15	15	9,53
Stack inside diameter	[m]	0,6	0,7	0,75
Stack gas Exit (Velocity)	[m/s]	22,5	3,9	4,3
Stack gas exit (T°)	[K]	461,15	461,15	418,45
Ambient Air	[K]	293	293	293

Tableau 7 Données d'entrée pour la modélisation de la dispersion atmosphérique via SCREEN VIEW. Source personnelle.

Le tableau ci-dessous renseigne les données nécessaires à la modélisation du modèle de dispersion atmosphérique. J'ai choisi d'utiliser un modèle simple, donc choix d'un terrain simple plutôt que complexe localisé dans une zone rurale. De plus, à l'aide de la classe Pasquill, j'ai pu caractériser la classe de stabilité en prenant en compte notamment la moyenne des vents de la commune.

3.3 Résultats des mesures et modélisation de la dispersion

Dans cette section, sont présentés les résultats des modèles de dispersion obtenus à l'aide du logiciel SCREEN VIEW, pour un moto-compresseur, une chaudière industrielle et deux unités de régénération du Tri-éthylène-Glycol.

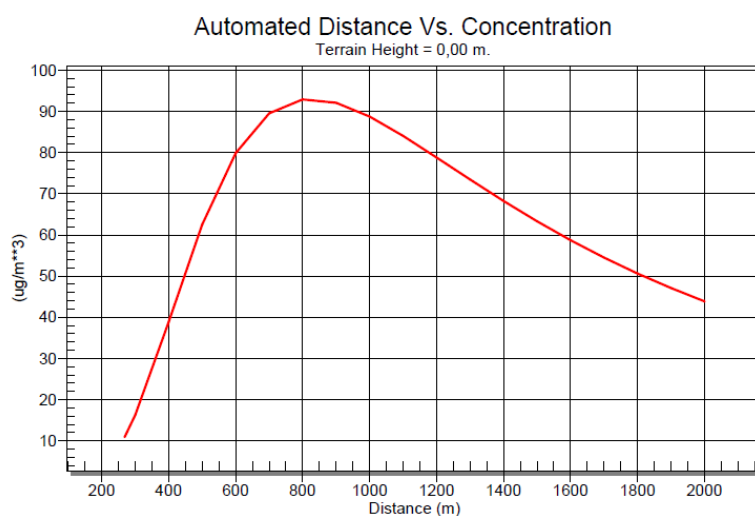


Figure 8 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis le moto-compresseur CL. Source SCREEN VIEW

Ce premier graphique présente la modélisation de la dispersion des fumées depuis la cheminée du moto-compresseur CL3. Au plus près de la source d'émission, la concentration initiale en fumée est très faiblement détectable au niveau du sol. Celle-ci augmente plutôt rapidement avec la distance, cela s'explique par la dispersion horizontale et verticale des fumées. La concentration maximale est vite atteinte puis diminue progressivement en raison de la dilution et de la dispersion par le vent.

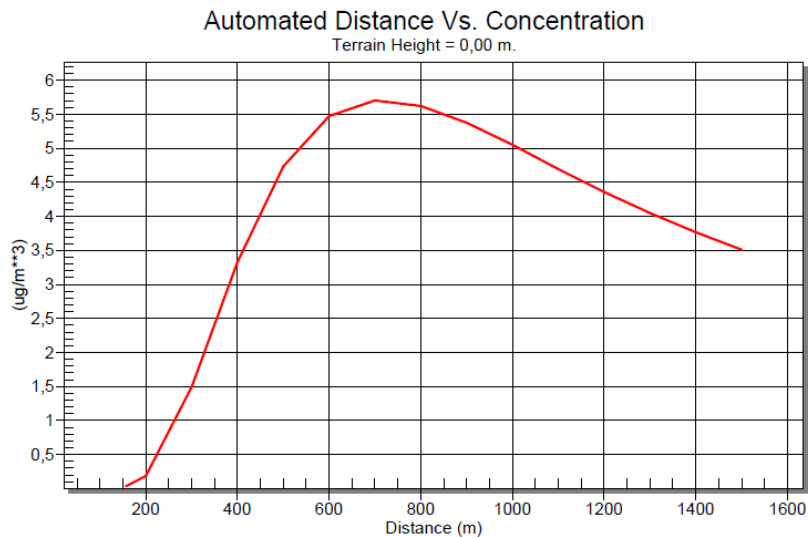


Figure 9 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis l'unité de la chaudière CH2. Source SCREEN VIEW

Sur ce second graphique, la concentration augmente rapidement pour atteindre un sommet à 200 m de la source d'émission, puis diminue progressivement avec la distance. Cela doit s'expliquer par la dispersion dû aux vents et la diffusion. La section de la courbe où la pente est plus raide, cela traduit une dispersion plus lente corrélé à la dilution des fumées dans l'air ambiant.

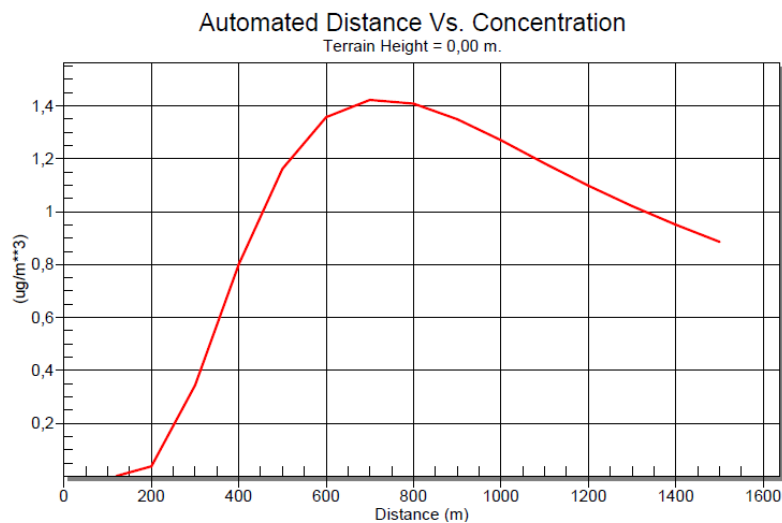


Figure 10 Modélisation de la dispersion atmosphérique depuis l'unité de régénération RK1. Source SCREEN VIEW

Ce troisième graphique présente des tendances de variations similaires à la précédente.

Ainsi l'étude d'analyse de la dispersion menée, avance d'une part que les vents soufflant sur le site de stockage sont identifiés comme étant stable. Cette stabilité n'est pas gage d'une bonne dispersion des vents au contraire celle-ci est défavorable. Cela ne permet pas le transport lointain des polluants mais leur concentration à l'inverse près des points d'émission.

Ensuite, la modélisation à travers le logiciel SCREEN VIEW a permis de mettre en évidence quelques points clés. La concentration des polluants varie en fonction de la distance par rapport aux sources d'émissions. La concentration maximale sera généralement identifiée à une certaine distance en raison des conditions météorologiques et des spécificités de la cheminée des appareils. D'autre part, la vitesse et la direction des vents influent dans la dispersion des polluants. Ce qui explique la création de zones plus concentrées en polluants comme l'observation de pics sur les trois graphiques.

L'utilisation d'un autre logiciel comme ARIA Impact aurait été pertinent, car celui-ci répond aux prescriptions de l'INERIS. Il a notamment été utilisé pour l'étude de dispersion d'autres sites de stockage. Ce logiciel permet de collecter des informations telles que des cartes de concentration et dépôts au sol, de simuler plusieurs années de fonctionnement.

4 Evaluation des risques sanitaires et environnementaux

L'une des méthodologies adéquates afin de caractériser le risque sanitaire pouvant être employée est celle de l'évaluation des risques sanitaires (ERS) du guide de l'INERIS. Elle vise à prévenir et à gérer sur le long terme, le risque encouru par une population vivant à proximité de sources de pollution. Cette étude se divise en 4 étapes :

- A. L'identification des dangers sanitaires
- B. L'estimation de la relation dose/réponse
- C. L'estimation des expositions des populations aux substances
- D. La caractérisation des risques

4.1 Identification des substances d'intérêt et de leurs dangers

L'étape d'identification des dangers présente la toxicité des composés inventoriés. Il est rapporté les effets sur la santé et en particulier le risque cancérigène et les différentes voies d'exposition. Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. Dans le cadre de ce mémoire, l'exposition chronique uniquement est étudiée.

L'identification du potentiel dangereux d'une substance, consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'Homme. Ces informations sont disponibles et publiées par l'OMS/CIRC, l'EPA et l'union Européenne.

Nom	Forme de la substance	N°CAS	Effets / Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité		
					CIRC	EPA	UE
Dioxyde d'azote	Gazeuse	10102-44-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Dioxyde de soufre	Gazeuse	7446-09-5	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Monoxyde de carbone	Gazeuse	630-08-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Poussières	Particulaire		Système respiratoire	Inhalation	-	-	-

Tableau 8 Identification des dangers par substance. Source personnelle

Les recherches à propos des effets de la pollution atmosphérique à la suite d'expositions de longue durée sont moins nombreuses que celles concernant les impacts à court terme. Néanmoins, il est mis en évidence que l'exposition chronique (à long terme) à la pollution particulaire est corrélée à une augmentation du risque de décès par cancer du poumon et pour causes cardio-pulmonaires.

4.2 Etudes dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence (VTR)

La définition des relations dose-réponse consisté à recueillir dans la littérature, l'ensemble des valeurs établissant une relation entre dose d'exposition et les effets observés. Autrement dit, la VTR⁷ ou Valeur Toxicologique de Référence. Elles permettent de caractériser 2 mécanismes d'action des toxiques :

- Les toxiques à effets à seuil : aucun effet en dessous d'un certain niveau d'exposition. La gravité est proportionnelle à la dose (à l'exposition)
- Les toxiques à effets sans seuil : les effets apparaissent dès les plus faibles doses. La probabilité de survenue de l'effet (mais non la gravité) est proportionnelle à la dose. Tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population.

Nom	Risques chroniques	
	VTR à seuil	VTR sans seuil
	Voie respiratoire	Voie respiratoire
Dioxyde d'azote	/	/
Dioxyde de soufre	/	/
Monoxyde de carbone	/	/
Poussières	/	/

Tableau 9 Disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence. Source personnelle

⁷ VTR : Valeur Toxicologique de référence. C'est une estimation de l'exposition à une substance chimique, en-dessous de laquelle il est probable qu'un effet néfaste pour la santé se produise

Les instances internationales ne fournissent pas de VTR pour les risques chroniques. Néanmoins, des valeurs sont disponibles dans les guides de l'OMS. Concernant le monoxyde de carbone, aucune VTR non plus n'est fourni car il n'en existe pas.

Substance	Voie d'exposition	Valeurs guides (moyenne annuelle)	Source	Organe cible
Oxydes d'azote	Inhalation	10 µg/m ³	OMS 2021	Poumons
Dioxyde de soufre	Inhalation	50 µg/m ³	OMS 2000	Poumons
Monoxyde de carbone	Inhalation	50 µg/m ³		Poumons
PM10	Inhalation	15 µg/m ³	OMS 2021	Poumons

Tableau 10 Valeurs guides. Sources OMS

4.2.1 Estimation des expositions

Dans le but d'estimer les expositions, autrement dit de connaître la concentration en polluant à différents points (aux niveaux des limites du site et des habitations les plus proches), les résultats issus de la modélisation de la dispersion par Screen VIEW ainsi que les mesures de rejets issus des rapports de contrôle annuels réalisés sur les appareils de combustion servent de données d'entrée.

A l'aide des données (le débit de rejet, les contenues dans les rapports, j'ai pu estimer la concentration en polluants émis à l'atmosphère. Voici une synthèse des émissions :

Unités	CL3		RK1		CH2	
	mg	%	mg	%	mg	%
CO	61,50	0,5	0,00	0,0	146,29	18,6
NOx	505,00	4,5	506,95	84,4	519,07	66,1
COVt	5800,00	51,3	37,93	6,3	55,12	7,0
CH4	4620,00	40,9	10,00	1,7	44,88	5,7
COVNM	299,00	2,6	28,58	4,8	13,66	1,7
Poussières	7,05	0,1	0,00	0,0	0,00	0,0
SO2	5,95	0,1	17,51	2,9	6,39	0,8

Formaldéhyde	2,79	0,0				
Total	11301,29	100,0	600,97	100,0	785,41	100,0

Tableau 11 Part des composés volatils dans les mesures de rejets des appareils de combustion. Source personnelle

Calculer la concentration de chacun des polluants présents dans le panache de fumée n'est pas possible car représentatif de la réalité car la dispersion de chaque polluant dépend de ses propriétés physico-chimie et des conditions météorologiques. Ainsi, le lien entre la concentration et la distance n'est pas identiques pour l'ensemble des composés volatils. Néanmoins, j'ai tenté d'estimer la concentration en oxydes d'azote pour l'unité de régénération RK1 et la chaudière car c'est le polluant majoritaire pour les deux appareils (84% pour la RK1 et 66% pour la CH2). Il est alors plus

Les distances retenues pour :

- Pour RK1 : minimum = 120 m et maximum = 318 m
- Pour CH2 : minimum = 157 m et maximum = 470 m

Le minimum correspond à la distance entre le point de rejet et la limite du site (clôture) et le maximum correspond à la distance entre le point de rejet et l'habitation la plus proche.

- Unité de régénération RK1

Point n°1 : A 120 m de la source de rejet, la concentration totale étant de $0,6^E-03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cela correspondrait à une concentration de $0,51^E-03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x . Soit $5,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'année.

Point n°2 : A 318 m de la source de rejet, la concentration totale étant de $0,424 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cela correspondrait à une concentration en NO_x de $0,358 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Soit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'année.

Point n°3 : A 1500 m, au plus loin de la source de rejet, la concentration totale étant de $0,8857 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cela correspondrait à une concentration de $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x . Soit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'année.

- Chaudière CH2 EZ2

Point n°4 : A 157 m de la source de rejet, la concentration totale étant de $0,34^E-01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cela correspondrait à une concentration de $0,22^E-01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x . Soit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'année.

Point n°5 : A 470 m de la source de rejet, la concentration totale étant de 6,7 µg/m³, cela correspondrait à une concentration en NO_x de 4,429 µg/m³. Soit µg/m³ à l'année.

Point n°6 : A 1500 m, au plus loin de la source de rejet, la concentration totale étant de 3,51 µg/m³, cela correspondrait à une concentration de 2,32 µg/m³ de NO_x. Soit µg/m³ à l'année.

4.2.2 Caractérisation de l'exposition des populations (travailleurs et riverains)

	Unité	CO	NO _x	SO ₂	Particules poussières
Réglementation : valeurs limites	µg/m ³	-	NO ₂ : 40	50	30
Réglementation : objectifs qualité	µg/m ³	-	40	50	30
Point n°1	µg/m ³	-	5,74 ^{E-05}	-	-
Point n°2	µg/m ³	-	4,02 ^{E-03}	-	-
Point n°3	µg/m ³	-	0,84	-	-
Point n°4	µg/m ³	-	2,5 ^{E-03}	-	-
Point n°5	µg/m ³	-	0,5	-	-
Point n°6	µg/m ³	-	0,261	-	-

Tableau 12 Concentrations moyennes annuelles. Source personnelle

Concernant la substance étudiée (les oxydes d'azote), les concentrations en moyenne annuelle obtenues à l'aide de la modélisation via SCREEN VIEW sont nettement inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air.

D'autre part, en considérant que les autres polluants n'étant pas majoritaires, alors leurs concentrations annuelles n'excèdent pas celles des NO_x, et devrait en théorie respecter les valeurs limites réglementaires.

4.3 Evaluation quantitative des risques sanitaires

Une Evaluation Quantitative d'Impact Sanitaire (EQIS) a été menée à l'échelle régionale de l'Auvergne Rhône-Alpes et paru en octobre 2021. Cette étude est conduite par Santé Publique France dans le but de déterminer les impacts de la pollution atmosphérique sur

la santé de la population. Les études EQUIS-PA sont une approche intégrée permettant de quantifier les impacts de la pollution atmosphériques. Ce rapport propose des résultats en termes de morbidité ainsi que de mortalité à partir d'indicateurs de pollution notamment le NO₂. Cette EQIS met en exergue les conséquences de la pollution de l'air sur la santé. L'objectif étant d'évaluer les impacts sur la santé à long terme du dioxyde d'azote sur la mortalité chez les individus de 30 ans et plus. Cette focalisation sur les effets chroniques à long terme se justifie car les effets du NO₂ sont plus particulièrement chroniques et ne se manifestent pas immédiatement. Les conséquences sur la santé y compris sur les systèmes respiratoires et cardiovasculaires apparaissent des années après l'exposition. D'autre part, les effets du dioxyde d'azote tendent à être cumulatifs, se développent et s'aggravent avec une exposition prolongée

La période d'étude s'étend de l'année 2016 à l'année 2018.

Le stockage souterrain d'Etrez étant situé dans la commune de Bresse-Vallons, fait partie de la communauté d'agglomération du Bassin de Bourg-en-Bresse. De ce fait, nous nous baserons sur les données renseignées sur ce territoire.

Une seconde étude menée en l'occurrence sur les dioxydes de soufre, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils, les dioxydes d'azote, les particules mais aussi sur les benzènes met en évidence les impacts sur la santé sur une population constitués d'enfants. Celle-ci confirme l'existence d'un effet à long terme de l'exposition à certains polluants atmosphériques sur la santé de ces enfants. Ceux qui sont fortement exposés présentent un risque élevé de développer de l'asthme, de l'eczéma, de rhinite allergique ainsi qu'une sensibilisation aux pollens. Afin d'évaluer les impacts, le logiciel STREET 5 a été mis en œuvre.

4.4 Impacts environnementaux

Cette section permet d'avoir un aperçu du devenir des substances polluantes une fois rejetés dans l'air ambiant.

Les oxydes d'azote

Les NO_x sont aussitôt oxydés en nitrates dans l'atmosphère. En se solubilisant dans les gouttes d'eau des nuages, ces composés peuvent être à l'origine de la formation des pluies acides. Les oxydes d'azotes peuvent réagir avec des composés hydrocarbonés dans la

trosphère et conduire à la formation d'ozone par voie photochimique. Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique.

Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre se transforme essentiellement dans l'atmosphère en acide sulfurique. Cet acide agit en synergie avec d'autres polluants, à l'acidification et à l'appauvrissement des milieux naturels par la formation des pluies acides. Cela dégrade la pierre (cristaux de gypse).

Monoxyde de carbone

De la même manière que les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone participe dans la formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il peut également se transformer en dioxyde de carbone et contribuer à l'effet de serre.

Composés organiques volatils

Très réactif dans l'atmosphère, les composés organiques volatils contribuent à la pollution photochimique. Elle est caractérisée par la présence de composés issus de réactions chimiques entre les NOX, les COV et le CO sous l'effet du rayonnement solaire.

Particules ou poussières

Les particules en suspension peuvent réduire la visibilité et influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière. En se déposant, elles contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux. Elles se déposent rapidement sous l'effet de leurs poids. Elles peuvent également subsister dans l'air pendant de nombreux jours.

4.5 Impacts potentiels sur la biodiversité

Les rejets atmosphériques issus des installations peuvent avoir divers impacts sur la biodiversité locale. Ces impacts peuvent être aussi bien directs que indirects. De ce fait, des concentrations élevées en polluants peuvent causer des dommages aux organismes vivants. De même, les émissions de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote contribuent à l'acidification des sols et des eaux. Les impacts des rejets atmosphériques peuvent entraîner la disparition de certaines espèces ce qui pourrait réduire la biodiversité locale.

Malgré la présence de nombreuses installations industrielles, le site s'assure que les activités respectent la faune et la flore environnante.

4.5.1 Analyse de l'étude sur les lichens comme indicateur de la qualité de l'air

Les polluants émis par le site de stockage par les différents processus peuvent aussi avoir un impact sur l'environnement. Afin de mesurer l'impact de certains de ces polluants sur l'environnement du site de stockage mais, une étude de la qualité de l'air par les lichens a été effectuée en 2021 sur le site d'Étrez. Celle-ci s'est particulièrement axée sur les oxydes d'azotes et les oxydes de soufre.

L'étude des lichens est un choix d'étude qualitatif en raison de leurs caractéristiques. Ce sont des organismes vivants appropriés à l'étude de la pollution atmosphériques. Les lichens sont des bioindicateurs qui apportent des informations pertinentes en matière de lutte contre la pollution atmosphérique. Ils sont présents dans l'environnement et sont sensibles à la qualité de l'air par leur physiologie. Dans l'environnement, la présence de modifications négatives de la qualité de l'air (pollution) entraîne une sélection des espèces. Les plus sensibles disparaissent au profit des résistantes. La communauté d'espèces varie en faveur des espèces résistantes aux baisses de la qualité de l'air en cas de pollution.

Pour cette étude, 196 évaluations de la qualité de l'air ont été réalisées sur la base de 49 relevés de flore lichénique. La campagne de relevés de flore lichéniques s'est déroulée sur 5 jours.

En conclusion de l'étude menée sur le site d'Étrez, aucune trace acide n'est repérée à l'intérieur de la station centrale. Cela suggère qu'il n'y a pas d'influence SO_x repérable. Les traces d'acidité ne sont pas localisées sous l'influence des SO_x émis par le fonctionnement de la station Storengy Étrez.

Ainsi, les influences pouvant être liées à Storengy, tant pour les NO_x que pour les SO_x , ne sont pas détectables.

4.5.2 Autres indicateurs de la qualité de l'air AURA

L'appui de l'organisme ATMO Auvergne-Rhône-Alpes est essentiel pour la surveillance de la qualité de l'Air. C'est un organisme agréé par le ministère de la Transition écologique qui recueille et examine des données sur les concentrations des polluants atmosphériques, y compris ceux issus des émissions de combustion.

D'après leurs données d'émissions de l'année 2021, le secteur énergie dont fait partie Storengy aurait émis 66,37 tonnes d'oxydes d'azote à l'inverse, c'est le secteur routier

Enfin, ces informations suggèrent que les industries de la branche énergie ne sont pas les principaux contributeurs aux différentes émissions de polluants atmosphériques. Les principaux étant les habitations, l'agriculture ainsi que le transport routier.

5 Techniques de traitement et réduction des émissions

5.1 Technologies de traitement des émissions en place

En 2012, des mesures de rejets atmosphériques ont mis en lumière un dépassement des valeurs limites d'émissions pour les deux moto-compresseurs en CO et COV. Des brûleurs low NO_x avait été mis en place. Par la suite, des réglages afin d'améliorer les paramètres de combustion avec l'appui du constructeur ont été inefficaces. La stratégie ainsi proposée afin d'atteindre les seuils réglementaires fixées a été la mise en place de pot catalytiques sur l'échappement de chacune des machines. Cet équipement est un outil écologique primordial qui permet en outre de diminuer les émissions de polluants (CO, COV, NO_x).

Le coût nécessaire pour une pose de ce type était de 5000 €.

5.2 Proposition de mesures de réduction et d'amélioration

Considérant que la surveillance des rejets n'est pas effectuée de manière continue tout au long de l'année mais annuellement, nous pouvons potentiellement émettre des hypothèses. Notamment qu'il se pourrait, que lors des périodes de sollicitation de certains de ces équipements de combustion, ceux-ci émettent davantage des polluants, légèrement au-dessus des valeurs limites. Malheureusement, il n'y a aucun moyen à disposition nous permettant de nous assurer de la conformité de non-dépassement des VLE.

De ce fait, il peut être envisageable d'augmenter la fréquence des mesures des rejets en passant d'une visite annuelle à semestrielle. Des vérifications plus fréquentes permettraient d'avoir davantage d'échantillonnage de mesures afin de contrôler le bon respect des valeurs limites d'émission bien que le respect des prescriptions imposées avec des mesures annuelles est é véré.

Par ailleurs, une étude de dispersion peut être intéressante à mener pour le site d'Etrez afin de nous assurer que les polluants rejetés par les installations de combustion n'ont pas d'impact sur la santé humaine des salariés et des (riverains). Une étude identique a été

menée sur un site de stockage de gaz naturel en aquifère, Gournay. Ainsi, une étude de ce type menée par ARIA IMPACT aurait un coût de 700 € HT.

Un projet de mise en service d'un second électrocompresseur sur le site est en cours et est prévu pour l'année 2026. Cet équipement viendra remplacer les 2 moto-compresseurs encore utilisés aujourd'hui. Cela permettra de drastiquement réduire les émissions de polluants venant de tels installations assez énergivores.

D'autre part, afin de sensibiliser les collaborateurs face aux risques que peut présenter l'expositions de ces composés volatils sur leur santé, il serait judicieux de rédiger des fiches d'exposition des polluants rejetés par les installations de combustion. Elles vont d'une part jouer un rôle de sensibilisation et information sur leurs risques potentiels, les symptômes d'une exposition, les seuils d'expositions jugés dangereux et les mesures de prévention à prendre. Ainsi, serait primordial de vérifier que la surveillance médicale inclus ce type d'exposition.

De plus, il conviendrait d'identifier l'exposition aux polluants atmosphériques dans le Document Unique car n'y sont pas renseignés ainsi que de recenser l'ensemble des risques auxquels les salariés sont exposés.

6 Discussions

6.1 Benchmark

Le benchmark a été effectué sur un site de stockage de gaz naturel en nappe aquifère de Storengy. Ce site étant soumis à la directive IED (2010/75/UE) qui est relative aux émissions industrielles car il comporte une installation visée par une rubrique en 3XXX de la nomenclature des installations classées. C'est en particulier la rubrique 3110 relative aux appareils de combustion également au même titre que la rubrique 2910. Une puissance thermique nominale inférieure à 50 MW classe une installation en rubrique 2910 et une installation supérieure ou égale à 50 MW, classe l'installation en rubrique 3110. D'autre part, le site fait réaliser annuellement les mesures de rejets afin de s'assurer de la bonne conformité aux VLE.

De ce fait, ce site doit avoir recours « aux Meilleures Technique Disponibles (MTD) afin de prévenir les pollutions de toutes natures ». Afin de réduire ses émissions, un des appareils de combustion a été équipé d'une chambre de combustion à faible émission de NO_x (brûleur à prémélange à bas NO_x par voie sèche) selon la MTD 42.c.

6.2 Retour d'expérience

Ce projet a été enrichissant pour ma part, car m'a permis d'appréhender de nouveaux aspects tels que la gestion environnementale et la santé publique plus particulièrement l'étude de la dispersion atmosphérique, ses mécanismes et les facteurs qui l'influencent. Notamment grâce à l'utilisation du logiciel SCREEN VIEW qui m'a permis de m'adapter aux principes de la modélisation de la dispersion et d'appréhender les enjeux de la qualité de l'air.

J'ai également étendu mes compétences en matière d'évaluation des impacts sanitaires et environnementaux. J'ai pu explorer les effets des différents polluants sur la santé humaine.

Cependant, il m'a tout de même fallu m'approprier le logiciel SCREEN VIEW qui a nécessité un petit temps d'apprentissage, entre autres, en raison de son interface en

anglais et de ma première expérience avec ce type d'outil de modélisation. D'autre part, les estimations des concentrations de polluants à différents points et l'évaluation des impacts à long terme n'ont pas été sans difficultés, à cause d'un manque de données spécifiques et de la difficulté à caractériser ces effets sur le long terme.

Cette étude encourage le site de stockage à considérer davantage les risques potentiels liés aux émissions de combustion. Ceci peut conduire à une meilleure gestion environnementale et à une communication plus transparente sur les enjeux sanitaires et environnementaux liés aux activités du site.

7 Conclusion

L'impact à long terme des émissions de combustion sur les salariés, l'environnement et les riverains est une problématique délicate qui soulève des questions essentielles quant à la qualité de l'air et de la santé. Les études ayant permis de répondre à la question posée notamment la modélisation de la dispersion atmosphérique qui a par la suite contribué à estimer la concentration annuelle en NO_x à différentes distances de la source émettrice par l'utilisation du logiciel SCREEN VIEW. Bien que circonscrites à des scénarios spécifiques, les données recueillies permettent de comprendre l'étendue de la dispersion des polluants et soulignent la nécessité d'une analyse approfondie des risques pour la santé humaine et l'environnement.

D'autre part, la consultation de la documentation produites par des organismes de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques comme l'INERIS ou bien l'INRS a permis de caractériser les impacts potentiels des polluants.

Ainsi, ce mémoire met en évidence la nécessité d'une surveillance environnementale rigoureuse afin de respecter les prescriptions réglementaires. Des études complémentaires notamment des mesures de rejets en continu pendant un temps défini ainsi qu'une étude de dispersion plus complète (comme ARIA IMPACT) étudiant la dissémination de chacun des polluants seraient nécessaires pour affiner l'évaluation des risques et mieux comprendre les impacts à long terme des émissions de combustion sur la santé et l'environnement.

Bibliographie

[1] ANSES : liste des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) de l'Anses, mise à jour le 25/04/2024

[2] 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
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037284792>

[3] Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine : Exposition à long terme à la pollution urbaine ... : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001407919324707>, publié en juin 2009, par Denis Charpin

[4] Catalogue de formation ARIA IMPACT

[5] Contribution des différentes activités huaines aux émissions de polluants atmosphériques en pourcentage : https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/dataviz/emissions?type_zone=1&zone_id=200071751&code_parametre=38

[6] Ecologie Gouv. Les polluantes de l'air : situation, impacts et encadrement, publié le 13 octobre 2023

[7] Effets sanitaires de la pollution atmosphérique rédigé par Christian Seigneur. Laboratoire commun Ecole des PontParisTech

[8] Infoclimat : <https://www.infoclimat.fr/>

[9] INERIS : Guide de l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quatro_Web.pdf, publié le 30 septembre 2021

[10] INERIS : Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels – Dispersion atmosphérique (mécanismes et outils de calcul) 4.1.3.3 Degré de la stabilité de l'atmosphère, publié en mars 2021

[11] INRS : Valeur limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, ED 984 ; Aide-mémoire technique, publié en juin 2008

[12] International Journal of Health Geographics : Long-term exposure and health risk assessment from air pollution : impact of regionl scale mobility, publié en mai 2023 par Lorenza Gilardi

[13] Optimiser la réduction des NOX dans les procédés industriels de combustion du gaz naturel, article publié en octobre 2023 par Eric Emond : <https://informatech.energir.com/?p=8781>

[14] Présentation de la directive IED : <https://aida.ineris.fr/inspection-icpe/directive-relative-emissions-industrielles-ied/directive-transposition/presentation#:~:text=La%20directive%202010%2F75%2FUE,d'activit%C3%A9s%20industrielles%20et%20agricoles>

[15] Réduction catalytique sélective : <https://www.idgarages.com/fr-fr/prestations/catalyseur/reduction-catalytique-selective>

[16] Santé publique France : « Etudes et enquêtes ; Evaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) de la pollution de l'air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes

[17] Santé publique France : « Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique », publié en juin 2016

[18] Santé publique France « Pollution de l'air ambiant : impact sur la santé en région Auvergne-Rhône-Alpes », publié le 14 octobre 2021

[19] SCREEN VIEW Screening Air Dispersion Model (SCREEN 3)

[20] Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Saint-Etienne-du-Bois :

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/saint-%C3%89tienne-du-bois_france_2980240

[20] Techniques de l'ingénieur : Méthodes de quantification des émissions dans l'air, publié en 2005 par Jean-Pierre FONTELLE (réf. : G1630 V1)

[21] Techniques de l'ingénieur : Modélisation des transferts atmosphériques de polluants, publié le 10 janvier 2007 par Franck Jourdain

RESUME

Les émissions de combustion des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) comme notamment le site de stockage de gaz naturel en cavité saline d'Étrez exploité par Storengy, une filiale d'Engie, constituent des enjeux cruciaux pour la santé humaine et l'environnement. L'étude développée vise à estimer l'impact à long terme des émissions d'oxydes d'azotes (NO_x), de dioxyde de soufre (SO₂), de monoxyde de carbone (CO) ainsi que de poussières (PM) sur les salariés, l'environnement et les riverains.

Une analyse du cadre réglementaire et des valeurs limites d'émissions (VLE) établis par l'arrêté préfectoral, permet de conclure que le site respecte les exigences réglementaires. Bien que les rejets atmosphériques des appareils de combustion respectent les valeurs réglementaires, il est important d'évaluer leurs impacts. C'est ainsi à travers le logiciel de modélisation SCREEN VIEW, qui permettra d'estimer les concentrations en polluants en fonction des conditions météorologiques et topographiques locales. D'autre part, une analyse des données provenant de Santé Publique et une étude sur les lichens menée sur le site de stockage d'Étrez ont été prises en compte.

Cependant, des incertitudes persistent quant à l'évaluation précise des impacts à long terme. Ce mémoire permet de mettre en lumière l'importance d'une surveillance continue des émissions et préconise des mesures de réduction afin de limiter les risques et contribuer à un meilleur environnement.

ABSTRACT

Combustion emissions from facilities classified for environmental protection (ICPE) such as the Etrez saline natural gas storage site operated by Storengy, a subsidiary of Engie, are crucial issues for human health and the environment. The aim of the study is to estimate the long-term impact of emissions of nitrogen oxides (NO_x), sulphur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO) and dust (PM) on employees, the environment and local residents.

An analysis of the regulatory framework and the emission limit values (OEL) established by the prefectural decree makes it possible to conclude that the site meets the regulatory requirements. Although air emissions from combustion equipment meet regulatory values, it is important to assess their impacts. It is thus through the SCREEN VIEW modeling software, which will allow to estimate the concentrations of pollutants according to local meteorological and topographical conditions. On the other hand, an analysis of data from Public Health and a study on lichens conducted at the Etrez storage site were taken into account.

However, uncertainties remain regarding the accurate assessment of long-term impacts. This thesis highlights the importance of continuous emissions monitoring and recommends reduction measures to limit risks and contribute to a better environment.