



**Unité de Valorisation Énergétique Kerval Centre  
Armor de Planguenoual (22)**

**DOSSIER DE REEXAMEN DANS LE CADRE DE  
L'APPLICATION DE LA DIRECTIVE IED**

Demande de dérogation IED

# KERVAL CENTRE ARMOR – SYNDICAT DE VALORISATION DES DECHETS

**Adresse :** Les Landes Lambert – 22400  
Planguenoual commune déléguée  
de Lamballe Armor

**Téléphone :** 02.96.32.99.45

**Destinataire :** Mark BRIAND

**Email :** mbriand@kerval-centre-armor.fr

## Unité de valorisation énergétique KERVAL Centre Armor à Planguenoual (22)

### Directive IED – Demande de dérogation

Rapport d'EODD Ingénieurs Conseils et **SAGE ENGINEERING**

IDENTIFICATION		MAITRISE DE LA QUALITE		
		Responsable de projet	Supervision	Libération
N° Contrat	P07759	N. Majerus	C. Pestre	C. Pestre
Indice	1			
Révision	14/06/2023			
Nb de pages (hors annexes)	21	Rédacteurs principaux du rapport		
Nb d'annexes	3	EODD : Imen Bennticha SAGE : Maxime Burguburu - Emilie Moustirats		

*Vos contacts et interlocuteurs pour le suivi de ce dossier :*



Centre Léon Blum  
✉ : 171 rue Léon Blum  
69100 Villeurbanne

☎ : 04.72.76.06.90

📠 : 04.72.76.06.99

**Responsable de projet :** N. Majerus [n.majerus@eodd.fr](mailto:n.majerus@eodd.fr)

**Directeur métier Industries et ICPE :** C. Pestre [c.pestre@eodd.fr](mailto:c.pestre@eodd.fr)

[www.eodd.fr](http://www.eodd.fr)

## TABLE DES MATIERES

<b>1. PREAMBULE</b> .....	<b>4</b>
1.1 LA DIRECTIVE IED.....	4
1.2 CONTENU DU DOSSIER DE DEMANDE DE DÉROGATION .....	5
<b>2. SYNTHÈSE DE LA DEMANDE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. RAPPEL SUR L'INSTALLATION DE TRAITEMENT DES FUMÉES</b> .....	<b>7</b>
<b>4. MTD 29 : NEA-MTD LIÉE AUX OXYDES D'AZOTE</b> .....	<b>8</b>
4.1 EXPRESSION DE LA DEMANDE .....	8
4.2 PROCÉDÉS ET ÉMISSIONS IMPLIQUÉS .....	9
4.3 JUSTIFICATION DE L'ORIGINE DE LA DEMANDE .....	11
4.4 ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX .....	11
4.5 ÉVALUATION TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UNE MTD POUR ATTEINDRE LES NEA-MTD 13	
<b>5. CONCLUSION</b> .....	<b>21</b>
<b>6. ANNEXE</b> .....	<b>22</b>

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : PLANNING PRÉVISIONNEL DU PROJET DE RECONSTRUCTION DE L'UVE.....	6
FIGURE 2 : ILLUSTRATION DES ÉTAPES DU TRAITEMENT DES FUMÉES DE L'UVE DE KERVAL CENTRE ARMOR	7
FIGURE 3 : ÉVOLUTION DES MOYENNES JOURNALIÈRES DE REJETS EN NOX DE 2019 À 2021 .....	10
FIGURE 4 : INVENTAIRE DES CONTRIBUTEURS DE REJETS EN NOX SUR L'INTERCOMMUNALITÉ.....	11
FIGURE 5 - RATIOS COÛTS EFFICACITÉ ET ÉMISSIONS ÉVITÉES SELON LES SOLUTIONS ÉTUDIÉES .....	19

## TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CLASSEMENT DU SITE EN RUBRIQUE 3520 .....	4
TABLEAU 2 : RÉSULTATS DES MESURES PÉRIODIQUES DES EFFLUENTS ATMOSPHÉRIQUES DES NOX DES 3 DERNIÈRES ANNÉES .....	9
TABLEAU 3 : APPLICABILITÉ AU SITE DE PLANGUENOUAL DES MTD DE TRAITEMENT DES NOX .....	13
TABLEAU 4 : SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE L'INVESTISSEMENT DES SOLUTIONS RETENUES.....	15
TABLEAU 5 : VALEURS DE RÉFÉRENCE INDICATIVES POUR LES RAPPORTS COÛT / EFFICACITÉ TOTAUX.....	18
TABLEAU 6 : SYNTHÈSE DES COÛTS À LA TONNE ÉVITÉE SELON LA SOLUTION TECHNIQUE .....	19

## 1. PREAMBULE

### 1.1 LA DIRECTIVE IED

La directive européenne IED (« *Industrial Emissions Directive* », directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010) réglemente les industries polluantes et vise en particulier à prévenir et réduire les pollutions de l'air, de l'eau et du sol causées par ces installations.

Les dispositions du chapitre II de cette Directive ont été transposées en droit français par l'ordonnance n°2012-7 du 5 janvier 2012 aux articles L. 515-28 à L. 515-31 du code de l'environnement pour la partie législative, et par divers textes comme le décret n°2013-374 du 2 mai 2013 et les articles R. 515-58 à R. 515-84 du code de l'environnement pour la partie réglementaire.

Afin de permettre une meilleure identification des installations visées, le décret n°2013-375 du 21 mai 2013 a créé quarante nouvelles rubriques dans la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), établie à l'article R. 511-9 du Code de l'Environnement. L'ensemble des activités énumérées dans l'annexe I de la directive est ainsi classé dans les rubriques « 3000 ».

**KERVAL CENTRE ARMOR exploite sur la commune de Planguenoual (commune déléguée de Lamballe Armor), une unité de valorisation énergétique, réglementée par l'arrêté préfectoral du 18 janvier 2007 et par l'arrêté préfectoral complémentaire du 23 décembre 2011.**

**Les activités d'incinération du site sont soumises à la rubrique 3520 de la nomenclature des ICPE, détaillée comme-suit :**

Tableau 1 : Classement du site en rubrique 3520

Rubriques	Intitulé de la rubrique	Description des activités	Classement
3520.a	Élimination ou valorisation de déchets dans les installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets. a) Pour les déchets non dangereux avec une capacité supérieure à 3 t/h b) Pour les déchets dangereux avec une capacité supérieure à 10 t/j	a) Four d'incinération d'ordures ménagères et autres résidus urbains de type oscillant d'une capacité nominale de 5,6 t/h à un PCI de 7 533 KJ/Kg équipé de brûleurs d'appoint fonctionnant au propane représentant une puissance thermique de 11 718 kW et ayant une capacité maximale de traitement de 44 800 t / an de déchets non dangereux sur la base de 8 000 heures par an.	<b>Autorisation</b>

**Le site d'étude est concerné par la directive IED au titre de la rubrique 3520 correspondant à « l'élimination ou la valorisation des déchets dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets », pour les déchets non dangereux.**

## 1.2 CONTENU DU DOSSIER DE DEMANDE DE DÉROGATION

Selon les exigences réglementaires, un rapport de base et un dossier de réexamen ont été réalisés suite à la parution des conclusions sur les MTD installations d'incinération de déchets.

En confrontant le site KERVAL Centre Armor de Planguenoual aux MTD du secteur d'activité, certaines non-conformités ont été identifiées. Parmi elles, KERVAL Centre Armor souhaiterait demander une dérogation sur l'application d'une valeur seuil d'émissions atmosphériques, la situation du site de Planguenoual étant particulière. En effet, l'arrêt définitif de l'unique ligne de traitement de l'usine actuelle est prévu dans les prochaines années, du fait du projet de reconstruction d'une nouvelle ligne d'incinération d'ici 2028.

**Ce document constitue donc le dossier de demande de dérogation de l'usine d'incinération et de valorisation énergétique de KERVAL Centre Armor à Planguenoual suite à la parution des conclusions sur les MTD installations d'incinération de déchets.**

**Il a pour objectif de formuler la demande de dérogation pour adapter les MTD aux spécificités du site.**

Ce dossier de demande de dérogation est élaboré conformément à l'article R. 515-68 du Code de l'Environnement.

Il doit comporter, pour chacune des dérogations demandées :

- la liste des NEA-MTD sur lesquels porte la dérogation ;
- un rappel succinct des procédés et émissions impliqués ;
- l'origine de la demande ;
- une analyse de l'impact sanitaire et environnemental avec les niveaux de concentration demandés ;
- une évaluation technico-économique de la mise en œuvre de(s) MTD nécessaire(s) à l'abattage des concentrations.

Ce dossier de demande de dérogation est basé sur le guide<sup>1</sup> développé par le ministère en date d'octobre 2017.

---

<sup>1</sup> Guide de demande de dérogation (Art. R. 515-68 du CE), Ministère de la Transition écologique et solidaire, Octobre 2017

## 2. SYNTHÈSE DE LA DEMANDE

La présente demande de dérogation porte sur la NEA-MTD 29, plus précisément sur les oxydes d'azote (NOx) dans les rejets atmosphériques.

Le contexte de cette demande est un arrêt définitif des installations de la ligne de traitement actuelle prévu d'ici 2028. Ainsi, la demande porte sur la sollicitation d'un délai supplémentaire jusqu'à la construction de la nouvelle ligne d'incinération prévue pour courant 2028 (au plus tôt).

La figure ci-dessous illustre le planning des travaux prévisionnel pour le projet de reconstruction de l'UVE.

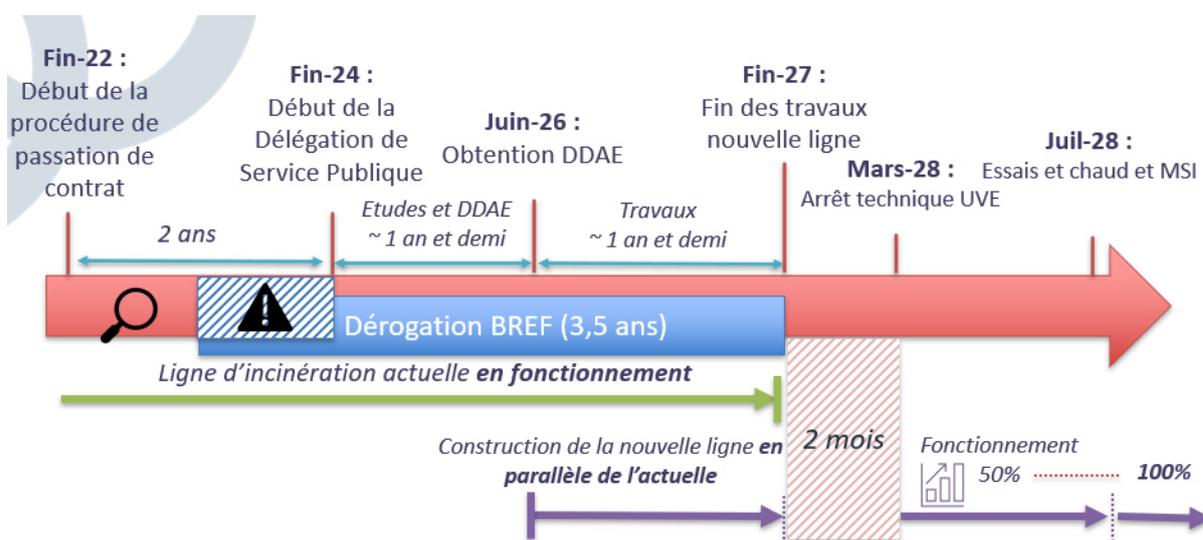


Figure 1 : Planning prévisionnel du projet de reconstruction de l'UVE

La suite de ce document reprend donc la trame définie au point 3) du guide<sup>2</sup> de demande de dérogation du Ministère.

<sup>2</sup> Guide de demande de dérogation (Art. R. 515-68 du CE) – Ministère de la Transition écologique et solidaire – Octobre 2017

### 3. RAPPEL SUR L'INSTALLATION DE TRAITEMENT DES FUMÉES

L'UVE de Planguenoual est équipée d'une seule ligne d'incinération. Celle-ci est dotée d'un dispositif de traitement des fumées dit traitement par voie sèche, composé de :

- deux refroidisseurs successifs ;
- un réacteur ;
- une injection de réactif neutralisant (Sorbacal : chaux haute surface spécifique) ;
- une injection de réactif adsorbant (coke de lignite) ;
- deux filtres à manches en parallèle ;
- un ventilateur de tirage ;
- une cheminée et des analyseurs de gaz.

En sortie de chaudière, les fumées sont dirigées dans les refroidisseurs (abaissement de la température de 250°C à 160°C). Les fumées passent ensuite dans le réacteur où l'injection de réactifs et donc la captation des polluants a lieu :

- les acides par la chaux ;
- les dioxines et métaux lourds par le coke de lignite.

Le passage des fumées ensuite dans le filtre à manches permet de fixer la quasi-totalité des poussières des fumées ainsi que les polluants issus de la neutralisation par les réactifs injectés précédemment.

Le ventilateur de tirage aspire les fumées dans le four, les fait passer dans la chaudière et le traitement des fumées et envoie les fumées vers la cheminée d'éjection, d'une hauteur de 30 mètres.

Une passerelle est installée sur la cheminée pour accueillir les différents analyseurs (analyse en continu, préleveur pour analyses mensuelles) ainsi que les piquages nécessaires aux analyses ponctuelles réalisées par un bureau de contrôle agréé.

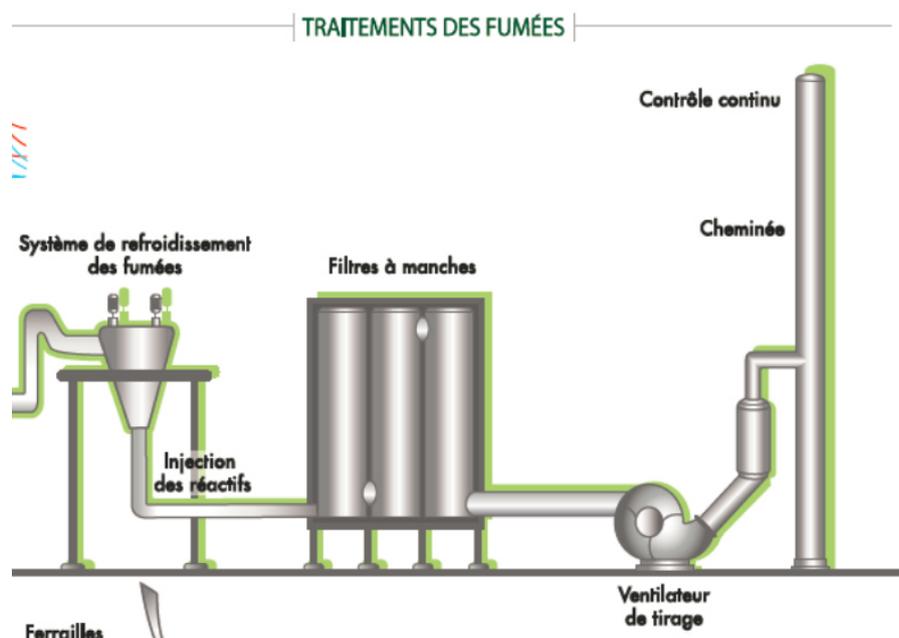


Figure 2 : Illustration des étapes du traitement des fumées de l'UVE de KERVAL Centre Armor

## 4. MTD 29 : NEA-MTD LIÉE AUX OXYDES D'AZOTE

### 4.1 EXPRESSION DE LA DEMANDE

La MTD 29 porte notamment sur la NEA-MTD des NO<sub>x</sub> pour les émissions atmosphériques canalisées et sur les MTD permettant de l'atteindre.

Ci-dessous sont rappelées les valeurs des niveaux d'émission classiques attendus.

**Niveaux d'émission associés à la MTD (NEA-MTD) pour les émissions atmosphériques canalisées de NO<sub>x</sub> et de CO résultant de l'incinération des déchets et pour les émissions atmosphériques canalisées de NH<sub>3</sub> dues à l'application de la SNCR ou de la SCR**

(en mg/Nm<sup>3</sup>)

Para- mètre	NEA-MTD		Période d'établissement de la moyenne
	Unité nouvelle	Unité existante	
NO <sub>x</sub>	50–120 <sup>(1)</sup>	50–150 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>	Moyenne journalière
CO	10–50	10–50	
NH <sub>3</sub>	2–10 <sup>(1)</sup>	2–10 <sup>(1)</sup> <sup>(3)</sup>	

<sup>(1)</sup> Les valeurs basses de la fourchette de NEA-MTD peuvent être obtenues en cas de recours à la SCR. Les valeurs basses de la fourchette de NEA-MTD peuvent ne pas être atteignables en cas d'incinération de déchets à forte teneur en azote (par exemple, les résidus de la production de composés organiques azotés).

<sup>(2)</sup> La valeur haute de la fourchette de NEA-MTD est de 180 mg/Nm<sup>3</sup> lorsque la SCR n'est pas applicable.

<sup>(3)</sup> Dans le cas des unités existantes appliquant la SNCR sans techniques de réduction des émissions par voie humide, la valeur haute de la fourchette de NEA-MTD est 15 mg/Nm<sup>3</sup>.

La valeur seuil fixée par l'Arrêté préfectoral du site n'étant pas conforme au seuil défini ci-dessus, dans ce chapitre, il est demandé une **dérogation sur la NEA-MTD des NO<sub>x</sub>**.

Cette dérogation serait effective **jusqu'à la fin de vie de l'installation**, qui sera remplacée dans quelques années par une nouvelle installation qui sera conçue pour être conforme aux MTD.

A ce jour, l'AP du site fixe la valeur limite que doit respecter l'installation à 400 mg/ Nm<sup>3</sup> en moyenne journalière. Celle-ci est bien plus élevée que la moyenne journalière fixée par la NEA-MTD pour les unités existantes, comprise entre 50 et 150 mg/ Nm<sup>3</sup>.

Pour rappel, les moyennes des concentrations mesurées sur les trois dernières années (2019, 2020 et 2021) sont données dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Résultats des mesures périodiques des effluents atmosphériques des NOx des 3 dernières années

Concentration en NOx	Min (Moyenne des min/3 ans)	Max	Moyenne journalière	98 <sup>e</sup> centile	VLE AP (moyenne)	Plages NEA-MTD (Cent. 98)
Ligne n°1	167 mg/Nm <sup>3</sup>	293 mg/Nm <sup>3</sup>	234 mg/Nm <sup>3</sup>	272 mg/Nm <sup>3</sup>	400 mg/Nm <sup>3</sup>	< 50 – 150 mg/Nm <sup>3</sup>

La valeur centile 98 dépasse la plage de la NEA-MTD. Il n'est pas demandé de réviser la valeur limite d'émission actuelle. La future ligne d'incinération qui remplacera l'actuelle respectera la NEA-MTD.

**La demande de dérogation porte sur une non-prise en compte de cette NEA-MTD sur la fin de vie de l'installation, c'est-à-dire jusqu'à l'horizon mi 2029.**

## 4.2 PROCÉDÉS ET ÉMISSIONS IMPLIQUÉS

La description des installations permettant le traitement des fumées d'incinération est présentée en détail au chapitre 3.

En résumé, en ce qui concerne les NOx, l'origine principale est liée au procédé de combustion/incinération des déchets sur la grille d'incinération à des températures élevées (1 000°C). Les concentrations de NOx en sortie de cheminée sont liées à la quantité de déchets incinérés mais également aux conditions de fonctionnement du four de l'incinérateur. Plus les conditions de combustions sont optimisées, plus la quantité de NOx sera faible.

A noter qu'aucun dépassement de VLE pour les NOx n'a été enregistré dans les rapports d'activité de KERVAL Centre Armor à Planguenoual sur ces dernières années.

Pour rappel, le site est équipé d'une seule ligne d'incinération.

Le graphique suivant illustre l'évolution des concentrations moyennes journalières en NOx de la ligne de traitement sur les trois dernières années.

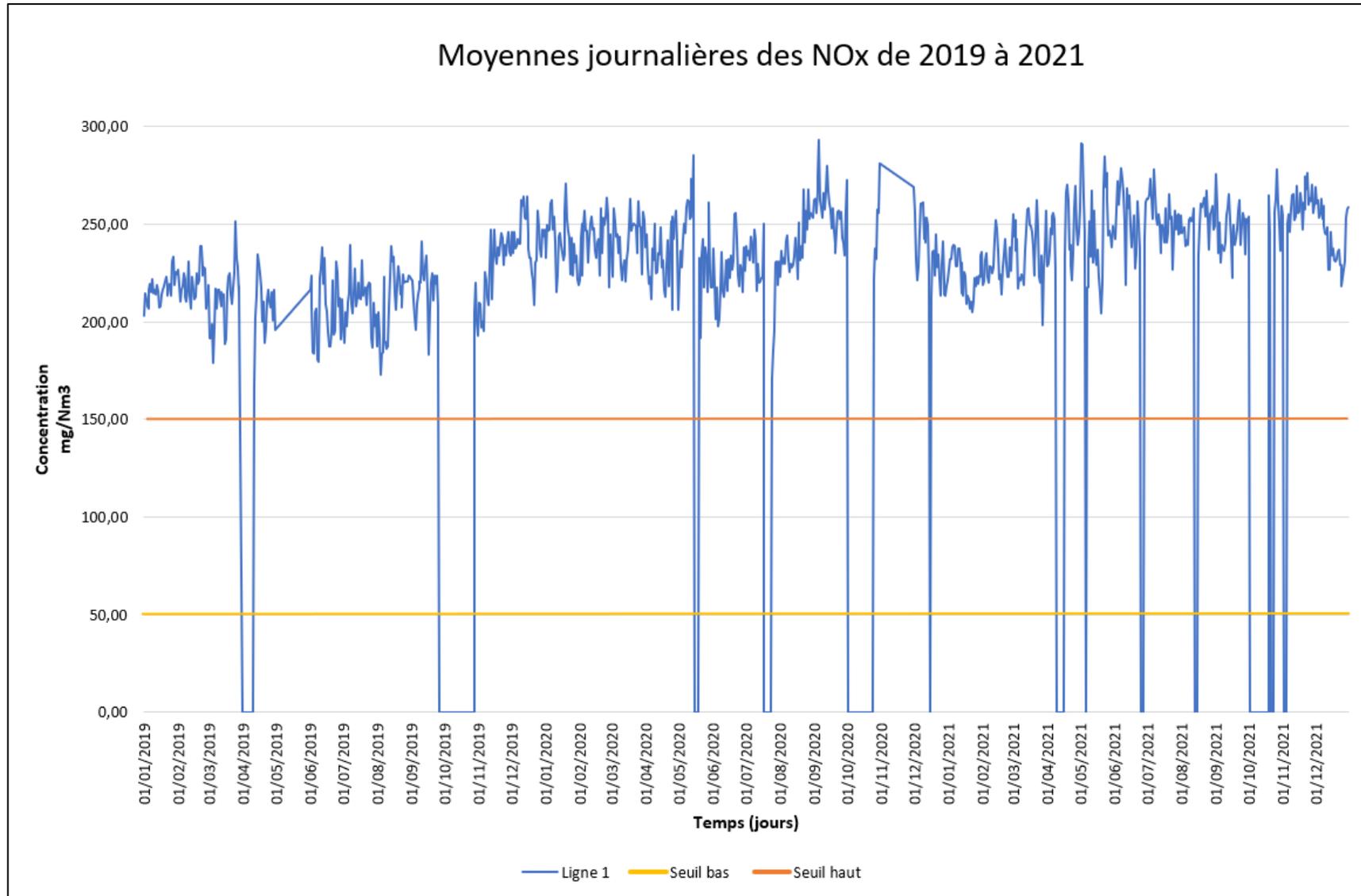


Figure 3 : Évolution des moyennes journalières de rejets en NOx de 2019 à 2021

### 4.3 JUSTIFICATION DE L'ORIGINE DE LA DEMANDE

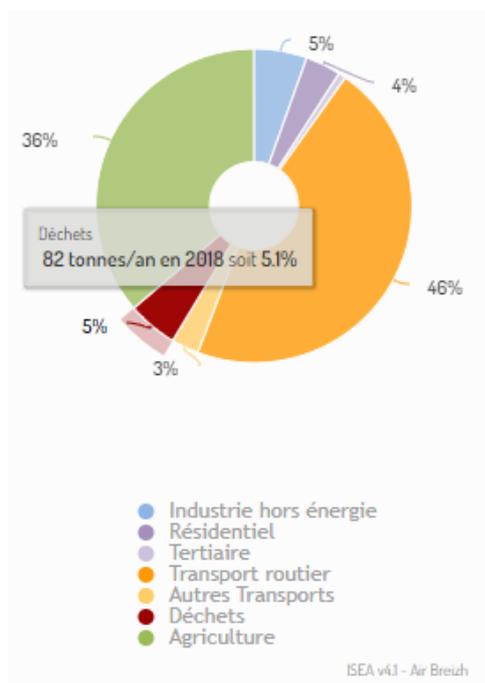
Pour rappel, la principale raison de la sollicitation de la demande de dérogation portée par ce document, est l'arrêt définitif de la ligne actuelle de traitement de l'UVE d'ici 2028, rendant peu pertinent l'investissement de nouvelles installations devant être démantelées dans un futur proche.

Le chapitre 4.5 précise de façon plus développée les éléments menant à cette conclusion.

### 4.4 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'observatoire AIR BREIZH recense la quantité de polluants rejetée dans l'atmosphère sur une période donnée. Cette quantité est issue de calculs sur la base d'un recensement et d'une cartographie de l'ensemble des sources anthropiques (transport, chauffage, agriculture, industrie ...) ou naturelles en Bretagne. Pour la 4<sup>ème</sup> version de son inventaire, AIR BREIZH a réalisé ces calculs à l'échelle communale avec comme dernière année disponible l'année 2018. La méthodologie employée est issue du Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT) et partagée au niveau national.

A l'échelle de l'intercommunalité Lamballe Terre et Mer, les émissions de NOx du secteur déchets ne représentent que 5,1% des émissions totales de NOx du territoire.



Source : Air Breizh

Figure 4 : Inventaire des contributeurs de rejets en NOx sur l'intercommunalité

Dans le cadre d'une stratégie d'amélioration de la qualité de l'air du territoire, les NOx figurent comme substances cibles du document « PCAET Saint-Brieuc Armor Agglomération », mais plutôt dans le

secteur du transport routier. L'objectif est de diminuer les émissions des NOx de 69% d'ici 2030. L'atteinte de cet objectif passera principalement par des actions sur les secteurs des transports routier et de l'agriculture.

Dans le cadre de cette demande de dérogation, une évaluation des risques sanitaires (ERS) a été menée dans l'objectif de démontrer que le site n'engendre pas de risques sanitaires pour les populations riveraines de l'UVE d'ici la construction d'une nouvelle ligne de traitement, conforme aux MTD. Cette étude est disponible en annexe de ce document.

L'ERS a montré que les concentrations modélisées en NOx dans l'environnement autour de l'UVE restaient inférieures aux valeurs guides (valeurs réglementaires du Code de l'Environnement et recommandations de l'OMS) et ce, quel que soit le point qui a été considéré sur le domaine d'étude. De plus, les hypothèses retenues tout au long de l'étude présentaient un caractère globalement majorant.

**Ainsi, les rejets de NOx de l'UVE, dans le mode d'exploitation actuel, ne constituent pas un risque sanitaire pour les populations environnantes.**

**En conséquence, KERVAL Centre Armor demande un avis favorable à la demande de dérogation qui consiste à maintenir la valeur limite d'émission des NOx en sortie de cheminée à la valeur actuelle de l'arrêté préfectoral, soit 400 mg/Nm<sup>3</sup>, durant la période de transition jusqu'à la construction de la nouvelle installation. À noter que la nouvelle installation sera naturellement conforme aux exigences réglementaires, et notamment à la NEA-MTD relative aux rejets de NOx.**

## 4.5 EVALUATION TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UNE MTD POUR ATTEINDRE LES NEA-MTD

Les conclusions des MTD Incinération (décision d'exécution UE du 12/11/2019) établissent la liste des solutions de traitement des oxydes d'azotes les plus pertinentes en incinération de déchets non dangereux. Les voici listées, accompagnées de leur potentiel applicabilité technique pour le site de Planguenoual :

Tableau 3 : Applicabilité au site de Planguenoual des MTD de traitement des NOx

Technique	Applicabilité Planguenoual	Bilan
Optimisation de la combustion	Leviers potentiels déjà actionnés. Les optimisations complémentaires sont limitées.	<b>Ecartée</b>
Recirculation de fumées	Applicabilité restreinte pour une installation existante, notamment ce modèle de four oscillant	<b>Ecartée</b>
Réduction non catalytique (SNCR)	Solution de traitement la plus simple à mettre en œuvre, mais avec un potentiel d'abattement moindre	<b>Potentiellement applicable</b>
Réduction catalytique (SCR)	Solution de traitement plus complexe à mettre en œuvre mais plus performante	<b>Potentiellement applicable</b>
Manches catalytiques	Traitement des fumées de type sec avec filtres à manches, donc compatible. Cependant, il n'existe pas de version catalytique du modèle « manche plate », présent sur le 2 <sup>e</sup> filtre	<b>Ecartée</b>
Laveur	Le traitement des fumées est de type sec, donc non équipé de laveurs	<b>Ecartée</b>

Quatre des six solutions ont été écartées pour les raisons suivantes.

### Optimisation de la combustion

La technologie de four rotatif, par sa conception, assure un bon brassage des déchets au sein de la chambre de combustion, permettant ainsi de limiter la production de NOx.

Tel que mentionné dans le dossier de réexamen, la combustion est également optimisée via les diverses régulations automatiques en place dans le système de contrôle-commande (régulation du débit de déchets introduits dans le four, des débits et répartition d'injection de l'air primaire et secondaire, de la température de post-combustion...). Ces régulations ont pour but de compenser les variations du pouvoir calorifique et de la nature des déchets et, de ce fait, de minimiser la production d'imbrûlés et d'émissions de polluants atmosphériques.

De plus, au cours de l'exploitation de l'usine, SUEZ a poursuivi l'optimisation de la combustion en affinant les réglages des régulations en place, permettant notamment à l'installation de s'écarter de son point nominal le moins longtemps possible.

Les quantités de NOx produites par l'UVE (telles que présentées dans le tableau 2) appuient également cette analyse : un niveau de production de NOx avant traitement des fumées inférieur à 300 mg/Nm<sup>3</sup> en moyenne est plutôt inférieur à la moyenne des données usuellement constatées, qui peuvent monter à 350-400 mg/Nm<sup>3</sup>.

Les optimisations complémentaires de la combustion semblent donc limitées dans le cas de l'usine de Planguenoual.

Cette solution a donc été écartée.

### **Recirculation des fumées**

La recirculation des fumées est restreinte dans le cas d'une unité existante, du fait des difficultés à s'adapter sur un équipement existant pour lequel ce principe n'a pas été prévu.

De plus, tel que précisé dans la partie « Optimisation de la combustion », le four rotatif permet déjà de limiter la production du NOx. Le bénéfice supplémentaire apporté par la recirculation des fumées par rapport à une autre technologie de four paraît limité.

Cette solution a donc été écartée.

### **Manches catalytiques**

Le traitement des fumées présent sur site est de type sec avec filtres à manches. La mise en œuvre de manches catalytiques pour abaisser la quantité de NOx présente dans les fumées est pertinente.

Néanmoins, comme mentionné dans la partie 3, les conceptions des manches des deux filtres sont différentes (horizontales plates et verticales cylindriques), entraînant des difficultés dans la mise en place de manches catalytiques.

Par ailleurs, les modèles de manches catalytiques plates horizontales sont très rares, voire inexistantes.

Cette solution a donc été écartée.

### **Laveur**

Le traitement des fumées présent sur site étant de type sec avec filtres à manches, des laveurs ne sont donc pas installés sur site.

Cette solution a donc été écartée.

Dans la liste des techniques répertoriées, **deux** solutions semblent pouvoir être mises en œuvre :

- la réduction non catalytique des oxydes d'azote (SNCR), qui consiste à injecter un réactif azoté (urée ou eau ammoniacale) dans la chaudière entre 850°C et 950°C, afin de transformer les oxydes d'azote en azote gazeux ;
- la réduction catalytique des oxydes d'azote (SCR), qui consiste à injecter un réactif azoté (eau ammoniacale le plus souvent) dans les fumées, et faire passer ce mélange à travers un catalyseur, à basse température (entre 180 et 250°C selon le cas) :
  - le cas de figure le plus pertinent ici serait de mettre en œuvre cet équipement de traitement en queue de traitement des fumées, entre les filtres à manches et le ventilateur de tirage.

Le fichier Excel guide réalisé par MTES/INERIS (« Présentation couts dérogation V1 ») a été complété, et est annexé à ce rapport.

Le tableau suivant présente sa synthèse, accompagnée de commentaires techniques complémentaires.

Tableau 4 : Synthèse de l'analyse de l'investissement des solutions retenues

Technique	Coûts d'investissement estimés	Surcoûts annuels d'exploitation estimés*	Coût d'ici mi 2029 (financement inclus)
Réduction non catalytique (SNCR)	1,1 M€	70 k€	1,54 M€
Réduction catalytique (SCR)	4,1 M€	260 k€	5,52 M€

\*Surcoûts nets d'exploitation/maintenance, déduits des éventuels gains espérés

Dans les deux cas, la durée de mise en œuvre concernée est de 5,6 ans environ (de décembre 2023 à juillet 2029, mise en service estimée de la nouvelle installation).

#### 4.5.1 SOLUTION SNCR

La solution la plus simple des deux étudiées, la réduction non catalytique SNCR, nécessiterait de l'ordre de 1,54 M€ de dépenses complémentaires totales sur la durée de mise en œuvre susmentionnée. .

Les résultats de l'état des lieux de production des NOx actuelle montrent que 98% des émissions de NOx ont une concentration se situant en-dessous de 272 mg/Nm<sup>3</sup>, la moyenne étant à 234 mg/Nm<sup>3</sup>.

Il faut donc abaisser d'environ 36% à 45% la quantité de NOx présente dans les fumées pour atteindre le seuil haut de 150 mg/Nm<sup>3</sup>.

Une étude technique a été réalisée en septembre 2022 par la société Prossergy (société spécialisée dans la mise en œuvre de procédés de traitement de polluants atmosphériques) afin de définir les domaines d'application et de performances de la mise en place de la SNCR sur l'installation actuelle. L'étude comprenait des mesures de températures et des essais d'injection de réactif (ammoniac NH<sub>3</sub> ou de l'urée CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>). Le rapport est disponible en annexe 3 de ce document.

Les conclusions de cette étude montrent que :

- sur des courtes périodes de temps, des très bonnes performances d'abattement de NOx ont été atteintes avec cette solution technique, malgré notamment la fluctuation importante de la température des fumées en entrée de chaudière, lieu d'injection du réactif de traitement ;
- la configuration la plus optimale a permis d'abattre les NOx jusqu'à 180 voire 150 mg/Nm<sup>3</sup>, sans créer de fuite d'ammoniac en cheminée ;
- cependant, il a été observé qu'une chute de la température en entrée chaudière sous les 800°C créait rapidement un effet indésirable important : la limitation de la conversion de l'ammoniac et l'apparition d'un excès qui se retrouve jusqu'en cheminée, entraînant une concentration résiduelle en NH<sub>3</sub> au-delà des NEA-MTD ;
- enfin, les valeurs opératoires de l'installation indiquent que 40% des valeurs de température dans la post-combustion se trouvent sous le seuil des 800°C (valeurs 1<sup>er</sup> semestre 2022).

Le four installé sur le site est de conception ancienne, et davantage soumise aux variations des conditions de combustion que les fours plus récents. De plus, la petite taille du four accentue cette variabilité, l'équipement ayant moins d'inertie (un four plus gros permettrait de lisser ou diluer certaines perturbations). En l'état, il ne semble pas y avoir de solution usuelle pour remédier à ce problème.

La seule solution technique qui semble réalisable pour abattre la quantité de NOx, tout en limitant l'augmentation de la concentration en NH<sub>3</sub>, serait d'ajouter un brûleur gaz supplémentaire en appoint dans la chambre de post-combustion, afin de réguler la température du point d'injection de réactif à 800°C minimum : le fonctionnement de ce brûleur serait donc nécessaire 40% du temps.

Cette solution ne semble cependant pas acceptable : l'ERS a montré que les émissions de NOx actuelles ne dépassaient pas les seuils de risque. A l'inverse, l'installation de ce brûleur générerait des émissions de CO<sub>2</sub> supplémentaires, aux conséquences avérées, aggravant le changement climatique à l'œuvre. Cela n'apparaît pas comme un arbitrage souhaitable pour la préservation de l'environnement.

En synthèse, la solution SNCR a montré son efficacité sur des courtes périodes d'essais. Cependant les fluctuations des valeurs opératoires réelles (température entrée chaudière) sur des longues périodes entraîneraient le franchissement d'un seuil de coupure, en-dessous duquel la SNCR génère un effet indésirable notable sur l'émission d'un autre polluant, le NH<sub>3</sub>. La seule solution technique pour empêcher ce problème (ajout d'un brûleur gaz en chambre de post combustion) générerait une quantité conséquente et directe de gaz à effet de serre aux effets avérés sur l'environnement, contrairement aux émissions de NOx actuelles.

En l'état, le dispositif pourrait donc permettre l'atteinte des NEA-MTD sur les NOx, mais au prix de la création d'une nouvelle externalité négative, plus impactante qu'aujourd'hui (NH<sub>3</sub> ou CO<sub>2</sub>).

#### 4.5.2 SOLUTION SCR

La solution de la réduction catalytique SCR est la solution la plus performante à ce jour, permettant d'atteindre sans mal la plage basse des NEA-MTD pour les oxydes d'azote. Il s'agit en contrepartie de la solution la plus complexe et onéreuse à mettre en œuvre.

En effet, elle nécessite la mise en place d'un équipement supplémentaire complet par rapport à la SNCR (nécessitant des études plus poussées, une fabrication plus longue, des travaux plus importants de génie civil, le montage d'une charpente dédiée ou encore la modification significative d'équipements existants).

Le montant total des dépenses complémentaires pour cette solution atteint 5,52 M€ sur la période mentionnée plus haut.

Cette durée de 5,6 ans évoquée un peu plus haut est à mettre en comparaison avec la durée de vie usuelle de cet équipement de traitement, qui s'approche plutôt des 25 à 30 ans (moyennant tout de même la régénération ou le remplacement de la charge de catalyseur à plusieurs reprises sur cette période).

### 4.5.3 SYNTHÈSE

Le tableau ci-dessous synthétise les avantages et inconvénients des deux solutions techniques potentiellement applicables sur l'usine de Planguenoual pour la réduction des NOx :

REDUCTION NON CATALYTIQUE SNCR	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simplicité de mise en place</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Risque avéré de non-atteinte des NEA-MTD NH<sub>3</sub> lorsque les NEA-MTD NOx (150 mg/Nm<sup>3</sup>) sont atteintes, du fait d'une température en entrée chaudière insuffisamment haute dans la durée (800°C)</li><li>• Génération d'émission notables de CO<sub>2</sub> supplémentaires pour résoudre le problème de température en entrée chaudière mentionné ci-dessus</li><li>• Investissements significatifs au regard de la durée d'utilisation de l'équipement</li></ul>

REDUCTION CATALYTIQUE SCR	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Solution performante, permettant largement d'atteindre le plage haute des NEA-MTD sur les NOx</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investissements très significatifs au regard de la durée d'utilisation de l'équipement</li></ul>

Pour appuyer ce diagnostic technique, nous nous sommes appuyés sur un indicateur dédié : le ratio coût-efficacité (RCE), indiquant le coût lissé d'une tonne d'émission de polluant évitée.

Deux RCE sont considérés pour les usines existantes : le RCE total, et le RCE marginal.

Les deux tableaux suivant, extraits du BREF transversal « Aspects économiques et effets multi milieux » de 2006 rédigé par le MEEDDM, indiquent des valeurs de référence pour les rapports coûts/efficacité pour différents polluants.

Tableau 5 : Valeurs de référence indicatives pour les rapports coût / efficacité totaux

Source : BREF transversal « Aspects économiques et effets multi milieux »

Valeurs de référence pour les rapports coût/efficacité totaux

Composant	Valeur de référence indicative (EUR/kg de réduction des émissions)
COV	5 <sup>a</sup>
Matières particulaires	2,5 <sup>b</sup>
NO <sub>x</sub>	5
SO <sub>2</sub>	2,5
<sup>a</sup> En excluant les mesures intégrées et les cas où des COV dangereux tels que le benzène sont émis. <sup>b</sup> En excluant la réduction de composants spécifiques de matière particulaire, notamment les métaux lourds, pouvant justifier des valeurs significativement inférieures pour les rapports coût/efficacité acceptables.	

Tableau 6 : Valeurs de référence indicatives pour les rapports coût / efficacité marginaux

Source : BREF transversal « Aspects économiques et effets multi milieux »

Composant	Limite inférieure pour le rapport coût/efficacité marginal (EUR/kg de réduction des émissions)	Limite supérieure pour le rapport coût/efficacité marginal (EUR/kg de réduction des émissions)
COV	7,5	20
Matière particulaire	3,75	10
NO <sub>x</sub>	7,5	20
SO <sub>2</sub>	3,75	10

Tableau 4.5 : Valeurs de référence indicatives pour le rapport coût/efficacité marginal

La définition du RCE marginal est indiquée dans le BREF transversal, il s'agit du « quotient du coût marginal et de l'effet marginal », c'est-à-dire le quotient de l'ensemble des dépenses supplémentaires sur le flux de polluant évité, sur la durée considérée.

La définition du RCE total n'est pas précisée dans le BREF transversal. De notre compréhension de la grandeur, il serait calculé en sommant l'ensemble des dépenses pour traiter le polluant considéré (passées et futures), et de diviser cette somme par le flux total de polluant évité (déjà réalisé et à venir).

- Pour les NO<sub>x</sub>, la valeur de référence indicative du RCE total est 5 000 €/tonne évitée.
- Pour les NO<sub>x</sub>, la valeur de référence indicative du RCE marginal est une fourchette comprise entre de 7 500 et 20 000 €/tonne évitée.

Ainsi, une solution dont le RCE dépasserait cette valeur indicative serait considérée comme « inacceptable et peu raisonnable ».

Dans le cas présent, aucun investissement particulier n'a été réalisé pour abaisser les émissions de NO<sub>x</sub> depuis la création de l'installation. Les améliorations effectuées sur la combustion au fil de l'eau n'ont pas fait l'objet d'investissements particuliers, et étaient inclus dans les tâches des opérateurs de conduite. Il est donc considéré un RCE total et marginal identique.

Le guide INERIS en annexe 2 permet le calcul de ces RCE. Les résultats de ces calculs sont présentés dans le tableau et le graphique ci-dessous :

Tableau 6 : Synthèse des coûts à la tonne évitée selon la solution technique

	SNCR	SCR
Flux de NOx évité par an	15 t/an	29 t/an
Durée de fonctionnement considérée	5,6 ans (temps de la dérogation)	
Coût total annuel	276 k€	985 k€
<b>Coût de la tonne évitée</b>	<b>18 410 €/t</b>	<b>33 980 €/t</b>

Le graphique suivant présente les RCE des deux solutions retenues en fonction de trois périodes d'amortissement différentes (deux périodes proposées par le guide – 10 et 20 ans – et la période spécifique au cas de l'usine de Planguenoual).

A noter : les ratios sont significativement plus élevés avec les valeurs saisies lors de l'élaboration de ce dossier (barres vertes) du fait notamment de la faible durée de vie prévue des équipements, bien inférieure à celle prévue en référence dans le guide (20 ans).

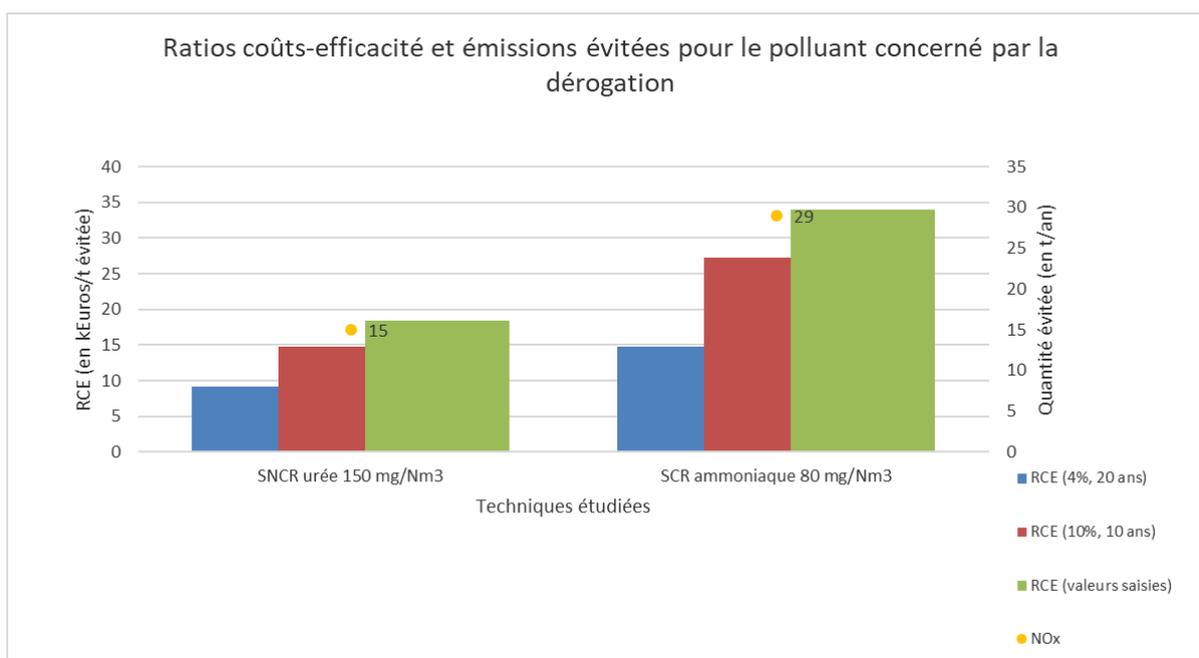


Figure 5 - Ratios coûts efficacité et émissions évitées selon les solutions étudiées

Au vu de cette évaluation technico-économique, il s'avère que :

- la solution de réduction catalytique des oxydes d'azote (SCR), bien que très performante, est très onéreuse. Le ratio coût-efficacité associé (total ou marginal) est bien au-delà des valeurs de référence (34 k€/t, à confronter à 5 ou 20 k€/t évitée), rendant la mise en œuvre de cette solution non pertinente dans notre cas ;
- la solution de réduction non catalytique des oxydes d'azote (SNCR), malgré sa plus grande simplicité, pourrait permettre d'assurer la tenue des NEA-MTD sur les NOx (150 mg/Nm<sup>3</sup>), mais en générant une externalité négative supplémentaire à l'effet nocif avéré (NH<sub>3</sub> ou CO<sub>2</sub>) sur une part significative du temps de fonctionnement de l'UVE. De

**plus, le ratio coût-efficacité est élevé, notamment du fait que le flux de NOx évité par an est faible (la concentration de NOx actuelle étant seulement 35% au-dessus de la VLE à 150 mg/Nm<sup>3</sup>) :**

- le RCE total est bien au-delà de la valeur de référence (18,4 >> 5 k€/t)
- le RCE marginal est quant à lui très proche de la fourchette haute de référence (7,5 << 18,4 < 20 k€/t).

## 5. CONCLUSION

KERVAL demande une dérogation pour l'usine d'incinération et de valorisation énergétique de Planguenoual suite à la parution des conclusions sur les MTD installations d'incinération de déchets. KERVAL souhaiterait un délai d'application adapté de la NEA-MTD des NOx.

En effet, le Syndicat mène un ambitieux projet de reconstruction de la ligne de traitement de l'UVE, impliquant une réflexion sur tous les flux de déchets de son territoire et une collaboration avec un syndicat voisin. Ce projet n'aboutira malheureusement que courant 2028 au plus tôt.

Une étude de risque sanitaire a été menée, et ses conclusions confirment l'absence de risque sanitaire significatif en conservant des émissions de NOx telles que rejetées actuellement.

Parallèlement, une étude technico-économique a démontré que :

- la technologie du four et les systèmes mis en œuvre pour optimiser la combustion assurent une production de NOx plutôt faible par rapport aux valeurs usuellement rencontrées sur les UVE ;
- parmi les deux seules solutions techniques de traitement envisageables :
  - la réduction catalytique SCR, est la plus performante, mais présente un ratio coût-efficacité bien trop conséquent (34 k€/tonne évitée), bien au-delà des valeurs de référence (5 et 20 k€/t) du BREF transversal ;
  - la réduction non catalytique SNCR, la plus simple, présente tout de même un coût très significatif (il se retrouve proche de la fourchette haute pour le RCE marginal) du fait du gain modeste en flux de NOx annuel. Cette SNCR génèrerait de plus des externalités négatives supplémentaires, sur l'ammoniac (non-atteinte NEA-MTD) ou sur les émissions de CO<sub>2</sub>, sur près de la moitié du temps de fonctionnement annuel de la ligne.

En résumé

- l'atteinte de la NEA-MTD sur les NOx apporterait un gain sanitaire trop faible au vu du coût que cela représenterait sur la durée de la dérogation demandée ;
- la solution la plus simple règle le problème des NOx, mais en crée d'autres (émissions notablement plus importantes de NH<sub>3</sub> ou de CO<sub>2</sub>).

**Aussi, KERVAL Centre Armor sollicite une dérogation afin de conserver, sur la durée de vie restante de la ligne d'incinération actuelle de l'UVE (soit jusqu'à mi-2029 au plus tard), la VLE des NOx à 400 mg/Nm<sup>3</sup>.**

## 6. ANNEXE

ANNEXE 1 : Rapport de modélisation de la dispersion des NOx

ANNEXE 2 : Guide INERIS des coûts des solutions à mettre en œuvre

ANNEXE 3 : Rapport d'essais pour la mise en place d'une DeNOx SNCR

**ANNEXE 1 : Rapport de modélisation de la dispersion des NOx**



**Unité de Valorisation Énergétique Kerval Centre  
Armor de Planguenoual (22)**

**DOSSIER DE REEXAMEN DANS LE CADRE DE  
L'APPLICATION DE LA DIRECTIVE IED**

Évaluation des risques sanitaires

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.</b>	<b>PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DU SITE</b>	<b>5</b>
1.1	PRÉSENTATION DU CONTEXTE	5
1.2	PRÉSENTATION DU SITE	5
1.3	OBJECTIFS ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE	8
1.4	LES GRANDS PRINCIPES DE L'ERS	9
<b>2.</b>	<b>APPROCHE SOURCE-VECTEUR-CIBLE</b>	<b>10</b>
2.1	CARACTÉRISATION DES SOURCES	11
2.2	CARACTÉRISATION DES VECTEURS DE TRANSFERT	12
2.3	CARACTÉRISATION DES CIBLES	12
2.4	CARACTÉRISATION DES VOIES D'EXPOSITION	12
2.5	SCÉNARIOS D'EXPOSITION RETENUS	14
2.6	SCHÉMA CONCEPTUEL	14
<b>3.</b>	<b>SÉLECTION DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)</b>	<b>18</b>
<b>5.</b>	<b>MODÉLISATION DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE</b>	<b>20</b>
5.1	MODÈLE UTILISÉ	20
5.2	PARAMÈTRES DE LA MODÉLISATION	21
5.2.1	<i>Domaine d'étude</i>	22
5.2.2	<i>Données météorologiques</i>	22
5.2.3	<i>Formulation des écarts-types</i>	25
5.2.4	<i>Topographie</i>	26
5.2.5	<i>Récepteurs</i>	27
5.3	CARACTÉRISTIQUES DES SOURCES D'ÉMISSION	27
5.4	RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION	27
<b>6.</b>	<b>COMPARAISON AUX VALEURS GUIDES</b>	<b>30</b>
<b>7.</b>	<b>DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES</b>	<b>31</b>
7.1	CHOIX DES SOURCES ET DE LEUR DURÉE DE FONCTIONNEMENT	31
7.2	CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS	31
7.3	CHOIX DES FLUX À L'ÉMISSION	31
7.4	CHOIX DES VALEURS GUIDES	31
7.5	CHOIX DES VOIES D'EXPOSITION	32
7.6	TRANSFERT DES POLLUANTS VERS L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS	32
7.7	MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE	32
7.8	CHOIX DES PARAMÈTRES D'EXPOSITION	33
<b>8.</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>34</b>

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : PARCELLES CADASTRALES OCCUPÉES PAR L'UVE KERVAL CENTRE ARMOR .....	6
FIGURE 2 : PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE LOCALISANT LES INSTALLATIONS DE L'UVE .....	7
FIGURE 3 : DÉMARCHE INTÉGRÉE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	8
FIGURE 4 : SCHÉMA GLOBAL D'EXPOSITION .....	10
FIGURE 5 : LOCALISATION DE LA CHEMINÉE.....	11
FIGURE 6 : OCCUPATION DES SOLS AUTOUR DE L'UVE .....	13
FIGURE 7 : SCHÉMA CONCEPTUEL .....	15
FIGURE 8 : REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE LA DÉMARCHE DE PRISE EN COMPTE DES EFFETS SANITAIRES .....	16
FIGURE 9 : CONCENTRATION MOYENNE 2019 EN NO <sub>2</sub> EN BRETAGNE, ET VUE RAPPROCHÉE SUR LE SECTEUR D'ÉTUDE.....	19
FIGURE 10 : DÉMARCHE GÉNÉRALE .....	20
FIGURE 11 : DOMAINE D'ÉTUDE .....	22
FIGURE 12 : SITUATION DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE RETENUE PAR RAPPORT AU SITE D'ÉTUDE.....	23
FIGURE 13 : COMPARAISON DES ROSES DES VENTS – 2001-2020 (GAUCHE) ET 2016 (DROITE) .....	23
FIGURE 14 : ROSES DES VENTS 2016 PAR CLASSE DE STABILITÉ À LA STATION DE TRÉMUSON-SAINT-BRIEUC (CLASSE C À GAUCHE, CLASSE D AU MILIEU ET CLASSE E À DROITE) .....	25
FIGURE 15 : DÉCOUPAGE TOPOGRAPHIQUE UTILISÉ .....	26
FIGURE 16 : PANACHE DE DISPERSION – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE EN NO <sub>x</sub> .....	29

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : VALEURS GUIDES DE L'OMS ET DE LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE POUR LES NO <sub>x</sub> .....	17
TABLEAU 2 : FRÉQUENCE D'APPARITION DE CHAQUE CLASSE DE VITESSE DE VENT (TRÉMUSON-SAINT-BRIEUC – 2016).....	24
TABLEAU 3 : FRÉQUENCE D'APPARITION DE CHAQUE CLASSE DE STABILITÉ DE L'ATMOSPHÈRE (TRÉMUSON-SAINT-BRIEUC – 2016) .....	24
TABLEAU 4 : DONNÉES D'ENTRÉE POUR LA MODÉLISATION – CARACTÉRISTIQUES DE LA CHEMINÉE .....	27
TABLEAU 5 : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE DANS L'AIR EN NO <sub>x</sub> ET PERCENTILE 99,8 EN NO <sub>x</sub> AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU DOMAINE D'ÉTUDE.....	27
TABLEAU 6 : COMPARAISON DE LA CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE ET PERCENTILE 99,8 EN NO <sub>x</sub> AVEC LES VALEURS GUIDES DE LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE ET DE L'OMS .....	30

## LISTE DES ACRONYMES

<b>AASQA</b>	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
<b>AFSSET</b>	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Diseases Registry
<b>BD ALTI</b>	Base de Données ALTIométrique
<b>CE</b>	Code de l'Environnement
<b>DGS</b>	Direction Générale de la Santé
<b>DIB</b>	Déchets Industriels Banales (aussi appelés déchets non dangereux en mélange)
<b>ERI</b>	Excès de Risque Individuel
<b>ERS</b>	Évaluation des Risques Sanitaires
<b>IEM</b>	Interprétation de l'État des Milieux
<b>INERIS</b>	Institut National de l'Environnement industriel et des risques
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>MTD</b>	Meilleure Technique Disponible
<b>NEA-MTD</b>	Niveaux d'Émission Associés aux Meilleures Techniques Disponibles
<b>NGF</b>	Nivellement général de la France
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'azote
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxyde d'azote
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>QD</b>	Quotient de Danger
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de soufre
<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>UVE</b>	Unité de Valorisation Énergétique
<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence

# 1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DU SITE

## 1.1 PRÉSENTATION DU CONTEXTE

**KERVAL Centre Armor exploite actuellement une unité de valorisation énergétique (UVE) sur la commune de Planguenoual (commune déléguée de Lamballe Armor, dans le département des Côtes-d'Armor).**

Cette unité incinère des déchets non dangereux (ordures ménagères résiduelles et DIB) issues des collectes d'une partie du territoire de KERVAL Centre Armor.

Les activités du site sont régies par l'arrêté préfectoral d'autorisation du 18 janvier 2007 (ayant abrogé les arrêtés préfectoraux pris antérieurement et notamment les arrêtés initiaux d'autorisation d'exploiter du 15 janvier 1991 et du 11 juin 1999 et les arrêtés complémentaires), modifié et complété par l'arrêté préfectoral du 23 décembre 2011.

Dans le cadre de la réalisation du dossier de réexamen IED de décembre 2020, des non-conformités ont été relevées par la DREAL. Pour la plupart de ces non-conformités, KERVAL s'engage à se mettre en conformité vis-à-vis des conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD).

Toutefois, KERVAL souhaite demander une dérogation sur la non-conformité relative à la NEA-MTD pour les NOx (valeur limite pour les rejets atmosphériques).

KERVAL ayant pour projet le démantèlement et la reconstruction de l'UVE dans les prochaines années, afin de proposer une nouvelle installation efficace et conforme aux exigences réglementaires, la société souhaite demander une dérogation sur cette non-conformité.

Le présent document constitue l'évaluation des risques sanitaires (ERS) de l'UVE, réalisée dans le cadre de la demande de dérogation qui vise à solliciter une extension des délais pour l'application de la NEA-MTD relative aux rejets atmosphériques des NOx pour les MTD liées à l'incinération des déchets.

**Cette ERS a ainsi pour objectif de démontrer que le site n'engendre pas de risques sanitaires pour les populations riveraines de l'UVE durant la période de transition jusqu'à la construction de la nouvelle installation, en ce qui concerne les rejets de NOx.**

## 1.2 PRÉSENTATION DU SITE

Le site est localisé lieu-dit « les Landes Lambert » sur la commune de Planguenoual (commune déléguée de Lamballe-Armor), à environ 16 km à l'est de Saint-Brieuc. Le site occupe les parcelles cadastrales ZS 115 et ZS 81.

Le site est localisé à l'écart des zones urbaines, dans un contexte agricole. Une déchèterie et quelques habitations isolées sont recensées autour du site.



Figure 1 : Parcelles cadastrales occupées par l'UVE KERVAL Centre Armor

Les installations associées à l'exploitation de l'UVE se répartissent de la façon suivante :

- un bâtiment principal d'exploitation accueillant l'UVE prolongé au Sud par le hall de réception / déchargement des déchets et au Nord par le système de traitement des fumées ; ce bâtiment accueille également les locaux administratifs et sociaux ;
- un aéro-refroidisseur prolongeant le bâtiment vers l'Ouest (séparé) ;
- une partie entrée au Sud composée d'un portail et de barrières ainsi que d'un pont bascule ;
- une plateforme « haute » de regroupement des balles de déchets en attente d'incinération ;
- une plateforme « basse » de regroupement des mâchefers en maturation ;
- une citerne gaz ;
- des voiries et aires imperméabilisées en béton ou enrobé ;
- un complexe formé de plusieurs bassins de gestion des eaux dans la partie Sud-Ouest du site.



Source : Dossier de réexamen de l'UVE de KERVAL Centre-Armor, Néodyme, décembre 2020

Figure 2 : Photographie aérienne localisant les installations de l'UVE

A noter la présence d'un bâtiment désaffecté (ancien bâtiment broyeur sans vocation en l'état actuel) dans la continuité Est de la plateforme mâchefers. Ce bâtiment ne fait pas partie du périmètre ICPE de l'UVE.

### 1.3 OBJECTIFS ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE

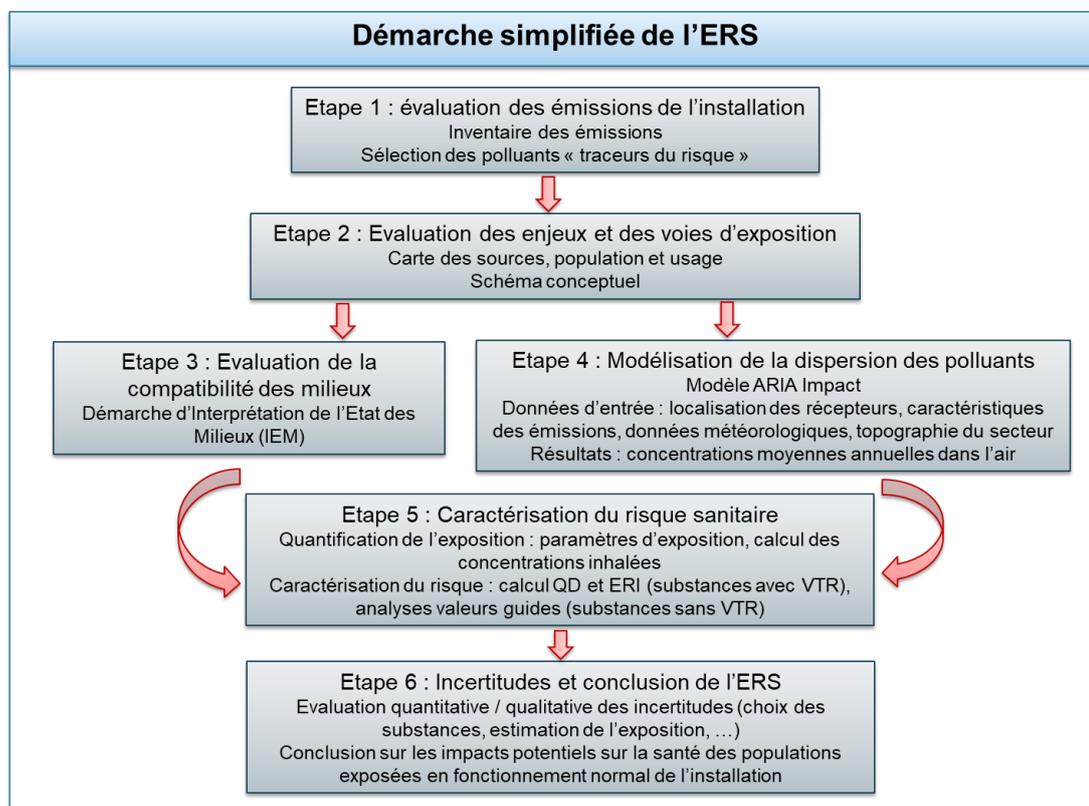
Cette étude a pour objectif d'évaluer et de quantifier les risques sanitaires engendrés par les rejets de NO<sub>x</sub> de l'UVE. Elle concerne l'exposition sur le long terme, exposition dite chronique, des riverains.

Cette étude a été élaborée selon les orientations et les recommandations des textes réglementaires et guides en vigueur, notamment le guide de l'INERIS de septembre 2021 : « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées* ».

Une démarche intégrée est proposée dans cette étude. Afin d'atteindre les objectifs fixés, plusieurs outils méthodologiques sont utilisés dans six étapes successives :

- évaluation des émissions de l'installation ;
- évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- évaluation de la compatibilité des milieux (démarche IEM) ;
- modélisation de la dispersion des polluants ;
- caractérisation du risque sanitaire ;
- incertitudes et conclusion de l'étude.

Il est important de noter que les NO<sub>x</sub>, qui font l'objet de cette étude, ne disposent pas de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Il existe toutefois des valeurs guides pour l'inhalation établies par la réglementation française et par l'OMS. Ainsi, dans le cadre de cette étude, il ne sera pas réalisé de calcul de risque mais une comparaison entre les concentrations modélisées dans l'air et ces valeurs guides.



Source : EODD

Figure 3 : Démarche intégrée de l'évaluation des risques sanitaires

## 1.4 LES GRANDS PRINCIPES DE L'ERS

Cette ERS est menée suivant cinq grands principes essentiels :

- **principe de prudence scientifique** : il consiste à adopter, en cas d'absence de données reconnues, des hypothèses raisonnablement majorantes définies pour chaque cas à prendre en compte ;
- **principe de proportionnalité**, il veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, l'importance et la nature des installations et leurs incidences prévisibles sur la santé humaine. Ce principe peut conduire à définir une démarche par approches successives dans l'évaluation des risques pour la santé ;
- **principe de spécificité** : il assure la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement. Il doit prendre en compte le mieux possible les caractéristiques propres au site (mesures *in situ*), de la source de pollution et des populations potentiellement exposées ;
- **principe de transparence**, étant donné qu'il n'existe pas une connaissance absolue, le choix des hypothèses, des outils à utiliser, du degré d'approfondissement nécessaire relève du jugement et du savoir-faire de l'évaluateur face à chaque cas d'étude particulier. La règle de l'évaluation des risques est que ces choix soient cohérents et expliqués par l'évaluateur, afin que la logique du raisonnement puisse être suivie et discutée par les différentes parties intéressées ;
- **principe de précaution** : principe juridique selon lequel « *lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage* » - intégré dans la Charte de l'environnement de 2004.

## 2. APPROCHE SOURCE-VECTEUR-CIBLE

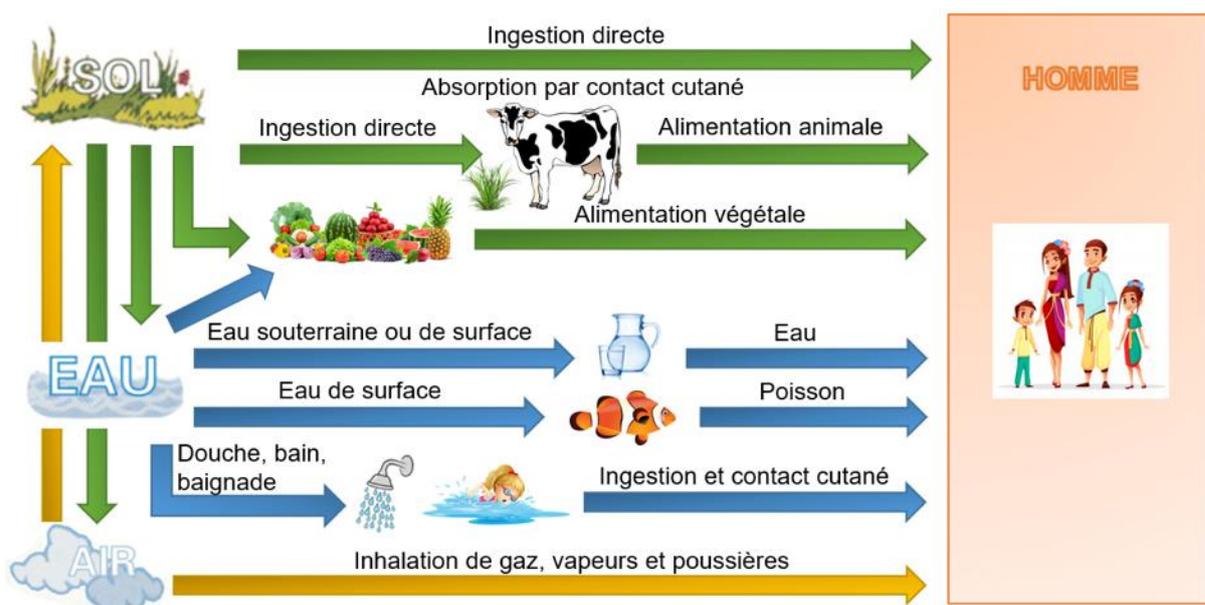
Ce chapitre permet de définir l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations à l'extérieur du site en appliquant le concept source-vecteur-cible. Le risque associé à un site est ainsi fonction de trois facteurs :

- la (ou les) source(s) de pollution ;
- l'existence de cibles (population dans les environs, cibles environnementales) ;
- les possibilités de transferts de la source vers les cibles (air soumis aux vents dominants, circulation d'eaux superficielles, circulation d'eaux souterraines, ...).

Ce chapitre permet de faire un premier inventaire des principaux risques potentiels et des conditions de transfert et d'exposition. Par ailleurs, dès ce stade de l'étude, certains risques notamment liés aux sources présentes sur le site peuvent d'ores et déjà être écartés, par exemple s'il n'existe pas de vecteur de transfert vers les populations et l'environnement.

Après avoir été dispersés dans l'environnement, les polluants générés par l'installation se retrouvent et se partagent dans les différents compartiments selon leurs propriétés physico-chimiques et les conditions environnementales. L'étendue de cette dispersion et la persistance du polluant dans l'air sont très variables. Elles dépendent notamment de la forme sous laquelle se trouve le polluant (gazeuse ou particulaire), des caractéristiques spécifiques conditionnant l'éjection des fumées et des conditions météorologiques. À plus ou moins brève échéance, les polluants les moins volatils rencontrent un support solide (eau, sol, organisme). À partir de cet instant, le devenir de ces polluants va être conditionné par ses propriétés intrinsèques de diffusion (dans l'eau ou dans les graisses essentiellement) ou par des phénomènes physiques simples comme l'érosion éolienne ou le ruissellement.

Ainsi, avant d'atteindre l'homme, le contaminant se déplacera à travers le milieu (eau, air, sol ou aliments) jusqu'aux points où une exposition humaine peut avoir lieu. On parle alors de concept source-vecteur-cible.



Sources : INERIS, AFSSET

Figure 4 : Schéma global d'exposition

## 2.1 CARACTÉRISATION DES SOURCES

La source étudiée ici est les oxydes d'azote (NOx), contenus dans les fumées de combustion rejetées au niveau de la cheminée de l'UVE.

La cheminée est localisée sur la figure suivante. Le rejet est canalisé.

**Les rejets de NOx au niveau de la cheminée de l'UVE sont retenus dans la suite de l'ERS comme source de rejets.**



Figure 5 : Localisation de la cheminée

## 2.2 CARACTÉRISATION DES VECTEURS DE TRANSFERT

Les vecteurs de transfert sont les milieux permettant de mettre en contact les sources potentielles de danger identifiées au chapitre précédent avec les populations riveraines du site, appelées « cibles » et identifiées au chapitre suivant. Ces vecteurs sont l'air, l'eau ou le sol.

**Compte-tenu des sources d'émission du site considérées dans cette étude, seul l'air sera retenu comme vecteur de transfert dans la suite de l'ERS.**

## 2.3 CARACTÉRISATION DES CIBLES

**Les alentours du site sont essentiellement constitués de parcelles agricoles et d'espaces naturels. Quelques habitations isolées sont recensées autour du site et le centre-village le plus proche est localisé à environ 2 km à l'est de l'UVE (Saint-Aaron). Une déchèterie est présente en bordure Sud de l'UVE.**

La figure en page suivante présente une vue aérienne de l'occupation des sols autour de l'UVE.

Les vents dominants sur le secteur proviennent essentiellement de l'Ouest/Sud-Ouest (les cibles sous l'axe des vents dominants sont donc localisées à l'est de l'UVE). La rose des vents est détaillée au chapitre 5.2.2 du présent document.

## 2.4 CARACTÉRISATION DES VOIES D'EXPOSITION

La population vivant ou travaillant à proximité de l'UVE peut être exposée aux rejets de NOx de l'UVE, par inhalation de ces composés gazeux.

Les voies d'exposition ingestion de sols, eaux, végétaux et aliments d'origine animale contaminés ne sont pas étudiées car les composés émis par le site et étudiés dans cette étude sont des composés gazeux.

En outre, l'absorption cutanée de gaz et particules de l'air est considérée comme négligeable devant l'absorption de ces mêmes gaz et particules par inhalation. La surface cutanée exposée directement à l'air (mains et visage) représente environ 18 % de la surface corporelle. Elle est environ deux cent fois petite que la superficie interne des poumons.

**La voie d'exposition prise en compte dans la suite de l'ERS est l'inhalation de NOx (polluant gazeux).**



Figure 6 : Occupation des sols autour de l'UVE

## 2.5 SCÉNARIOS D'EXPOSITION RETENUS

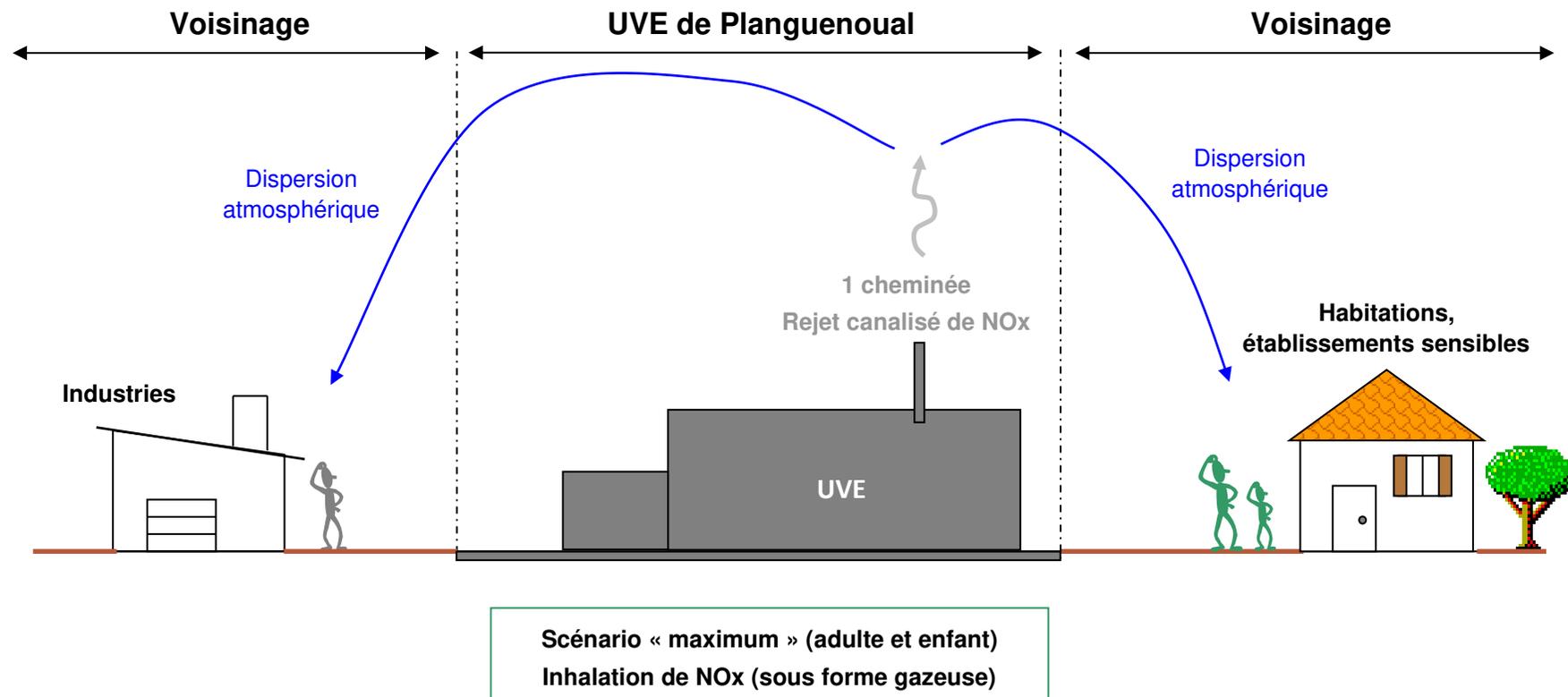
Les scénarios d'exposition sont définis à partir des usages et des populations qui ont été recensés et caractérisés à proximité du site, et des situations qui les exposent aux substances émises par le site.

**Afin de se placer dans une démarche majorante, il a été choisi d'étudier dans la suite de l'ERS un scénario « maximum », qui couvre l'ensemble des scénarios possibles sur le secteur.**

Ce scénario considère ainsi des adultes et enfants exposés à la concentration maximale modélisée par le modèle de dispersion (et non à la concentration modélisée au niveau des cibles comme les habitations, les industries, les établissements sensibles). Il considère également une exposition 24h/24 et 365j/an aux rejets du site.

## 2.6 SCHÉMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel présenté sur la figure en page suivante récapitule les sources potentielles d'émissions du site, les transferts des polluants dans les différents milieux et les voies d'exposition des récepteurs à ces polluants.



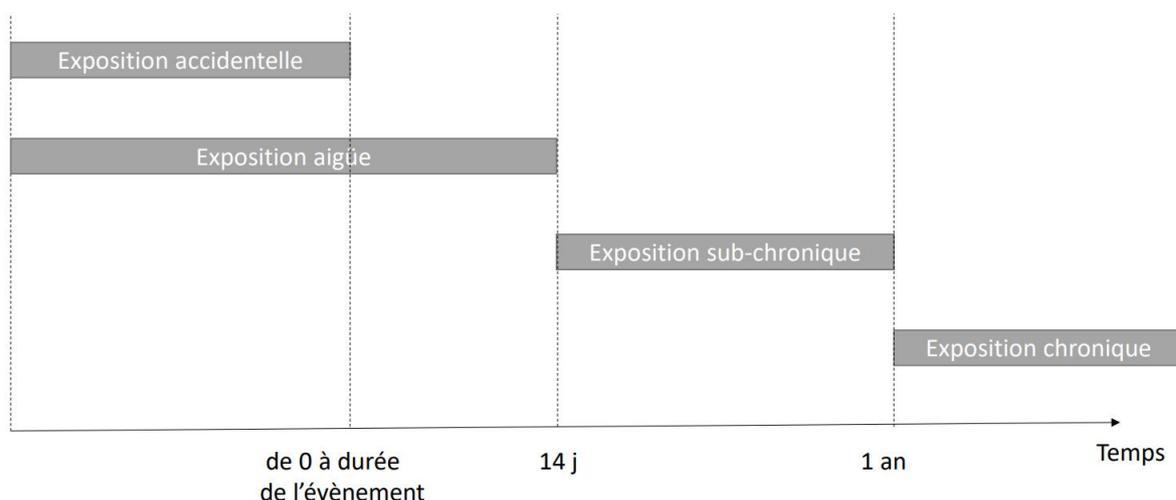
Source : EODD

Figure 7 : Schéma conceptuel

### 3. SÉLECTION DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE

**L'identification du potentiel dangereux consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'Homme.**

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. Les durées d'exposition liées à ces différents types d'effets sont schématisées en figure suivante. A noter que ces notions de durées d'exposition ne sont pas figées mais donnent un ordre de grandeur afin de déterminer quelle exposition est à considérer.



Source : INERIS OMEGA 16

Figure 8 : Représentation schématique de la démarche de prise en compte des effets sanitaires

Dans le cadre de la présente étude, **seule l'exposition chronique sera étudiée** (supérieure à 7 ans pour l'US-EPA et supérieure à 1 an pour l'ATSDR).

Classiquement dans une ERS, une **valeur toxicologique de référence (VTR)** doit être fixée pour chaque polluant traceur. Cette donnée constitue l'indice toxique qui permet d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique avec effet de seuil) ou une relation entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans effet de seuil). Cette valeur est établie par diverses instances internationales ou nationales sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques. C'est à partir de cette VTR que les **calculs de risques sanitaires** peuvent être réalisés.

Dans le cadre de cette étude, les polluants retenus sont les oxydes d'azote (NOx), **qui ne disposent pas de VTR**. Il existe toutefois des valeurs guides pour l'inhalation établies par la réglementation française (R.221-1 du Code de l'Environnement) et par l'OMS (recommandations de 2005 et de 2021, avec la mise en place de cibles intermédiaires entre les anciennes et les nouvelles recommandations).

Ainsi, dans le cadre de cette étude, il ne pourra pas être réalisé de calculs de risques sanitaires pour les NOx. **Seule une comparaison entre les concentrations modélisées dans l'air et ces valeurs guides sera réalisée.**

Le tableau ci-dessous présente les valeurs guides retenues pour les NOx (assimilés au NO<sub>2</sub>, en l'absence de valeurs pour les NOx, démarche majorante). Les effets indésirables liés aux NOx sont des effets sur le système respiratoire. Les NOx ne sont pas classés cancérogènes.

Concentrations en µg/m <sup>3</sup>	Valeur réglementaire R. 221-1 du CE		Recommandation OMS					
	Valeur limite	Objectif de qualité	2005	Cibles intermédiaires OMS				2021
				1	2	3	4	
NO <sub>2</sub> (moyenne annuelle)	40	40	40	40	30	20	-	10
NO <sub>2</sub> (moyenne journalière)	-	-	-	120	50	-	-	25
NO <sub>2</sub> (moyenne horaire)	200 (à ne pas dépasser plus de 18 heures par an)	-	200	-	-	-	-	200

CE : Code de l'Environnement

Tableau 1 : Valeurs guides de l'OMS et de la réglementation française pour les NOx

## 4. INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)

L'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) évalue une situation présente (état des milieux) liée à des activités passées ou en cours. Les mesures dans l'environnement constituent le seul moyen d'évaluer, au moment de l'étude, l'état des milieux et l'impact de l'ensemble des sources en présence.

Cet état des milieux porte :

- sur les NO<sub>x</sub>, source retenue ;
- sur le milieu « Air », vecteur de transfert retenu.

La qualité de l'air en Bretagne est suivie par l'observatoire AirBreizh, organisme agréé par le ministère chargé de l'environnement et Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) mesurant et étudiant la pollution atmosphérique au niveau de l'air ambiant.

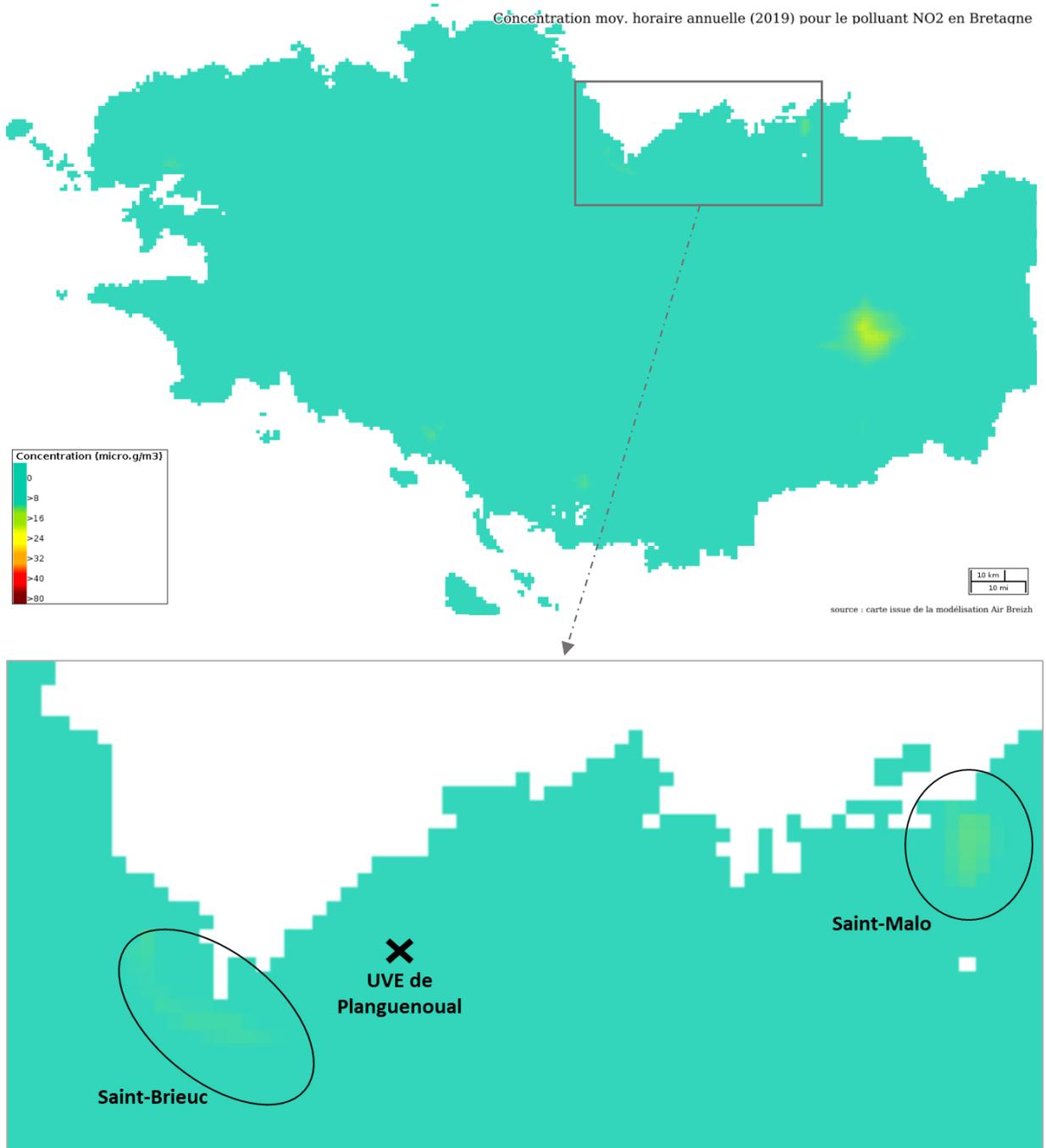
AirBreizh établit des cartes de bilans annuels. L'analyse des concentrations en polluants atmosphériques durant les années 2020 et 2021 n'est pas représentative de la qualité de l'air étant donné l'impact conjoncturel des mesures de restrictions d'activités mises en place à cause de la pandémie de coronavirus. C'est pourquoi il sera préféré de se référer à l'année 2019 comme année de référence.

**Ainsi, en 2019, les concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> étaient inférieures à 10 µg/m<sup>3</sup> au niveau du secteur d'étude (cf. Figure 9 en page suivante). Cette valeur respecte les valeurs guides de la réglementation française et de l'OMS présentées au chapitre précédent.**

Conformément à la méthodologie nationale des sites et sols pollués, lorsque la concentration mesurée est supérieure aux valeurs de référence et aux points témoins locaux, ou lorsqu'il n'existe pas de valeurs de référence pour la substance étudiée, une quantification partielle du risque doit être menée.

Dans le cadre de cette étude, les valeurs de référence étant respectées dans l'environnement pour le polluant étudié, l'état actuel des milieux peut être considéré comme compatible avec les usages.

**L'état des milieux « Air » est compatible avec les usages. Pour rappel, la dérogation concerne la poursuite d'exploitation de l'UVE telle qu'actuellement (pas d'augmentation des rejets de NO<sub>x</sub>, donc pas de dégradation de la qualité de l'air par rapport à la situation actuelle).**



Source : AirBreizh

Figure 9 : Concentration moyenne 2019 en NO<sub>2</sub> en Bretagne, et vue rapprochée sur le secteur d'étude

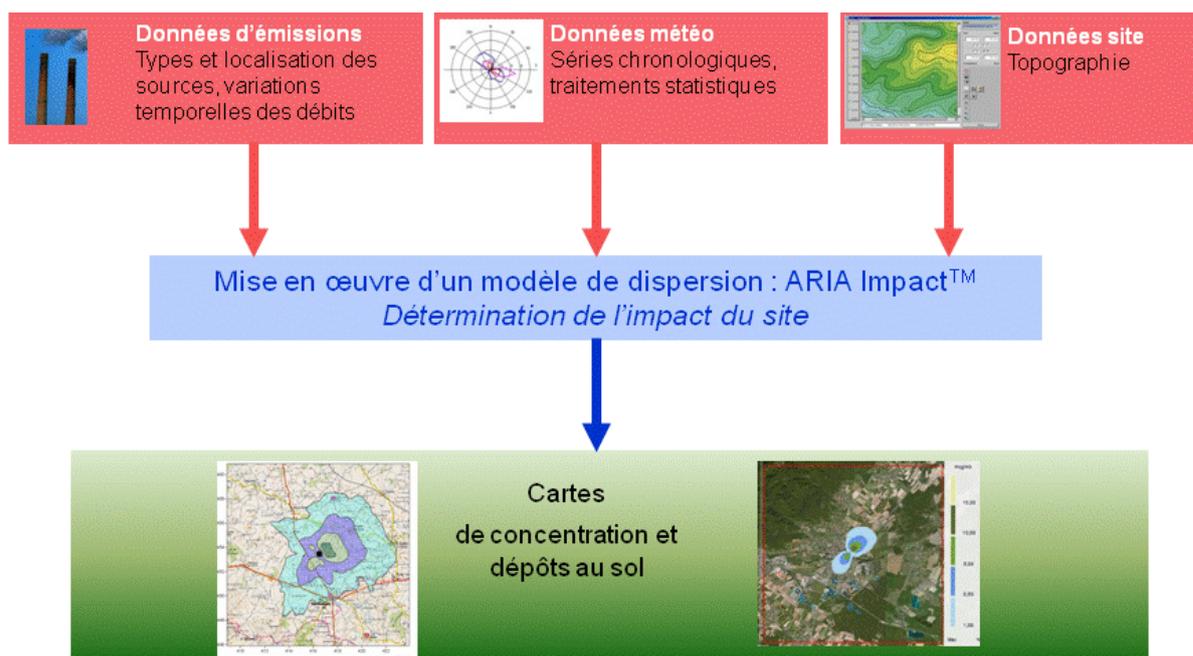
## 5. MODÉLISATION DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

### 5.1 MODÈLE UTILISÉ

Le modèle utilisé pour la réalisation de la modélisation de dispersion atmosphérique est le logiciel **ARIA Impact™**, version 1.8.2.

ARIA Impact™ est un modèle de dispersion gaussien rectiligne, qui permet notamment d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques.

Le logiciel permet de simuler la dispersion à long terme des polluants atmosphériques (gazeux ou particulaires) issus de tout type de sources émettrices et de calculer des concentrations et dépôts (secs et humides) exprimés en moyenne annuelle ou en centiles. Il dispose d'un module de calcul pour les vents faibles et peut également prendre en compte le phénomène de blocage par la couche de mélange. Le logiciel n'est pas limité en nombre de polluants, ni en nombre de sources. Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation.



Source : ARIA Technologies

Figure 10 : Démarche générale

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion :

- de **polluants gazeux** (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, ...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM<sub>10</sub>, métaux lourds, dioxines, ...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués ;
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation :

- des **sources ponctuelles** (cheminées, ...);
- des **sources diffuses ou volumiques** (carrière, casiers, ...);
- des **sources linéiques** (trafic automobile).

Plusieurs types de calcul de modélisation sont possibles avec le logiciel ARIA Impact™ :

- **Calcul académique** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données).
- **Calcul depuis une rose des vents** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents générale. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil.
- **Calcul statistique** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données puis des statistiques sont calculées en tenant compte de tous les calculs académiques associés à chaque situation météo de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99,5, ...) ou des fréquences de dépassement de seuil.  
→ **Mode de calcul choisi pour cette étude**

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

- moyennes mensuelles et/ou annuelles de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol ;
- fréquences de dépassement de seuils en moyennes journalières ou horaires ;
- centiles 98, 99,8, 100 ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures, ...).

À noter qu'**ARIA Impact™ répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles** (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en septembre 2021).

## 5.2 PARAMÈTRES DE LA MODÉLISATION

Les hypothèses de calcul suivantes ont été retenues :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- un modèle de dispersion selon les écarts-types de Pasquill (modèle standard adapté pour les sites ruraux) ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées suivant la formulation de Holland ;
- une maille de calcul de 50 mètres ;
- la cheminée de rejet des fumées comme seule source d'émission de NOx (caractéristiques présentées au chapitre 5.3 en page 27 ci-après).

## 5.2.1 DOMAINE D'ÉTUDE

Le domaine d'étude est un carré de **10 km sur 10 km**, centré sur l'UVE.  
Il est adapté aux types de rejets modélisés.

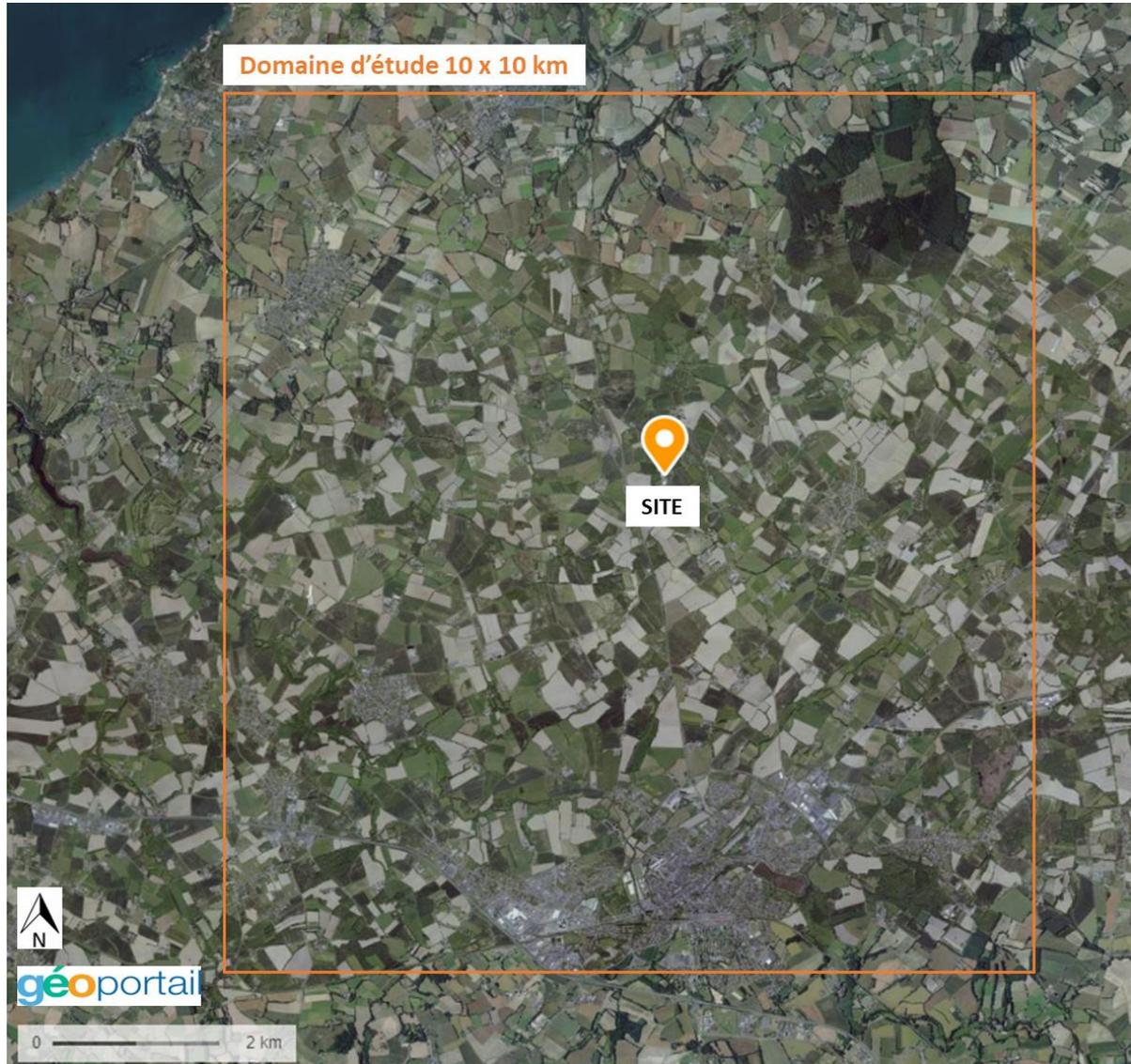


Figure 11 : Domaine d'étude

## 5.2.2 DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

### ❖ Station météorologique

Les données utilisées pour la modélisation proviennent de la station météorologique de Trémuson-Saint-Brieuc, localisée à environ 25 kilomètres à l'ouest du site. **Les données ont été récupérées sur la période du 1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2016, à un pas de temps horaire.**

Les données récupérées étaient :

- la température de l'air ;
- la direction du vent ;
- la vitesse du vent ;
- la nébulosité.

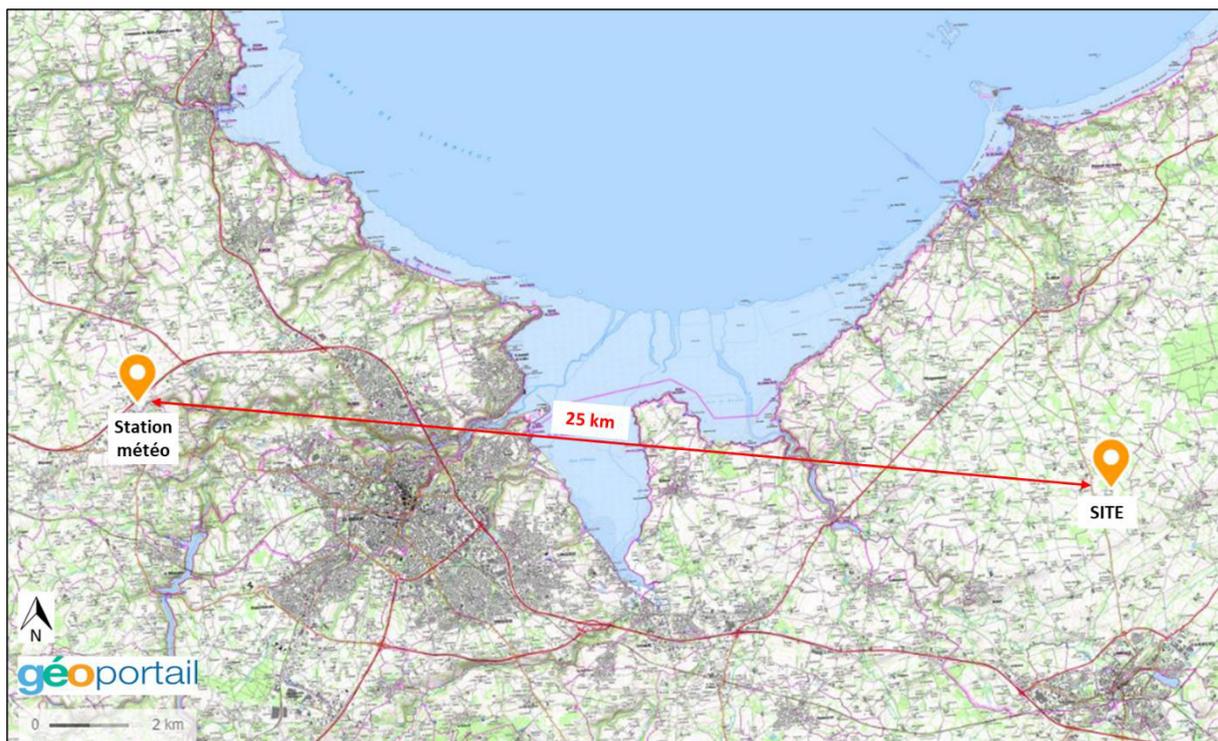
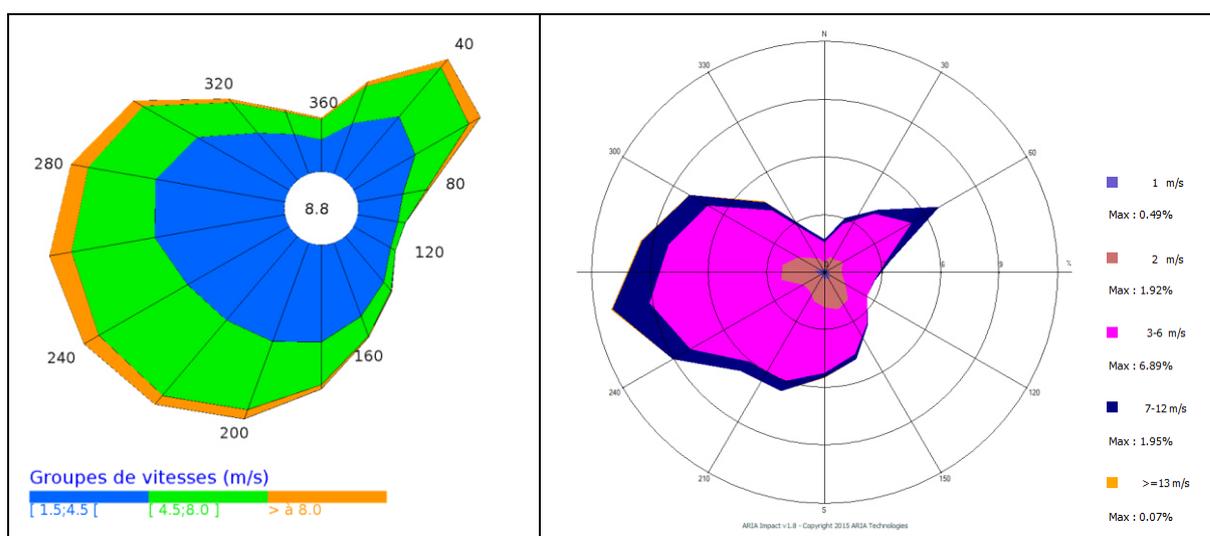


Figure 12 : Situation de la station météorologique retenue par rapport au site d'étude

#### ❖ Rose des vents

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classées par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

La comparaison entre la rose des vents de l'année 2016, utilisée dans le modèle (cf. figure ci-dessous, droite) et celle pour la période 2001-2020 (cf. figure ci-dessous, gauche) indique que la période choisie pour la modélisation est représentative du comportement général des vents dans le secteur sur les dernières années. **Les vents dominants sur la zone proviennent essentiellement de l'Ouest/Sud-Ouest (puis, dans une moindre mesure, du Sud et du Nord-Est).**



Source : Météo France, station météorologique de Saint-Brieuc

Figure 13 : Comparaison des roses des vents – 2001-2020 (gauche) et 2016 (droite)

Classes de vitesse	Calmes	1	2	3-6	7-12	> 13
Borne de l'intervalle (m/s)	[0 ; 0,9]	[0,9 ; 1,5]	[1,5 ; 2,5]	[2,5 ; 6,5]	[6,2 ; 12,5]	[12,5 ; ∞]
Fréquence (%)	3,5	5,0	19,0	61,7	10,6	0,2

Tableau 2 : Fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent (Trémuson-Saint-Brieuc – 2016)

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2016 au 31/12/2016), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- la rose des vents montre des vents provenant essentiellement de l'Ouest (38 % des vents mesurés proviennent d'une direction comprise entre 240° et 300°), puis du Sud (17 % des vents mesurés proviennent d'une direction comprise entre 160 et 200°), puis du Nord-Est (15 % des vents mesurés proviennent d'une direction comprise entre 40 et 80°) ;
- les vents ont une vitesse moyenne annuelle de 3,74 m/s (13,5 km/h) ;
- les vents les plus fréquents sont les vents compris entre 2,5 et 6,5 m/s (entre 9 et 23 km/h) ; ils représentent environ 62 % des vents ;
- les vents faibles (de vitesse inférieure ou égale à 1,5 m/s) % des observations, dont 3,5 % de vents calmes (vents inférieurs à 0,9 m/s) qui sont les plus pénalisants pour la dispersion des polluants.

#### ❖ *Température*

La température de l'air est en moyenne de 11,2 °C en 2016 à Trémuson-Saint-Brieuc. Sur la période 1991-2020, la température moyenne annuelle était de 11,4 °C à Saint-Brieuc. L'année 2016 peut donc être considérée comme représentative en terme de température.

#### ❖ *Stabilité atmosphérique*

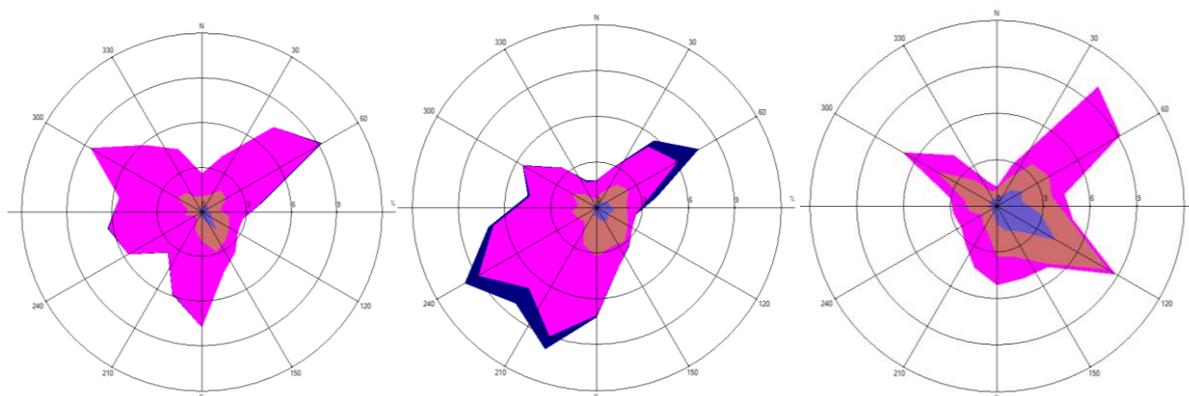
La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

Les conditions de dispersion sont assez favorables puisqu'environ 73 % des observations présentent une atmosphère neutre ou instable. À l'inverse, 27 % des observations présentent une atmosphère stable, donc pénalisante pour la dispersion des polluants.

Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 2,7 m/s en situation stable et 1,7 m/s en situation très stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions -, tandis qu'en atmosphère neutre, elle est de 4,5 m/s.

Classes de stabilité	A	B	C	D	E	F
	Très instable	Instable	Légèrement instable	Neutre	Stable	Très stable
Fréquence (%)	0,01	0,5	18,7	53,8	25,6	1,4

Tableau 3 : Fréquence d'apparition de chaque classe de stabilité de l'atmosphère (Trémuson-Saint-Brieuc – 2016)



Source : Météo France, station météorologique de Trémuson-Saint-Brieuc

Figure 14 : Roses des vents 2016 par classe de stabilité à la station de Trémuson-Saint-Brieuc (classe C à gauche, classe D au milieu et classe E à droite)

#### ❖ Influence des paramètres météorologiques pour la diffusion des polluants

D'une manière générale, la dispersion atmosphérique des polluants est conditionnée par différents paramètres<sup>1</sup>.

##### Conditions pour une diffusion importante des polluants dans l'atmosphère

- vitesse du vent élevée (bon transport horizontal) ;
- hauteur de mélange élevée (large volume d'air de dilution) ;
- instabilité de l'air (bonne diffusion verticale) correspondant aux classes A, B, C et D de Pasquill ;
- absence de précipitations.

##### Conditions pour une faible diffusion des polluants dans l'atmosphère

- vitesse du vent faible ;
- hauteur de mélange basse ;
- forte stabilité de l'air (condition d'inversion) correspondant aux classes E et F de Pasquill ;
- précipitations.

### 5.2.3 FORMULATION DES ÉCARTS-TYPES

La formulation de l'écart-type prise en compte dans le modèle de calcul traduit le degré de turbulence causée par le passage des vents à travers les structures de surface au sol. La turbulence de surface dépend de la saison et de la typologie du paysage. Par exemple, il est plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales en raison de la présence de bâtiments de plus grande taille. Dans les zones urbaines, les dépôts de poussières ont tendance à se former à une distance plus courte que dans les zones rurales.

Le logiciel de modélisation ARIA Impact™ utilise différentes formulations de l'écart-type. **L'écart-type de Pasquill** a été considéré dans l'étude (site en zone rurale).

<sup>1</sup> B. P.A. GRANDJEAN - Pollution atmosphérique et traitements des émissions – Département de génie chimique – Université Laval (Québec)

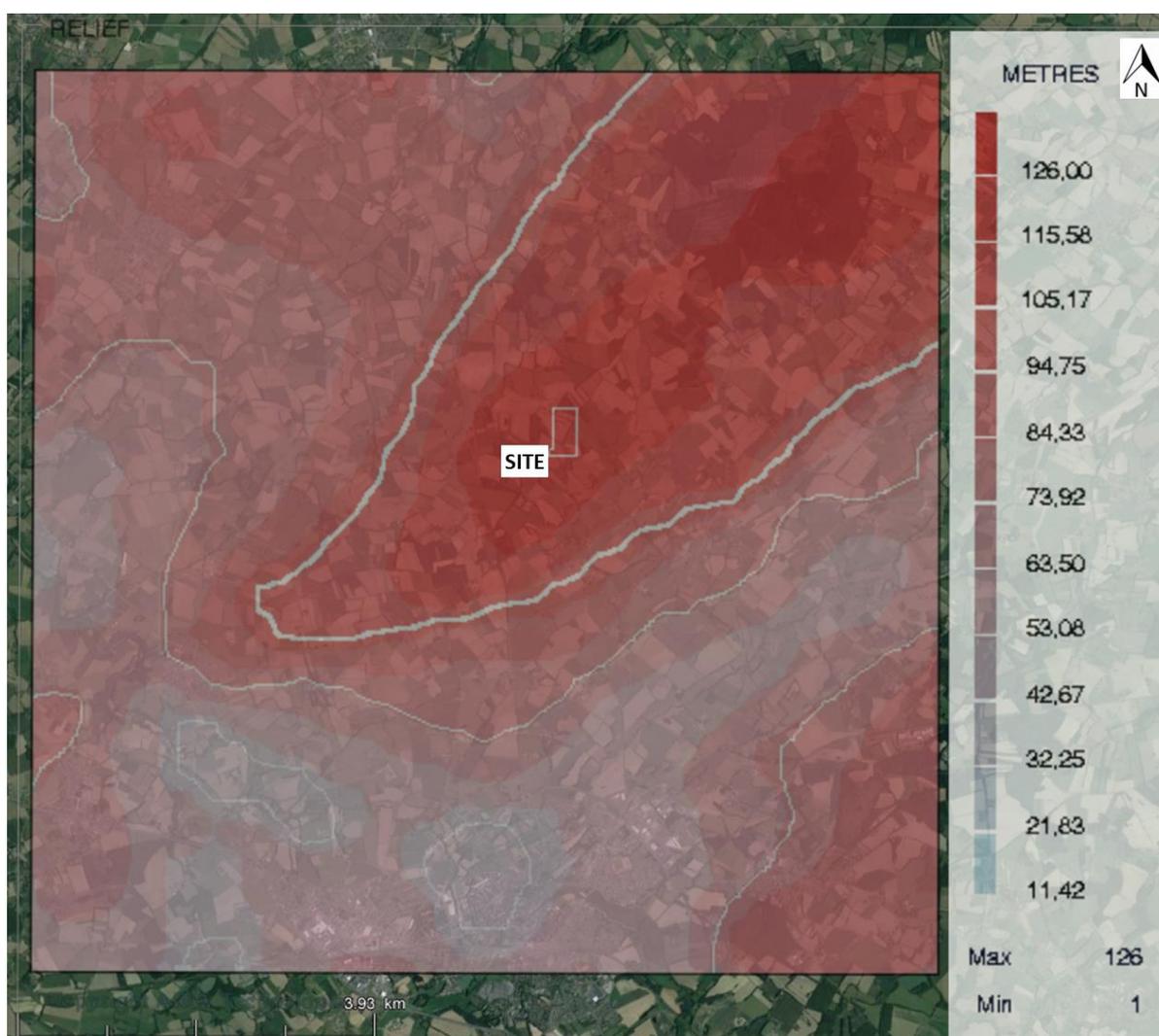
## 5.2.4 TOPOGRAPHIE

**La topographie influe sur les caractéristiques de l'air et donc sur la dispersion atmosphérique des polluants.**

Les données altimétriques utilisées sont issues du fichier numérique MNT250\_L2E\_FRANCE.XYZ (source : IGN, BD ALTI®). Le MNT 250 est un modèle altimétrique numérique français sur un maillage horizontal de 3 secondes d'arc (environ 75 mètres). La Base de Données ALTIométrique (BD ALTI®) est l'une des quatre grandes bases d'informations géographiques structurées, initiées par l'Institut Géographique National sur le territoire français.

**Le domaine à l'étude présente des altitudes variant de 1 à 126 m NGF. Le site d'étude est localisé à environ 125 m NGF (point haut du domaine, surplombant le domaine d'étude).**

La topographie du domaine d'étude utilisée dans le modèle est présentée sur la figure suivante.



Sources : ARIA Relief, Google Earth

Figure 15 : Découpage topographique utilisé

## 5.2.5 RÉCEPTEURS

Les récepteurs sont les points dans le modèle pour lesquels les concentrations dans l'air sont calculées.

Une grille réceptrice (d'une étendue de 10 x 10 km autour du site) est utilisée pour couvrir le domaine d'étude et évaluer les impacts. La distance entre chaque point récepteur a été fixée à 50 m. Les concentrations sont donc calculées en environ **40 000 points formant un maillage régulier répartis sur le périmètre autour du site.**

Pour rendre compte plus particulièrement de l'impact au niveau des récepteurs autour du site, des récepteurs particuliers (discrets) peuvent être ajoutés au modèle. Compte-tenu du choix de n'étudier qu'un seul scénario « maximum », aucun récepteur particulier n'a été intégré au modèle. Le point maximal sur le domaine d'étude sera considéré.

## 5.3 CARACTÉRISTIQUES DES SOURCES D'ÉMISSION

Une source canalisée a été considérée : la cheminée de rejet des fumées de combustion. Cette source est localisée ci-avant, sur la Figure 5 en page 11.

Les caractéristiques de la cheminée sont présentées dans le Tableau 4 ci-dessous.

Caractéristiques	Hauteur d'émission	Vitesse d'éjection	Température d'éjection	Diamètre de sortie	Flux massique NOx
Cheminée	30 m	13,2 m/s	145 °C	1,5 m	22 kg/h

Tableau 4 : Données d'entrée pour la modélisation – Caractéristiques de la cheminée

Le flux massique en NOx considéré (22 kg/h) est calculé à partir du débit des fumées (55 000 Nm<sup>3</sup>/h) et de la **valeur limite d'émission en NOx fixée dans l'arrêté préfectoral (400 mg/Nm<sup>3</sup>).**

**Ce flux massique est donc conservateur et permet de s'assurer qu'en restant à la VLE de l'arrêté préfectoral du site, aucun effet sanitaire significatif n'est attendu.**

## 5.4 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Le Tableau 5 ci-après présente la concentration moyenne annuelle dans l'air en NOx au niveau du point maximal du domaine d'étude. Le percentile 99,8 de la concentration moyenne annuelle dans l'air en NOx est également présenté (correspondant à la concentration dépassée plus de 18 heures par an).

Substance	Point maximal du domaine d'étude	
	Concentration moyenne annuelle	Percentile 99,8
NOx	3,33 µg/m <sup>3</sup>	81 µg/m <sup>3</sup>

Tableau 5 : Concentration moyenne annuelle dans l'air en NOx et percentile 99,8 en NOx au niveau du point maximal du domaine d'étude

**Dans la suite de l'ERS, ces concentrations seront prises comme référence comme concentration inhalée par la population.** Cette démarche est majorante dans la mesure où :

- il sera considéré que la population inhale ces concentrations 24h/24 et 365j/an ;
- le point considéré est le point maximal du modèle, qui ne correspond pas à une cible où la population peut y être exposée de manière chronique (cf. Figure 16 ci-après).

Pour rappel, les résultats obtenus sont données en moyenne annuelle pour une modélisation sur une année complète (ici année météorologique de 2016).

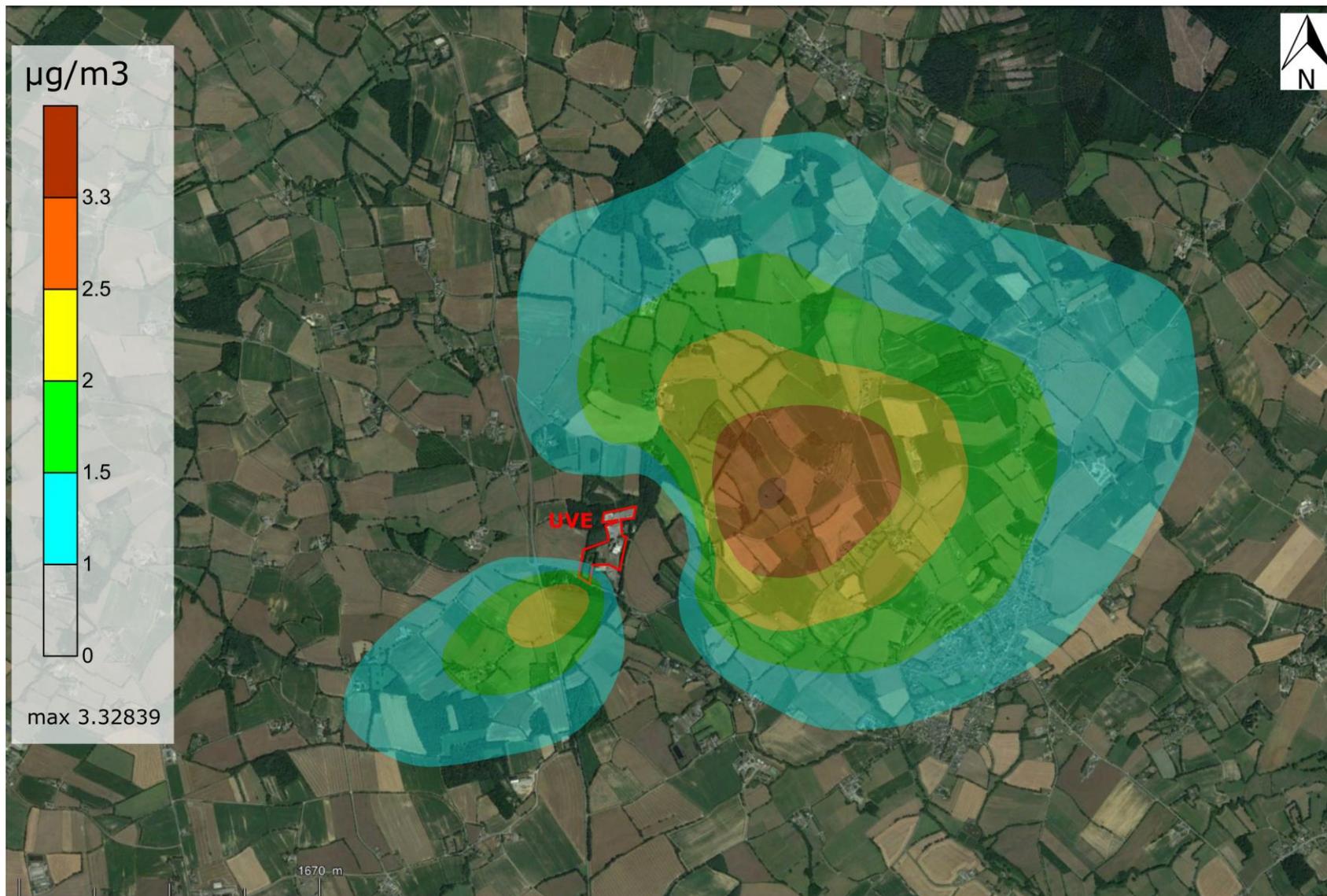


Figure 16 : Panache de dispersion – Concentration moyenne annuelle en NOx

## 6. COMPARAISON AUX VALEURS GUIDES

Conformément aux exigences de la note d'information de la DGS du 31 octobre 2014<sup>2</sup>, pour les substances ne disposant pas de VTR, seule une comparaison des concentrations modélisées aux valeurs guides doit être réalisée. C'est le cas ici pour les NOx, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 6 ci-dessous.

**Les résultats montrent que les concentrations modélisées en NOx restent inférieures aux valeurs guides (valeurs réglementaires du Code de l'Environnement et recommandations de l'OMS) et ce, quel que soit le point considéré sur le domaine d'étude.**

Substances		Valeur au point maximal du domaine d'étude	Valeur réglementaire R. 221-1 du CE		Recommandations OMS					
			Valeur limite	Objectif de qualité	2005	Cibles intermédiaires OMS				2021
						1	2	3	4	
<b>Oxydes d'azote (NOx)</b>	Concentration moyenne annuelle	<b>3,33</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>10</b>
	Percentile 99,8	<b>80</b>	<b>200</b>	-	-	-	-	-	-	-

CE : Code de l'Environnement

Tableau 6 : Comparaison de la concentration moyenne annuelle et percentile 99,8 en NOx avec les valeurs guides de la réglementation française et de l'OMS

<sup>2</sup> Note d'information 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

## 7. DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES

Conformément à la méthodologie de l'évaluation des risques sanitaires, la discussion des incertitudes est une étape nécessaire pour interpréter les résultats et permettre une gestion optimale des risques. Elle a pour objectif d'apprécier dans quel sens l'ensemble des différentes hypothèses, facteurs ou termes de calcul pris en compte dans l'étude peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables, seul un jugement qualitatif sera rendu dans ce cas-là. Les hypothèses et paramètres déterminants sont discutés dans ce chapitre afin d'apprécier leur sensibilité et vérifier leur influence sur le résultat.

### 7.1 CHOIX DES SOURCES ET DE LEUR DURÉE DE FONCTIONNEMENT

La source étudiée dans cette étude est le rejet de NOx par la cheminée, objet de la demande de dérogation. Il n'y a aucune autre source d'émission de NOx sur le site.

La cheminée a été considérée comme fonctionnant 365j/an et 24h/24. Cette donnée est légèrement majorante car la ligne d'incinération est arrêtée quelques jours par an pour la maintenance.

**Incidence sur le niveau de risque** : légère surestimation.

### 7.2 CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS

La présente étude a porté sur les oxydes d'azote (NOx), qui font l'objet de la demande de dérogation.

**Incidence sur le niveau de risque** : réaliste.

### 7.3 CHOIX DES FLUX À L'ÉMISSION

Le flux à l'émission retenu pour les NOx est la valeur limite d'émission en NOx fixée par l'arrêté préfectoral d'autorisation du site. Les flux à l'émission réels en NOx sont donc plus faibles que celui modélisé dans cette ERS.

**Incidence sur le niveau de risque** : surestimation.

### 7.4 CHOIX DES VALEURS GUIDES

Conformément aux exigences de la note d'information de la DGS 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, les NOx ne disposant pas de valeur toxicologique de référence, seule une comparaison aux valeurs guides a été réalisée dans cette évaluation des risques sanitaires.

Les valeurs guides considérées ont été :

- les valeurs réglementaires du Code de l'Environnement ;
- les recommandations de l'OMS de 2005, mais également de 2021, beaucoup plus restrictives.

**Incidence sur le niveau de risque : réaliste.**

## 7.5 CHOIX DES VOIES D'EXPOSITION

La voie d'exposition prise en compte dans l'ERS était l'inhalation de NOx (polluant gazeux).

Les voies d'exposition ingestion de sols, eaux, végétaux et aliments d'origine animale contaminés ne sont pas étudiées car les composés émis par le site et étudiés dans cette étude sont des composés gazeux.

En outre, l'absorption cutanée de gaz et particules de l'air est considérée comme négligeable devant l'absorption de ces mêmes gaz et particules par inhalation. La surface cutanée exposée directement à l'air (mains et visage) représente environ 18 % de la surface corporelle. Elle est environ deux cent fois plus petite que la superficie interne des poumons.

**Incidence sur le niveau de risque : sous-estimation négligeable.**

## 7.6 TRANSFERT DES POLLUANTS VERS L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS

La non-prise en compte des transferts de pollution extérieur-intérieur apporte une part d'incertitude dans l'exposition par voie respiratoire. En l'absence de données sur les transferts de pollution et en accord avec la méthodologie de l'INERIS, cette étude a considéré que la concentration de particules dans l'air était la même en intérieur qu'en extérieur.

**Incidence sur le niveau de risque : inconnue.**

## 7.7 MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

Les concentrations des polluants dans l'air, à la base de l'évaluation des risques sanitaires, sont issues d'une chaîne de modélisation. Les concentrations produites par le modèle de dispersion sont ensuite interpolées par triangulation pour fournir un maillage, avec des concentrations constantes à l'intérieur de chaque maille. Par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Cependant, compte tenu de la qualité des données d'entrée et de la prise en compte par le modèle de phénomènes complexes (effets de la topographie, de vents, ...), on peut raisonnablement penser que les incertitudes liées à la modélisation sont faibles.

De plus, les données météorologiques prises en compte dans le modèle sont issues d'une station de Météo France implantée à environ 25 kilomètres à l'ouest du site. 2016, année sur laquelle la modélisation a été effectuée, est une année représentative des conditions climatiques de ces dernières années. La modélisation prend en compte toutes les conditions de vent, y compris les périodes de vent faible.

**Incidence sur le niveau de risque : réaliste.**

## 7.8 CHOIX DES PARAMÈTRES D'EXPOSITION

Un seul scénario a été considéré dans l'ERS, un scénario « maximum ». Ce scénario est majorant, et couvre largement l'ensemble des scénarios possibles du domaine d'étude (habitation, industrie, établissements sensibles).

Ce scénario a considéré des adultes et enfants exposés à la concentration maximale modélisée par le modèle de dispersion (et non à la concentration modélisée au niveau des cibles comme les habitations, les industries, les établissements sensibles). Il considère également une exposition 24h/24 et 365j/an aux rejets du site.

**Incidence sur le niveau de risque : surestimation.**

## 8. CONCLUSION

Cette étude a montré que les concentrations modélisées en NOx dans l'environnement autour de l'UVE restaient inférieures aux valeurs guides (valeurs réglementaires du Code de l'Environnement et recommandations de l'OMS) et ce, quel que soit le point qui a été considéré sur le domaine d'étude. De plus, les hypothèses retenues tout au long de l'étude présentaient un caractère globalement majorant.

**Ainsi, les rejets de NOx de l'UVE, dans le mode d'exploitation actuel, ne constituent pas un risque sanitaire pour les populations environnantes.**

**En conséquence, KERVAL Centre Armor demande un avis favorable à la demande de dérogation qui consiste à maintenir la valeur limite d'émission des NOx en sortie de cheminée à la valeur actuelle de l'arrêté préfectoral, soit 400 mg/Nm<sup>3</sup>, durant la période de transition jusqu'à la construction de la nouvelle installation. À noter que la nouvelle installation sera conforme aux exigences réglementaires, et notamment à la NEA-MTD relative aux rejets de NOx.**

**ANNEXE 2 : Guide INERIS des coûts des solutions à mettre en œuvre**

# Bienvenue sur l'outil de présentation des coûts et de calcul des RCE

Construit conjointement par le MTES et l'INERIS suite à un groupe de travail sur le dossier de demande de dérogation, et en lien avec toutes les parties prenantes, cet outil d'accompagnement du guide de dérogation a pour objectifs de :

- Faciliter la présentation des coûts de mise en œuvre de techniques MTD et des propositions alternatives par l'exploitant à l'inspection des installations classées pour l'environnement ;
- Calculer automatiquement les RCE associés aux techniques et propositions alternatives étudiées et présenter graphiquement les principales informations pour étayer efficacement les échanges à venir. Pour rappel, les RCE, et leur comparaison avec des valeurs de référence, ne sont qu'un élément de positionnement de la demande et de discussion avec l'inspection, sauf cas où la situation apparaîtrait particulièrement tranchée.

La grille de présentation des coûts permet à chaque exploitant de ventiler les coûts de manière détaillée par catégorie selon la pertinence de chacun d'entre eux pour les techniques étudiées. Il n'est pas nécessaire de les renseigner tous si un poste de coût n'est pas pertinent. Le renseignement des postes de coûts les plus faibles est laissé à la discrétion de l'exploitant.

Certains coûts peuvent être classiquement estimés par les exploitants comme un pourcentage d'un coût d'investissement. Cette approche est acceptable dans le calcul des coûts des techniques étudiées. En pratique, il convient d'afficher en Euros dans la case "coûts" correspondante la valeur traduisant le pourcentage proposé et de préciser en commentaire le pourcentage auquel cela correspond.

Différents onglets composent l'outil :

- "Technique en exploitation" : concerne les éléments de coûts et d'émissions relatifs à la technique épuratoire actuellement en place sur le site. A défaut, le renseignement du nom du polluant pour lequel est demandée la dérogation, ainsi que la quantité émise, est toutefois obligatoire ;
- "Xème scenario MTD" : concerne les éléments de coûts et d'émissions relatifs aux techniques MTD techniquement applicables pour le site. Suivant la technique considérée, certains champs ne sont pas pertinents ;
- "Xème proposition alternative" : concerne les éléments de coûts et d'émissions relatifs aux propositions alternatives qui pourraient être mises en place sur le site afin d'aboutir à un RCE acceptable. Il est demandé ici de proposer une solution que l'exploitant est prêt à mettre en œuvre qui, même si elle ne permet pas d'atteindre les performances associées aux MTD, conduisent à une réduction partielle des émissions à un coût acceptable. Parmi les scénarii qui peuvent être décrits ici, il peut être envisagé la mise en place d'une technique MTD étudiée mais avec un décalage dans le temps en raison d'un surcoût important lié à l'arrêt rendu nécessaire d'une installation de traitement récemment acquise. Suivant la proposition mise en avant, certains champs ne sont pas pertinents.

Scénario : **Technique actuellement en exploitation (business as usual)**  
 Technique évaluée : **Aucune technique en place**

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires	
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet	0		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)	0		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)	0		
		Tests et mise en service	0		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)	0		
		Equipement de réduction mis en œuvre	0		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...	0		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)	0		
		Valeur résiduelle des équipements à la date de démantèlement (si remplacement)	0		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement	0		
	Coûts financiers	Autres coûts (à spécifier)	0		
		Imprévus/Réserves (justifier si >30%)	0		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux...	0		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité	0		
		Gaz	0		
		Fioul domestique	0		
		Fioul lourd	0		
		Biomasse	0		
		Charbon	0		
		Autre (à spécifier)	0		
		Produits chimiques (réactifs...)	0		
		Eau	0		
	Consommables	Pièces détachées	0		
		Déchets (évacuation et traitement)	0		
		Traitement des eaux issues de la technique de réduction	0		
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)		0		
	Autres coûts (à spécifier)		0		
	Recettes, coûts évités, bénéfices	Recettes et revenus annuels	Perte de qualité produits, baisse de la production,...	0	
Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...			0		
Valeur de revente des équipements démantelés		0			
Coûts évités annuels		Taxes annuelles (ex : TGAP...)	0		
Autres bénéfices annuels (à spécifier)		Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité,...	0		
Subventions		Subventions reçues liées à l'investissement	0		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité		Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	0	
Année de mise en place de la technique actuellement en exploitation	0	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	0%	
Année de référence des coûts indiqués	0	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique en place. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités réelles après abattement obtenues grâce à la technique en place sur le périmètre pour lequel la dérogation est demandée.

Le gain supplémentaire qui pourrait être obtenu avec la mise en oeuvre des MTD sera établi dans les onglets de synthèse. Il convient de justifier en quoi les données reportées sont représentatives d'une année de production et de fonctionnement nominal.

Informations sur la consommation d'énergie		Consommation (en MWh/an)	Commentaires
Electricité		0	
Gaz		0	
Fioul domestique		0	
Fioul lourd		0	
Charbon		0	
Biomasse		0	
Autre combustible		0	

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre		Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?		non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)			

Informations sur les émissions de polluants		Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Sélectionnez ici le polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>		NOx	45 Flux actuel de NOX (données 2019-2020-2021)
Sélectionnez ici les autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénarii			

Si un polluant n'apparaît pas dans la liste, saisissez-le ici et déroulez à nouveau la liste pour le faire apparaître en tête de la liste déroulante

Informations sur les consommations d'eau		Consommation (en m3/an)	Commentaires
Indiquez ci-contre la consommation d'eau annuelle et celle-ci varie de manière significative selon les différents scénarii		0	

Informations sur les déchets		Quantité (en t/an)	Commentaires
Indiquez ci-contre un déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scénarii		0	

Informations sur les odeurs		Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scénarii		

Scenario : **1er scenario MTD**  
 Technique évaluée : **SNCR urée 150 mg/Nm3**

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet	108	Etudes sous-traitant : 8% montant des travaux estimé
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)	-	
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)	180	VRD réseaux zone dépotage, massifs pour cuve/pompes
		Tests et mise en service	22	3% montant des travaux estimé
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)	0	Négligeable
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre	600	Stockage et dépotage, injection, passerelles piquages
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...	120	Electricité et contrôle commande associés
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement	0	Négligeable, se fait sur un arrêt technique
Autres coûts (à spécifier)			Inclus dans d'autres postes	
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)		45	Aléas à 5% du montant des travaux
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...	10	Estimations assurances supplémentaires
		Electricité	11	9 kW consommés pendant 8000h/an
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
		Produits chimiques (réactifs,...)	27	Consommation d'urée, estimée à 2 kg/tonne incinérée
	Consommables	Eau		
		Pièces détachées	10	Frais de maintenance annuels estimés
		Déchets (évacuation et traitement)		
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			Aucun traitement nécessaire
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			Inclus dans d'autres postes
	Autres coûts (à spécifier)			Négligeable
Recettes, coûts évités, bénéfiques	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		Aucunes
		Valeur de revente des équipements démantelés		Aucun équipement démantelé
	Coûts évités annuels	Taxes annuelles (ex : TGAP,...)	0	Pas d'impact TGAP car VLE NOx > 80 mg/Nm3
		Autres bénéfices annuels (à spécifier)		
	Subventions	Subventions reçues liées à l'investissement		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité			Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	6		Déc 2023 - juillet 2029 (au maximum)
Année prévue de mise en place de l'investissement	2023		
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	2023		
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	4%		
Année de référence des coûts indiqués	2022		

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en MWh/an)	Commentaires
Electricité	-72	9 kW consommés pendant 8000h/an
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	<b>NOx</b>	30 Flux de NOx pour 150 mg/Nm3
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en m3/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scenarii	

Scénario : **2ème scénario MTD**  
 Technique évaluée : **SCR ammoniacale 80 mg/Nm3**

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet	402	Etudes sous-traitant : 8% montant des travaux estimé
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)	400	VRD réseaux zone dépotage, massifs pour équipements
		Tests et mise en service	89	3% montant des travaux estimé
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)	30	Démantèlement ventilateur tirage, Modifications gaines
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre	2 600	Stockage réactif, équipement SCR, nouveau ventilateur
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires, ...	320	Electricité et contrôle commande associés
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison, ...)		
		Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
	Coûts financiers	Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement	219	En partie sur temps arrêt technique, mais rajoute 1 semaine inclus dans d'autres postes
Autres coûts (à spécifier)				
Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			235	Aléas à 7% du montant des travaux
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux, ...	30	Estimations assurances supplémentaires
		Electricité	14	12 kW consommés pendant 8000h/an
	Energie	Gaz	0	Modification fonctionnement procédé pour éviter conso gaz
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
		Produits chimiques (réactifs, ...)	48	Conso eau ammoniacale, estimée à 2,5 kg/tonne incinérée
	Consommables	Eau		
Pièces détachées		20	Frais de maintenance annuels estimés	
Déchets (évacuation et traitement)				
Traitement des eaux issues de la technique de réduction				Aucun traitement nécessaire
Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)				Inclus dans d'autres postes
Autres coûts (à spécifier)		Perte de qualité produits, baisse de la production, ...		Négligeable
Recettes, coûts évités, bénéfices	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés, ...		Aucunes
	Coûts évités annuels	Valeur de revente des équipements démantelés		Aucun équipement démantelé
	Autres bénéfices annuels (à spécifier)	Taxes annuelles (ex : TGAP...)	0	Pas d'impact TGAP car Pe 65% non atteinte sur le site
	Subventions	Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité, ...		
		Subventions reçues liées à l'investissement		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	6 Déc 2023 - juillet 2029 (au maximum)
Année prévue de mise en place de l'investissement	2024
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	2025
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	4%
Année de référence des coûts indiqués	2022

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en t/an)	Commentaires
Electricité	-96	12 kW consommés pendant 8000h par an
Gaz		
Fioul domestique	-	
Fioul lourd	-	
Charbon	-	
Biomasse	-	
Autre combustible	-	

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	<b>NOx</b>	16 Flux de NOx pour 80 mg/Nm3
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en t/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scénarii	

Scénario : **5ème scénario MTD**  
 Technique évaluée :

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)		
		Tests et mise en service		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre		
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement		
Autres coûts (à spécifier)				
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité		
		Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
	Consommables	Produits chimiques (réactifs,...)		
		Eau		
		Pièces détachées		
	Déchets (évacuation et traitement)			
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			
	Autres coûts (à spécifier)	Perte de qualité produits, baisse de la production,...		
Recettes, coûts évités, bénéfiques	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		
	Coûts évités annuels	Valeur de vente des équipements démantelés		
	Autres bénéfices annuels (à spécifier)	Taxes annuelles (ex : TGAP, ...)		
	Subventions	Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité,...		
		Subventions reçues liées à l'investissement		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	
Année prévue de mise en place de l'investissement	
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	
Année de référence des coûts indiqués	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en MWh/an)	Commentaires
Electricité		
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	NOx	
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénari		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en m³/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scénari		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scénari		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scénari	

Scenario : **3ème scenario MTD**  
 Technique évaluée :

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)		
		Tests et mise en service		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre		
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement		
Autres coûts (à spécifier)				
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité		
		Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
	Consommables	Produits chimiques (réactifs,...)		
		Eau		
		Pièces détachées		
	Déchets (évacuation et traitement)			
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			
	Autres coûts (à spécifier)	Perte de qualité produits, baisse de la production...		
Recettes, coûts évités, bénéfiques	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		
	Coûts évités annuels	Valeur de revente des équipements démantelés		
	Autres bénéfiques annuels (à spécifier)	Taxes annuelles (ex : TGAP...)		
		Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité...		
		Subventions	Subventions reçues liées à l'investissement	

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	
Année prévue de mise en place de l'investissement	
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	
Année de référence des coûts indiqués	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en MWh/an)	Commentaires
Electricité		
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	<b>NOx</b>	
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en m³/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scenarii	

Scénario : **4ème scénario MTD**  
 Technique évaluée :

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)		
		Tests et mise en service		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre		
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement		
Autres coûts (à spécifier)				
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité		
		Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
	Consommables	Produits chimiques (réactifs,...)		
		Eau		
		Pièces détachées		
	Déchets (évacuation et traitement)			
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			
	Autres coûts (à spécifier)	Perte de qualité produits, baisse de la production,...		
Recettes, coûts évités, bénéfices	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		
	Coûts évités annuels	Valeur de revente des équipements démantelés		
	Autres bénéfices annuels (à spécifier)	Taxes annuelles (ex : TGAP, ...)		
	Subventions	Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité,...		
		Subventions reçues liées à l'investissement		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	
Année prévue de mise en place de l'investissement	
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	
Année de référence des coûts indiqués	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en t/an)	Commentaires
Electricité		
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	NOx	
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en t/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scénarii	

Scenario : **1ère proposition alternative**  
 Technique évaluée :

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)		
		Tests et mise en service		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre		
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement		
Autres coûts (à spécifier)				
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité		
		Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
	Consommables	Produits chimiques (réactifs,...)		
		Eau		
		Pièces détachées		
	Déchets (évacuation et traitement)			
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			
	Autres coûts (à spécifier)	Perte de qualité produits, baisse de la production...		
Recettes, coûts évités, bénéfiques	Recettes et revenus annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		
	Coûts évités annuels	Valeur de revente des équipements démantelés		
	Autres bénéfiques annuels (à spécifier)	Taxes annuelles (ex : TGAP...)		
		Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité...		
		Subventions	Subventions reçues liées à l'investissement	

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	
Année prévue de mise en place de l'investissement	
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	
Année de référence des coûts indiqués	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en t/an)	Commentaires
Electricité		
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	NOx	
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en t/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scenarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scenarii	

Scénario : **2ème proposition alternative**  
 Technique évaluée :

Catégories de coûts	Postes de coûts	Postes de coûts détaillés	Coûts en kEuros	Commentaires
Coûts d'investissement	Coûts liés à la mise en place de la technique	Etudes et ingénierie du projet (cahier des charges, étude de faisabilité, étude de conception), gestion de projet		
		Achat et préparation du site (dont frais d'urbanisme et de propriété)		
		Génie civil, construction de bâtiments nouveaux (incluant les fondations, gros et second œuvre)		
		Tests et mise en service		
		Coûts de modification ou de démantèlement d'équipements existants (si nécessaire)		
	Coûts liés à l'équipement de réduction et aux équipements auxiliaires pour le faire fonctionner	Equipement de réduction mis en œuvre		
		Equipements divers : auxiliaires, instrumentation, équipements de sécurité supplémentaires rendus nécessaires...		
		Autres coûts (y compris garantie, expédition, livraison...)		
	Coûts financiers	Valeur résiduelle des équipements à la date du démantèlement (si remplacement)		
		Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement		
Autres coûts (à spécifier)				
	Imprévus/Réserves (justifier si >30%)			
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels fixes	Coûts fixes	Assurance, brevets, frais généraux,...		
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables	Energie	Electricité		
		Gaz		
		Fioul domestique		
		Fioul lourd		
		Biomasse		
		Charbon		
		Autre (à spécifier)		
	Consommables	Produits chimiques (réactifs,...)		
		Eau		
		Pièces détachées		
	Déchets (évacuation et traitement)			
	Traitement des eaux issues de la technique de réduction			
	Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)			
	Autres coûts (à spécifier)			
Recettes, coûts évités, bénéfices	Recettes et revenus annuels	Perte de qualité produits, baisse de la production...		
	Coûts évités annuels	Vente d'électricité, de chaleur, vente de résidus, de produits chimiques recyclés...		
	Autres bénéfices annuels (à spécifier)	Valeur de revente des équipements démantelés		
	Subventions	Taxes annuelles (ex : TGAP,...)		
		Valorisation énergétique, amélioration de la qualité du produit, gains de productivité,...		
		Subventions reçues liées à l'investissement		

Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts efficacité	Commentaires
Durée de vie estimée de l'équipement (en années)	
Année prévue de mise en place de l'investissement	
Année prévue du démarrage de l'exploitation de l'équipement	
Taux d'emprunt en % (y compris assurances) (justifier si > 4% annuel)	
Année de référence des coûts indiqués	

Les données sur les consommations et émissions sont celles liées à la technique étudiée. Les consommations et émissions à reporter sont les quantités annuelles moyennes estimées après abattement obtenues grâce à la technique étudiée (et non la différence avec la situation actuelle).

Informations sur la consommation d'énergie	Consommation (en t/an)	Commentaires
Electricité		
Gaz		
Fioul domestique		
Fioul lourd		
Charbon		
Biomasse		
Autre combustible		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur ces consommations

Informations sur les émissions de gaz à effet de serre	Emissions (en t/an)	Commentaires
Le site est-il soumis aux ETS ?	non	
Rejet annuel de gaz à effet de serre (en eq CO2/an)		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette émission

Informations sur les émissions de polluants	Emissions (en t/an)	Commentaires
<b>Polluant pour lequel la dérogation est demandée</b>	NOx	
Autres polluants dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur l'émission d'un des polluants retenus

Informations sur les consommations d'eau	Consommation (en t/an)	Commentaires
Consommation d'eau annuelle si celle-ci varie de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur cette consommation

Informations sur les déchets	Quantité (en t/an)	Commentaires
Déchet dont les quantités varient de manière significative selon les différents scénarii		

Nota : reporter la même valeur que pour l'onglet "technique en exploitation" si la technique étudiée ici n'a pas d'influence sur la quantité de déchet générée

Informations sur les odeurs	Commentaires
Indiquez ci-contre, de manière qualitative ou quantitative, les informations utiles en lien avec l'impact olfactif ou le taux d'abattement des odeurs si l'un d'eux peut varier de manière significative selon les différents scénarii	

# Synthèse et comparaison des solutions étudiées

## Coûts annualisés (en kEuros)

		Coût d'investissement	Coût opérationnel annuel	Coût total annualisé (4% - 20 ans)	Coût total annualisé (10% - 10 ans)	Coût total annualisé (valeurs saisies)
Technique en exploitation	Aucune technique en place	0	0	0	0	#DIV/0!
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	1 075	58	137	222	276
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	4 294	113	429	789	985
3ème scénario MTD	s.o.	0	0	0	0	0
4ème scénario MTD	s.o.	0	0	0	0	0
5ème scénario MTD	s.o.	0	0	0	0	0
1ère proposition alternative	s.o.	0	0	0	0	0
2ème proposition alternative	s.o.	0	0	0	0	0

Nota : les subventions éventuelles ne sont pas prises en compte dans les coûts totaux annualisés

## Emissions évitées chaque année du polluant concerné par la demande de dérogation selon les scénarii étudiés

Quantité évitée du polluant concerné par la demande de dérogation

NOx

Technique	en t/an	
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	15
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	29
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.

## Ratios coûts-efficacité - RCE (en kEuros/t évitée)

Polluant concerné par la demande de dérogation

NOx

en k€/t évitée

Impact subventions et taxes sur le RCE (en k€/t évitée)

Technique	RCE (4%, 20 ans)	RCE (10%, 10 ans)	RCE (valeurs saisies)	RCE (4%, 20 ans)	RCE (10%, 10 ans)	RCE (valeurs saisies)
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	9,12	14,82	18,41	0,0	0,0
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	14,78	27,20	33,98	0,0	0,0
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	0,0	0,0
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	0,0	0,0
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	0,0	0,0
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	0,0	0,0
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	0,0	0,0

Autres émissions et consommations évitées chaque année selon les scénarii étudiés (NOTA : une valeur positive traduit une baisse des émissions/consommations, une valeur négative une hausse)

Autre polluant dont les émissions varient de manière significative selon les différents scénarii (quantité évitée par rapport à la situation actuelle)

Technique	Polluant						
	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

## Consommation d'eau évitée

Technique	en m3/an	
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	erreur
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	erreur
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.

## Génération de déchets évitée

Technique	en m3/an	
1er scénario MTD	CR urée 150 mg/Nm3	erreur
2ème scénario MTD	s.o.	s.o.
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.

## Consommation d'énergie évitée

Technique	Combustible						
	Electricité	Gaz	Fioul domestique	Fioul lourd	Charbon	Biomasse	Autre combustible
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3	72	erreur	erreur	erreur	erreur	erreur
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3	96	erreur	erreur	erreur	erreur	erreur
3ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

## Odeurs

Technique	
Technique en exploitation	0
1er scénario MTD	SNCR urée 150 mg/Nm3
2ème scénario MTD	SCR ammoniacale 80 mg/Nm3
3ème scénario MTD	s.o.
4ème scénario MTD	s.o.
5ème scénario MTD	s.o.
1ère proposition alternative	s.o.
2ème proposition alternative	s.o.



Thème	Onglet	Commentaire
Coût du capital	Tous	Les coûts du capital associés à l'investissement dans une MTD ou une proposition alternative ne sont pas demandés directement dans la grille de présentation des coûts. Ceux-ci sont intégrés dans le calcul des différents ratio coûts / efficacité calculés à travers les taux d'annualisation retenus de 4%, 10% et celui considéré par l'exploitant pour son installation. Le taux d'emprunt propre à l'exploitant est demandé dans la partie "Informations additionnelles nécessaires à l'établissement du ratio coûts / efficacité" pour chaque technique étudiée.
Taux d'emprunt	Tous	Le taux d'emprunt à renseigner par l'exploitant pour chaque technique qu'il étudie dans le cadre de sa demande de dérogation est utilisé en tant que taux d'annualisation dans l'onglet "synthèse - RCE" pour calculer le RCE propre au site appelé "RCE(valeurs saisies)".
Quantité de polluants évitée	Synthèse - RCE	La quantité de polluants évités correspond à la différence entre la quantité de polluants émise dans la situation actuelle reportée à l'onglet "technique en exploitation" et la quantité reportée dans chaque onglet correspondant à une technique étudiée.
Coûts de perte de production lors de l'installation de l'équipement	Tous	La mise en service de l'installation ou de l'équipement peut occasionner une perte de production, mais qui peut être minimisée en synchronisant la mise en service avec une opération de maintenance par exemple.
Coûts fixes - Assurance, brevets, frais généraux,...	Tous	Ils peuvent être exprimés comme un pourcentage du coût de l'équipement, mais en explicitant clairement ce pourcentage et en renseignant le montant en Euros correspondant.
Coûts de maintenance et d'exploitation annuels variables - Coûts salariaux (y compris la formation du personnel)	Tous	Ces coûts seront estimés de préférence par le nombre d'hommes.mois multiplié par le salaire moyen du secteur. A défaut, ils pourront être exprimés comme un pourcentage du coût de l'équipement, mais en explicitant ce pourcentage et en renseignant le montant en Euros correspondant.
Coût total annualisé (4% - 20 ans)	Synthèse - RCE	Ce coût total annualisé est basé sur la formule d'annualisation suivante : coûts investissements*t*(1+t)^n/((1+t)^n-1)+Coût opérationnel annuel avec t = taux d'annualisation = 4% et n = durée de vie des matériels et génie civil = 20 ans
Coût total annualisé (10% - 10 ans)	Synthèse - RCE	Ce coût total annualisé est basé sur la formule d'annualisation suivante : coûts investissements*t*(1+t)^n/((1+t)^n-1)+Coût opérationnel annuel avec t = taux d'annualisation = 10% et n = durée de vie des matériels sur 10 ans et génie civil sur 30 ans
Coût total annualisé (valeurs saisies)	Synthèse - RCE	Ce coût total annualisé est basé sur la formule d'annualisation suivante : coûts investissements*t*(1+t)^n/((1+t)^n-1)+Coût opérationnel annuel avec t = taux d'annualisation = taux d'emprunt saisi par l'exploitant et n = durée de vie des matériels et génie civil sur la durée de vie matériels saisie dans l'onglet correspondant à la technique considérée

**ANNEXE 3 : Rapport d'essais pour la mise en place d'une DeNOx SNCR**

# UVE Kerval PLANGUENOUAL (22)

## Mesures et essais pour la mise en place d'une DeNOx SNCR

### RAPPORT TECHNIQUE

A	03/10/2022	Première émission	A. PERRICHON	J. LARGUIER
Rév	Date JJ/MM/AA	OBJET	REDIGE PAR : (nom & visa)	VERIFIE PAR : (nom & visa)

#### REVISIONS DU DOCUMENT

Ce document est strictement confidentiel. Il est la propriété du Client dont le nom est mentionné plus haut. La reproduction ou la divulgation à des tiers de tout ou partie du document est strictement interdite sans son autorisation écrite

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Rappel sur l'abattement des oxydes d'azote par SNCR.....</b>	<b>5</b>
2.1 Différentes techniques DeNOx.....	5
2.2 Principe de fonctionnement.....	7
<b>3. Mesures de température.....</b>	<b>8</b>
3.1 Principe de la mesure.....	8
3.2 Emplacement des différents piquages.....	8
3.3 Résultats des mesures de température.....	10
3.4 Analyse des températures.....	12
<b>4. Injection de réactif.....</b>	<b>14</b>
4.1 Méthode de dosage et d'injection.....	14
4.2 Moyens de mesure des polluants.....	15
4.3 Débit de réactif.....	16
4.4 Résultats et interprétation des essais.....	18
4.4.1 Tableau de résultats.....	18
4.4.2 Courbes de rendement / fuites ammoniac.....	19
4.4.3 Calcul du temps de séjour.....	21
4.4.4 Interprétation des résultats.....	22
<b>5. Analyse du fonctionnement annuel.....</b>	<b>25</b>
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>27</b>

## Table des figures

Figure 1 : Influence de la température et du rapport molaire NH/NO sur le rendement DeNOx par SNCR.....	6
Figure 2 : Emplacement des piquages.....	9
Figure 3 : Mesures de température effectuées le 20/09/2022.....	12
Figure 4 : Mesures de température effectuées le 21/09/2022.....	12
Figure 5 : Skid mobile d'injection PROSSERGY.....	14
Figure 6 : Canne d'injection PROSSERGY.....	15
Figure 7 : Fonctionnement de l'analyseur NH <sub>3</sub> PROSSERGY.....	15
Figure 8 : Mesure d'ammoniac.....	16
Figure 9 : Efficacité de la DeNOx en fonction du rapport NH / NO.....	19
Figure 10 : Comparaison efficacité / fuite ammoniac - Piquage 1.....	19
Figure 11 : Comparaison efficacité / fuite NH <sub>3</sub> - Piquage 2.....	20
Figure 12 : Comparaison efficacité / fuite NH <sub>3</sub> - Piquage 3.....	20
Figure 13 : Comparaison efficacité / fuite ammoniac - Piquage 4.....	21
Figure 14 : Dimensions de la chambre de post combustion - calcul du temps de séjour.....	22
Figure 15 : Mesures de température de janvier à juin 2022.....	25

## Table des tableaux

Tableau 1 : Résumé comparatif des procédés par SCR et des procédés par SNCR.....	6
Tableau 2 : Description des piquages.....	9
Tableau 3 : Mesures de température.....	10
Tableau 4 : Calcul du débit de réactif en fonction du rapport NH / NO et de la dilution.....	17
Tableau 5 : Résultats des essais DeNOx.....	18
Tableau 6 : Moyennes et intervalles de température.....	26

## 1. Introduction

SUEZ opère le centre de traitement et de valorisation des déchets de Kerval dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Capacité : 1 ligne de traitement de 5,6 t/h (pointes à 5,9 t/h)
- Système de combustion : Four oscillant LBI
- Chaudière : -
- Production : -

Les émissions actuelles en NOx sont comprises entre 300 et 400 mg/Nm<sup>3</sup> à 11% d'O<sub>2</sub>.

Les futures réglementations environnementales vont abaisser la valeur limite d'émission en NOx à 180 mg/Nm<sup>3</sup>.

Le présent rapport résume les mesures de températures et essais d'injection de réactif réalisés du 20/09/2022 au 22/09/2022 afin de définir les domaines d'application et performances de la SNCR.

## 2. Rappel sur l'abattement des oxydes d'azote par SNCR

### 2.1 Différentes techniques DeNOx

Dans le domaine de la combustion, on distingue deux types de stratégie pour réduire les rejets d'oxydes d'azote :

- Les mesures primaires. Elles consistent à organiser le procédé de combustion de telle façon qu'il émette peu ou pas de NOx. Elles dépendent de l'origine des NOx. On ne développera pas les mêmes stratégies pour des NOx thermiques seuls ou des NOx dont la composante « combustible » est majoritaire. Parmi les nombreuses solutions primaires possibles, il y a par exemple :
  - o la modification des réglages des brûleurs et/ou l'ajout d'additifs au combustible, pour permettre en particulier de fonctionner avec de faibles excès d'air tout en limitant la formation d'imbrûlés ;
  - o l'utilisation de brûleurs bas-NOx ;
  - o l'étagement de l'air (OFA) ;
  - o la recombustion (reburning) ;
  - o le recyclage des fumées ;
  - o l'utilisation de systèmes de combustion réputés pour être faiblement émetteurs de NOx, tels que les lits fluidisés circulants.**Avec les mesures primaires, on est dans le traitement préventif.**
- Les mesures secondaires. Elles traitent les oxydes d'azote une fois formés. **On est dans le domaine du curatif.** Il existe théoriquement de nombreux procédés possibles :
  - o réduction sélective non catalytique sélective (SNCR) ;
  - o réduction catalytique sélective (SCR) ;
  - o réduction catalytique non sélective (NSCR) ;
  - o traitement à l'eau oxygénée ;
  - o etc. ;

mais les seules réellement utilisées sont les deux premières. Dans les deux cas, il s'agit de faire réagir de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  ou de l'urée  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  avec les NOx pour aboutir à de l'azote moléculaire  $\text{N}_2$ . Les procédés par SCR mettent en œuvre un catalyseur, contrairement aux procédés par SNCR ; ce qui permet d'abaisser la température de traitement (Tableau 1 : Résumé comparatif des procédés par SCR et des procédés par SNCR

).

	SCR	SNCR
Catalyseur	Oui (oxydes métalliques ou zéolithes)	Non
Température	250 – 450 °C <sup>(1)</sup>	850 – 1050 °C
Réactifs	NH <sub>3</sub> (ou NH <sub>3</sub> préparé à partir d'urée), CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	NH <sub>3</sub> , CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>
Rendement DeNOx	> 95 %	Jusqu'à 60 % <sup>(3)</sup>

**Tableau 1 : Résumé comparatif des procédés par SCR et des procédés par SNCR**

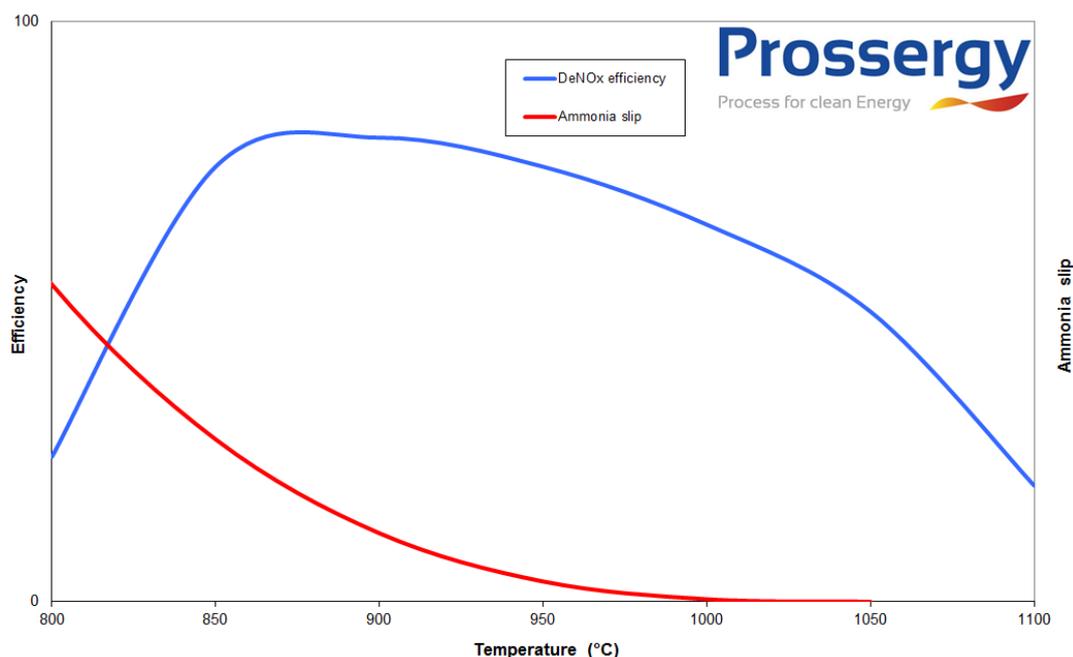
(1) : Possibilité d'aller jusqu'à 500 – 550 °C avec les catalyseurs à base de zéolithes

(2) : En applications stationnaires, l'ammoniac est le réactif le plus utilisé pour la SCR.

(3) : Possibilité d'aller au-delà de 60 % avec des conditions particulières

Les traitements secondaires pour la réduction des oxydes d'azote concernent essentiellement les fours et chaudières brûlant des combustibles solides ou des combustibles liquides. Dans le cas du gaz naturel, les techniques primaires de réduction des NOx, telles que les brûleurs bas-NOx, suffisent à satisfaire aux réglementations actuelles sur les rejets de polluants à l'atmosphère.

Avec les procédés par SCR, le réactif est efficace quasiment à 100 %. Ainsi, pour une mole de NH<sub>3</sub> introduite, on élimine 98 à 99 % d'une mole de NO. Par contre, ce n'est pas le cas avec la SNCR, car une fraction non négligeable du réactif est détruite par oxydation pure et simple avant de réagir avec NO. Dans ces conditions, on est contraint de mettre 2 à 3 fois plus de réactif que ce qu'exige la stricte stœchiométrie (Figure 1). C'est ce qui explique l'écart de rendement DeNOx entre la SCR et la SNCR.



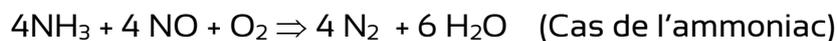
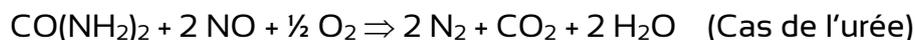
**Figure 1 : Influence de la température et du rapport molaire NH/NO sur le rendement DeNOx par SNCR**

Le rendement DeNOx des deux procédés dépend également des conditions de leur mise en œuvre. Il faut que l'injection soit réalisée de telle sorte que le réactif soit uniformément réparti sur le flux de fumées à traiter et en restant toujours dans la plage de température optimale. Ce dernier point est important, sachant que les profils de température dans les fours et chaudières peuvent varier avec l'allure.

## 2.2 Principe de fonctionnement

Dès que le réactif est introduit dans le four (prenons le cas de l'urée), il se décompose très rapidement en espèces chimiques (ammoniac en particulier) qui réagissent avec les NOx pour donner de l'azote moléculaire N<sub>2</sub>.

La réaction principale est la suivante :



Elle est en compétition avec d'autres réactions comme l'oxydation de l'ammoniac. C'est la raison pour laquelle il faut un excès substantiel de réactif par rapport à la quantité de NOx à abattre (Figure 1). Ces autres réactions conduisent à la formation de produits secondaires non désirés : CO, NH<sub>3</sub> et N<sub>2</sub>O.

Quand la température est supérieure à 1050 °C, le rendement DeNOx chute à cause de l'oxydation de l'ammoniac en NOx. Si la température dans la zone d'injection est supérieure à 1150 – 1200 °C, on peut même produire des NOx au lieu de les abattre. Aux températures inférieures à 900 °C, les vitesses des réactions chimiques sont plus lentes et c'est ce qui explique la baisse de rendement. L'oxydation de CO et de NH<sub>3</sub> peut ne pas être complète.

La teneur en NH<sub>3</sub> dans les fumées est limitée et assortie d'une VLE (Valeur Limite d'Emission), dans le cas de la mise en place d'une SNCR.

La présence d'ammoniac dans les fumées est également à éviter car ce composé peut former des sels d'ammonium fusibles qui encrassent et corrodent les installations, en particulier le sulfate d'ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et le bisulfate d'ammonium NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> qui se forment avec les oxydes de soufre présents dans les fumées et dont les points de fusion respectifs sont de 280 et 147 °C.

Il est donc primordial que l'injection du réactif soit effectuée à bonne température afin de garantir les performances de la SNCR tout en évitant la formation de composés indésirables.

## 3. Mesures de température

L'objectif de ces mesures de température est de déterminer le ou les emplacements pour lesquels une injection de réactif permettrait d'abattre les émissions de NOx.

Dans la plupart des fours et chaudières, les températures locales de la phase gazeuse sont mal ou pas connues, car elles dépendent de très nombreux facteurs :

- Type de chaudière
- Type de dispositif de combustion (grille, rouleaux, four oscillant, lit fluidisé ... etc.)
- Réglages de combustion,
- Nature du combustible employé ;
- Géométrie de la chambre de combustion et de la chaudière ;

### 3.1 Principe de la mesure

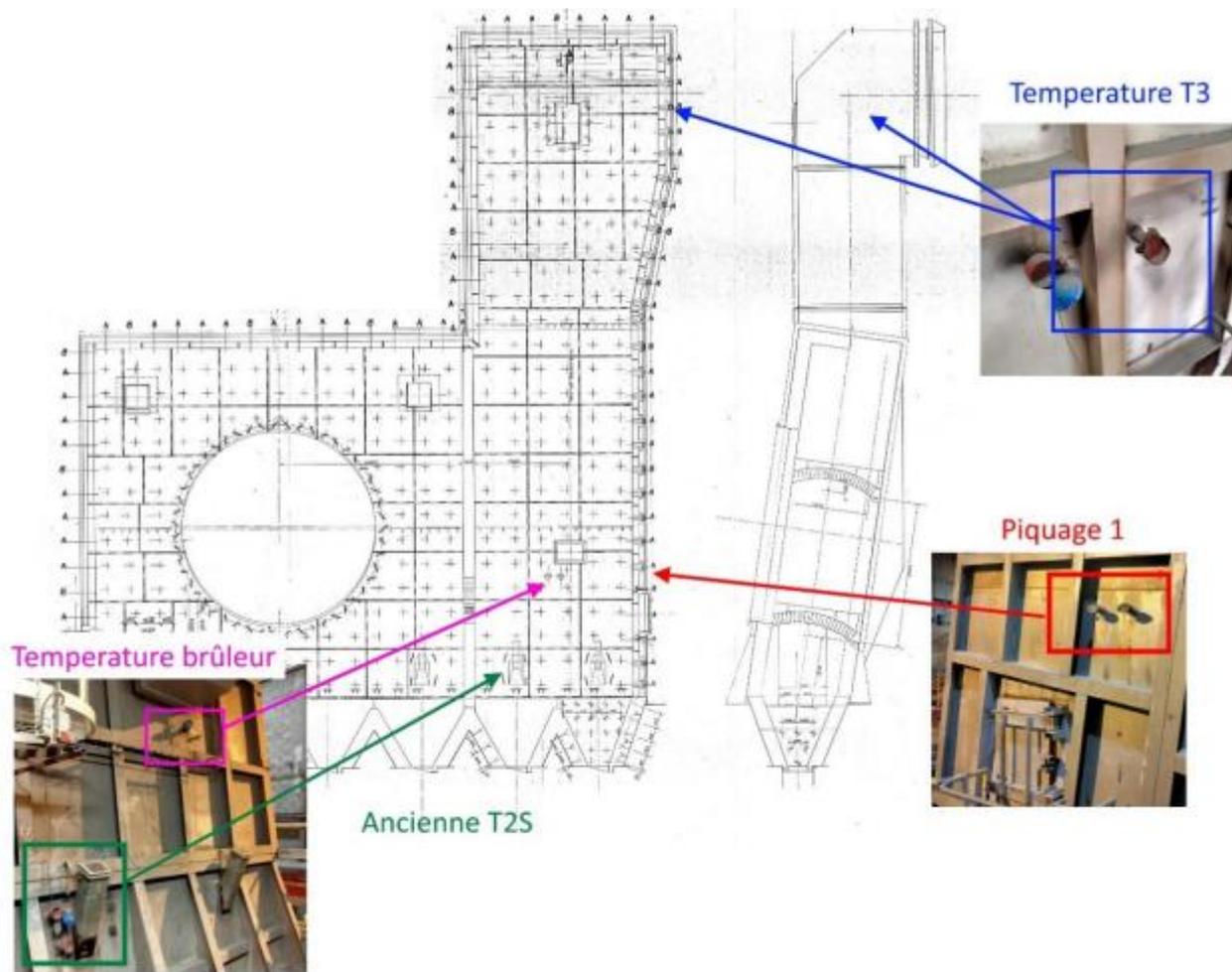
Les mesures de température ont été réalisées à l'aide d'un thermocouple simple via les piquages existants. Pour chaque piquage, la température est mesurée à différentes profondeurs d'insertion afin d'examiner la zone de mesure.

### 3.2 Emplacement des différents piquages

Dans le présent rapport, les façades de la chaudière seront dénommées comme suit :

- Façade avant : façade au droit de l'introduction du combustible
- Façade arrière : façade opposée à la façade avant
- Façade droite : façade à droite lorsque l'on se situe face à la façade avant
- Façade gauche : façade à gauche lorsque l'on se situe face à la façade avant

Les mesures ont été réalisées sur les façades avant et droite à l'aide des quatre piquages indiqués sur la photo ci-dessous :



**Figure 2 : Emplacement des piquages**

Afin de faciliter l'exploitation des données, des numéros ont été attribués à chacun de ces piquages.

Numéro du piquage	Nom du piquage	Emplacement
1	Piquage 1	Bas chambre combustion, façade droite
2	Ancienne T2S	Ancienne T2S, façade avant
3	Température brûleur	Température brûleur, façade avant
4	Température T3	Entrée chaudière, façade droite

**Tableau 2 : Description des piquages**

### 3.3 Résultats des mesures de température

Les mesures de température ont été réalisées sur les quatre piquages, tous les 20cm de pénétration dans le foyer, de 20 à 100cm.

Afin d'évaluer la répétabilité de la mesure, les mêmes prises de température ont été effectuées à un jour d'intervalle.

Celles-ci ont également été comparées avec les valeurs enregistrées provenant des sondes de l'installation en place au moment de la mesure.

La mesure de température pour le piquage 4 correspond à la mesure de la sonde T3, située à côté. Les mesures aux emplacements exacts des piquages 1 à 3 n'étant pas disponibles, les mesures associées à ces trois piquages proviennent de la sonde T2S, située à proximité en bas de la chambre de post combustion.

Les mesures sont répertoriées dans le tableau suivant :

Piquage	Heure début	Heure fin	Température (°C)					Mesures de température enregistrées (°C)
			Longueur d'insertion de la canne (cm)					
			20	40	60	80	100	
<b>20/09/2022</b>								
1	8h54	9h04	790	810	830	860	785	829
2	9h32	9h44	840	860	920	875	875	862
3	9h15	9h26	840	860	800	810	820	837
4	9h56	10h06	810	840	810	830	850	819
<b>21/09/2022</b>								
1	16h14	16h24	770	840	870	800	790	785
2	11h30	11h40	850	930	810	880	870	816
3	17h18	17h28	800	840	860	810	820	795
4	9h23	9h33	820	870	830	825	830	835

**Tableau 3 : Mesures de température**

Remarques :

On constate que les températures mesurées à l'aide du thermocouple sont proches de celles enregistrées par les sondes, ce qui confirme la fiabilité des deux types de mesures.

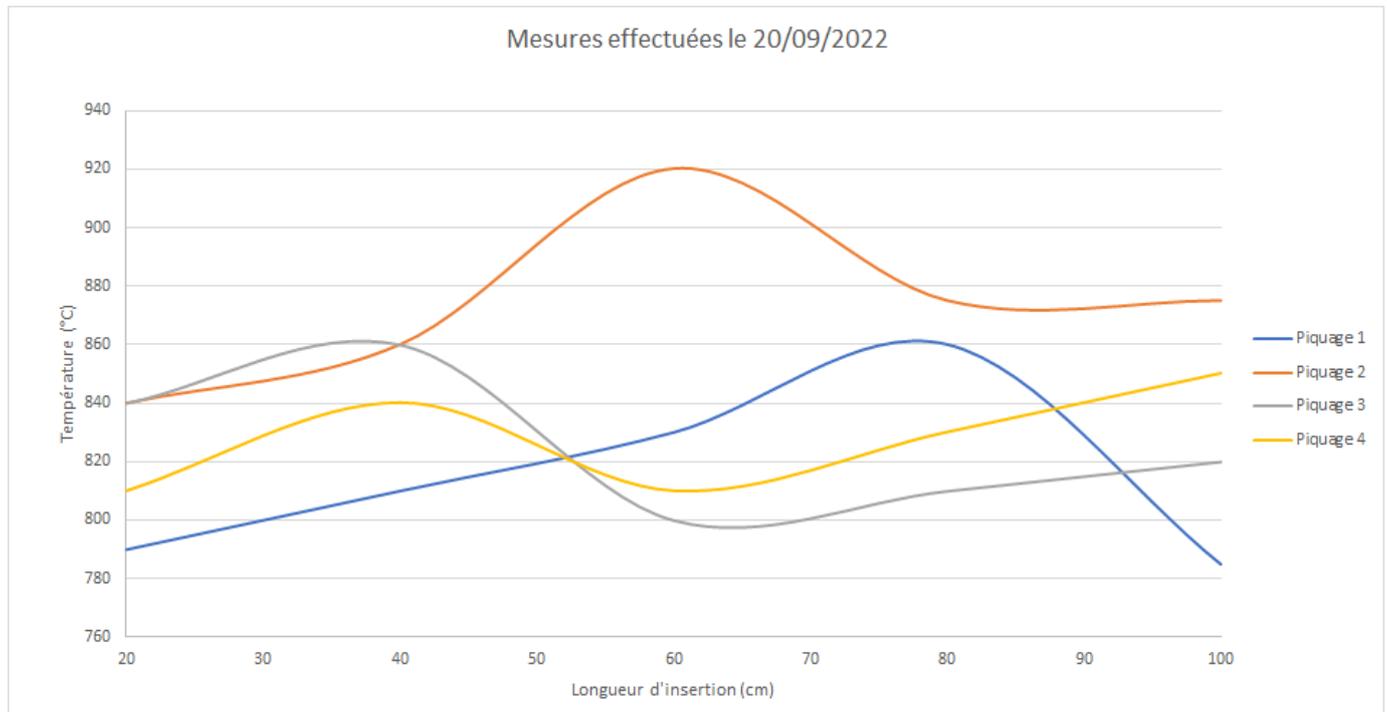
Les valeurs de température affichées dans ce tableau n'ont pas été mesurées à un instant précis. Chaque valeur est une moyenne des températures mesurées par le thermocouple sur une plage de temps d'environ 2 minutes.

Les températures mesurées à l'entrée de la chaudière (piquage 4) sont plutôt constantes. L'écart entre les mesures minimum et maximum effectuées sur cette plage de 2 minutes ne dépasse pas les 50°C.

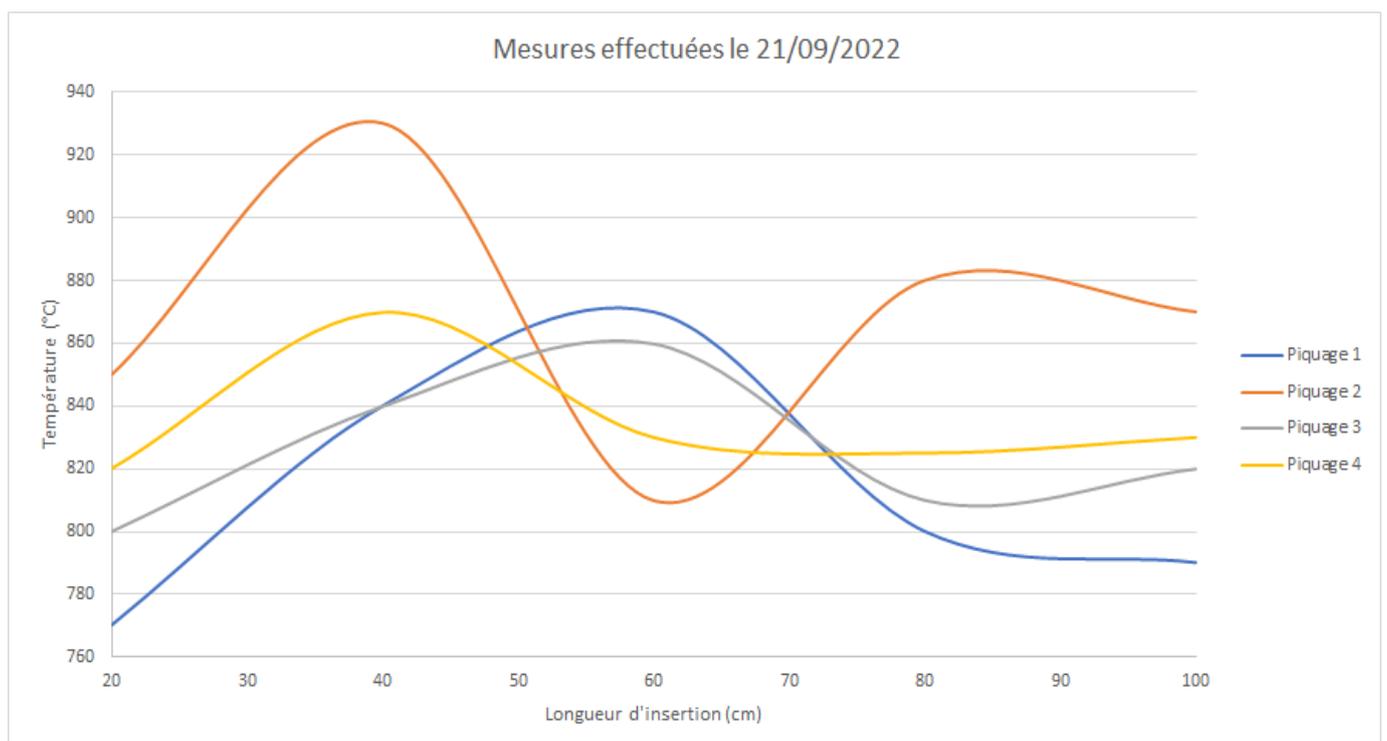
En revanche, les températures mesurées en bas de la chambre de post combustion (piquage 1, 2 et 3) sont davantage fluctuantes, l'écart entre les mesures minimum et maximum pouvant aller au-delà de 100°C. Par exemple, la valeur de 920°C mesurée le 20/09/2022 dans le piquage 2 est une moyenne calculée à partir de températures variant de 840°C à 960°C, soit ayant 120°C d'écart.

### 3.4 Analyse des températures

L'évolution de la température selon la longueur d'insertion du thermocouple a été tracée pour chaque piquage et chaque série de mesures :



**Figure 3 : Mesures de température effectuées le 20/09/2022**



**Figure 4 : Mesures de température effectuées le 21/09/2022**

Ces résultats démontrent que :

- Comme mentionné précédemment, les températures sont très fluctuantes. Par exemple, les mesures à 60cm dans le piquage 2 indiquent des températures de 810°C et de 920°C à deux instants différents.
- Les températures mesurées par le thermocouple et celles mesurées par les sondes en place sur le site
- Les températures en bas de la chambre de post combustion et à l'entrée de la chaudière sont du même ordre de grandeur, donc la température est maintenue constante entre ces deux points. Cela signifie qu'en cas d'injection de réactif en bas de la chambre de post combustion, le temps de séjour serait relativement élevé
- Les températures en bas de la chambre de post combustion et à l'entrée de la chaudière sont à priori compatibles avec la mise en place d'une SNCR.

D'après ces mesures de température, l'injection de réactif devrait donner des résultats concluants en termes d'abattement des oxydes d'azote au niveau des quatre piquages.

Des essais d'injection ont donc été réalisés afin d'identifier la configuration permettant d'obtenir le meilleur rendement tout en évitant les fuites d'ammoniac en cheminée.

## 4. Injection de réactif

Afin de valider la compatibilité des températures avec la mise en place de la SNCR, il est nécessaire de réaliser des injections de réactif afin d'évaluer l'impact sur l'abattement des NOx et la fuite de NH<sub>3</sub>.

La VLE à respecter pour les NOx est de 180 mg/Nm<sup>3</sup>, avec une concentration actuelle d'environ 350 mg/Nm<sup>3</sup>. Il est donc nécessaire de vérifier s'il existe des conditions permettant d'atteindre un abattement d'environ 50% tout en limitant les fuites d'ammoniac.

### 4.1 Méthode de dosage et d'injection

Les essais SNCR par les piquages disponibles ont été réalisés à l'aide d'une installation d'injection mobile. Celle-ci est munie d'une pompe permettant d'atteindre une pression de 10 bars et d'un débitmètre afin de doser la quantité de réactif introduit dans les fumées.



Figure 5 : Skid mobile d'injection PROSSERGY

Ce skid mobile est relié à des cannes équipées de buses de pulvérisation qui permettent d'introduire le réactif dans les piquages.

Les buses sont mécaniques, c'est-à-dire non assistées par de l'air comprimé.

La variation de débit s'effectue par la variation de la pression de pulvérisation et le changement successif de la taille de buse.

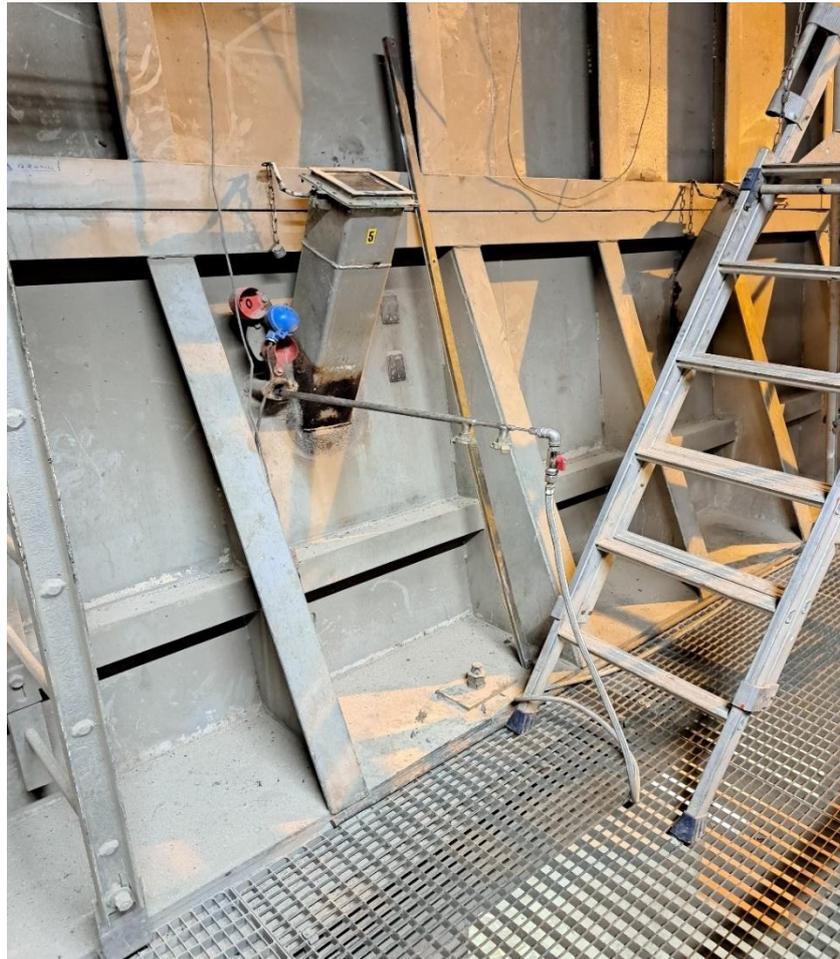


Figure 6 : Canne d'injection PROSSERGY

## 4.2 Moyens de mesure des polluants

Les mesures de débits fumées et NOx sont issues des instruments / analyseurs en cheminée.

La mesure de la température à l'entrée de la chaudière est issue de la sonde T3.

Un analyseur a été mis en place au niveau de la cheminée afin de mesurer la fuite de NH<sub>3</sub> lors de l'injection du réactif.

SONDE DE PRELEVEMENT



LIGNE CHAUFFEE



ANALYSEUR



Figure 7 : Fonctionnement de l'analyseur NH<sub>3</sub> PROSSERGY

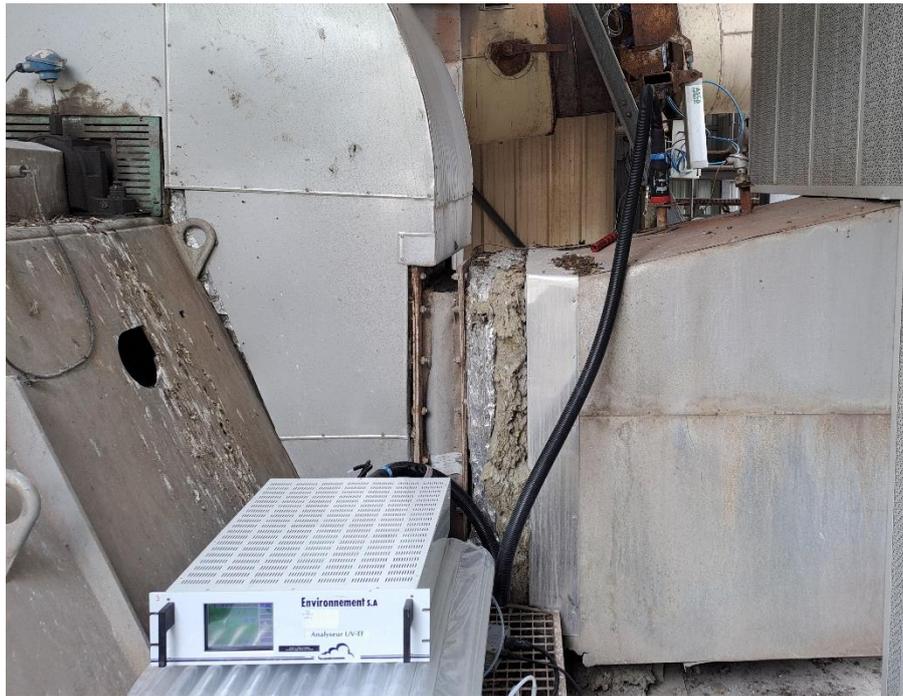


Figure 8 : Mesure d'ammoniac

### 4.3 Débit de réactif

Le réactif utilisé est une solution d'urée à 44%. Afin d'obtenir un débit suffisant aux injecteurs, la solution est diluée à 5,4% ou 12,3% en fonction des essais.

Toutes les valeurs données dans les tableaux sont exprimées sur gaz sec, corrigées à 11% d'O<sub>2</sub> et sans retrait de l'intervalle de confiance.

A la charge nominale, le niveau de NOx primaires en sortie chaudière est compris entre 300 mg/Nm<sup>3</sup> et 400 mg/Nm<sup>3</sup>.

L'efficacité de la réaction doit être mise en relation avec la quantité de réactif injecté dans les fumées, définie par le rapport NH/NO, qui est le ratio molaire entre le NH injecté et le NO présent initialement dans les fumées.

A partir de la concentration en NOx dans les fumées ainsi que du débit de fumées, il est possible de calculer le débit de la solution d'urée à injecter en fonction du rapport NH/NO.

Les valeurs de teneur en NOx initiale et de débit de fumées sec sont les moyennes des valeurs mesurées pour l'ensemble des essais effectués.

Débit moyen fumées sec	22 816			Nm <sup>3</sup> /h à 11% d'O <sub>2</sub>		
Teneur en NOx initiale	353			mg/Nm <sup>3</sup> à 11% d'O <sub>2</sub>		
Solution d'urée à 44%						
Rapport NH/NO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Débit réactif (kg/h)	6,0	11,9	17,9	23,9	29,8	35,8
Débit réactif (L/h)	5,3	10,7	16,0	21,3	26,6	32,0
Solution d'urée à 12,3%						
Rapport NH/NO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Débit réactif (kg/h)	21,4	42,7	64,1	85,4	106,8	128,1
Débit réactif (L/h)	19,1	38,1	57,2	76,3	95,3	114,4
Solution d'urée à 5,4%						
Rapport NH/NO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Débit réactif (kg/h)	48,6	97,3	145,9	194,5	243,2	291,8
Débit réactif (L/h)	43,4	86,8	130,3	173,7	217,1	260,5

**Tableau 4 : Calcul du débit de réactif en fonction du rapport NH / NO et de la dilution**

Le rapport NH/NO sera constamment recalculé avec les conditions réelles d'essais.

## 4.4 Résultats et interprétation des essais

### 4.4.1 Tableau de résultats

Les résultats sont classés par piquage et par ordre de rapport NH/NO croissant dans le tableau suivant :

Jour	Réactif Urée (%)	N° Piquage	Heure début	Heure fin	Nox à 11% O2 (mg/Nm3) Ic non déduit		Débit fumées sec corrigé 11% O2 (Nm <sup>3</sup> /h)	NH3 corrigé 11% O2 sur gaz sec (mg/Nm <sub>3</sub> )	T entrée chaudière (T3, °C)	Rendement DeNOx	Débit réactif injecté (L/h)	Rapport NH/NO <sub>initial</sub>
					Avant injection	Après injection						
<b>PIQUAGE 1</b>												
21-sept	5,4	1	9h54	10h12	375	340	22228	-	818	9%	33,6	0,37
21-sept	5,4	1	9h40	9h54	375	300	24396	-	839	20%	45,6	0,45
21-sept	5,4	1	9h25	9h40	375	275	24566	-	837	27%	64,8	0,64
21-sept	5,4	1	12h16	12h31	350	240	23794	-	822	31%	66	0,72
21-sept	5,4	1	12h00	12h16	350	175	23905	-	824	50%	90	0,98
21-sept	5,4	1	11h43	12h00	350	120	25057	-	829	66%	126	1,31
21-sept	5,4	1	15h53	16h03	360	100	23662	-	810	72%	168	1,80
21-sept	5,4	1	15h43	15h53	360	75	23777	63,2	808	79%	222	2,36
21-sept	5,4	1	15h33	15h43	360	25	23499	105,9	809	93%	324	3,49
21-sept	5,4	1	14h38	14h56	240	70	16124	208,3	763	71%	324	7,63
<b>ANCIENNE T2S</b>												
20-sept	5,4	2	11h57	12h12	350	320	22393	-	836	9%	33	0,38
20-sept	5,4	2	12h12	12h36	350	300	19184	-	817	14%	46,8	0,63
20-sept	5,4	2	11h01	11h18	360	250	22695	-	826	31%	62,4	0,70
20-sept	5,4	2	11h39	11h57	350	250	22573	-	832	29%	60	0,69
20-sept	5,4	2	16h41	16h57	350	275	24100	2,7	847	21%	72	0,78
20-sept	5,4	2	14h54	15h15	270	210	21645	-	807	22%	64,8	1,01
20-sept	5,4	2	16h25	16h41	350	200	24450	2,3	850	43%	90	0,96
22-sept	12,3	2	12h10	12h21	360	180	24539	1,5	840	50%	42	0,99
20-sept	5,4	2	16h05	16h25	350	150	24914	-	859	57%	126	1,32
22-sept	12,3	2	12h00	12h10	360	135	24150	0,5	835	63%	60	1,43
22-sept	5,4	2	10h43	10h54	350	115	23712	5,4	825	67%	168	1,84
22-sept	12,3	2	11h49	12h00	360	80	23830	0,5	832	78%	86	2,09
22-sept	5,4	2	10h33	10h43	350	75	23201	35,1	823	79%	228	2,56
22-sept	12,3	2	15h23	15h48	375	100	20355	1,3	807	73%	96	2,61
22-sept	12,3	2	15h10	15h23	375	70	21149	21,9	811	81%	132	3,45
22-sept	5,4	2	10h22	10h33	350	50	23133	63,7	829	86%	326	3,67
22-sept	12,3	2	14h59	15h10	375	50	21261	74,7	815	87%	186	4,84
<b>TEMPERATURE BRÛLEUR</b>												
21-sept	5,4	3	18h00	18h15	350	210	24612	5,2	827	40%	63	0,67
21-sept	5,4	3	17h45	18h00	350	170	25242	4,0	825	51%	90	0,93
21-sept	5,4	3	17h30	17h45	350	140	23401	2,5	814	60%	129	1,43
21-sept	5,4	3	16h54	17h04	375	130	21003	21,7	793	65%	165	1,91
21-sept	5,4	3	16h44	16h54	375	100	21325	57,0	794	73%	225	2,56
21-sept	5,4	3	16h34	16h44	375	60	21593	118,1	797	84%	330	3,71
<b>T3</b>												
20-sept	5,4	4	18h10	18h25	350	260	22862	2,8	821	26%	54	0,61
20-sept	5,4	4	15h20	15h37	350	250	22615	-	795	29%	58,8	0,68
20-sept	5,4	4	17h54	18h10	350	225	20954	0,3	812	36%	81	1,01
20-sept	5,4	4	17h28	17h54	350	200	22293	1,6	826	43%	126	1,47

**Tableau 5 : Résultats des essais DeNOx**

*Remarque : les valeurs indiquées par un « - » ne signifient pas que la valeur mesurée est égale à 0 mais que la mesure n'a pas été effectuée (dysfonctionnement de l'analyseur).*

### 4.4.2 Courbes de rendement / fuites ammoniac

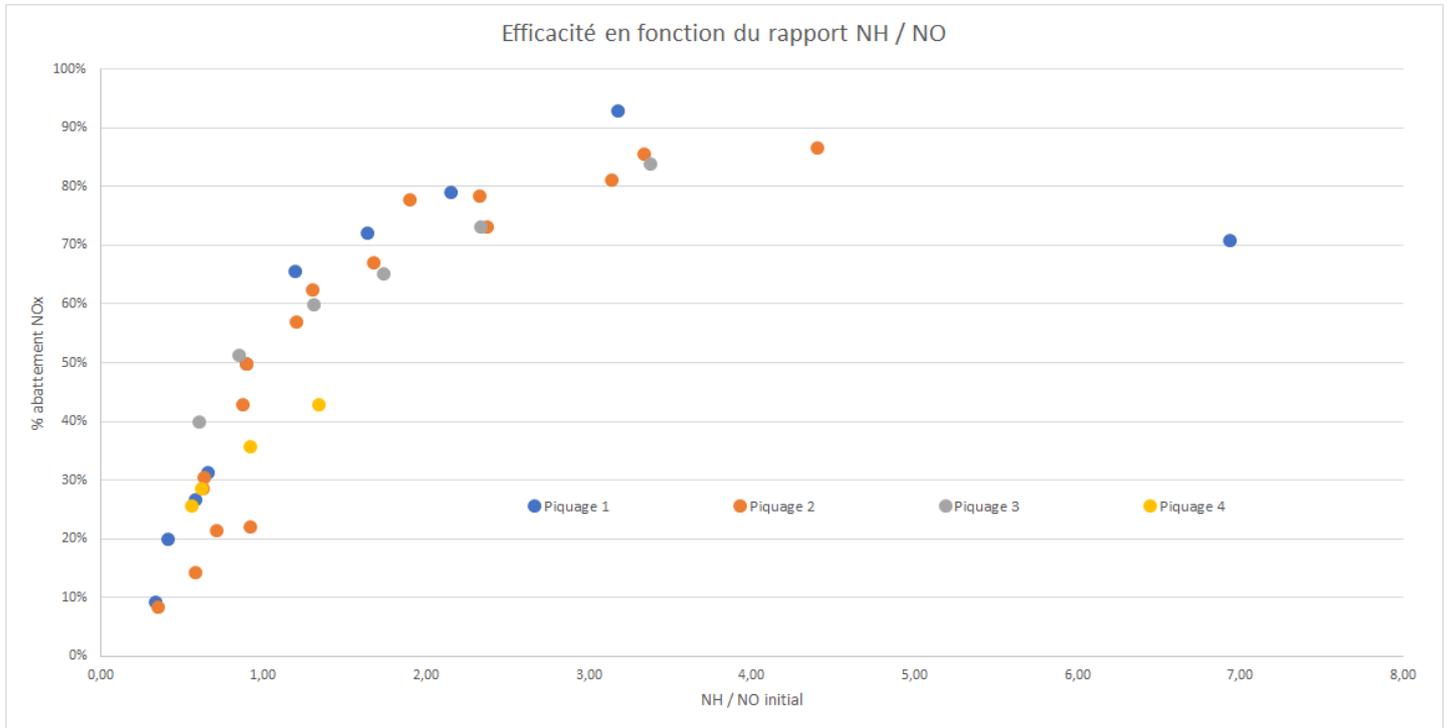


Figure 9 : Efficacité de la DeNOx en fonction du rapport NH / NO

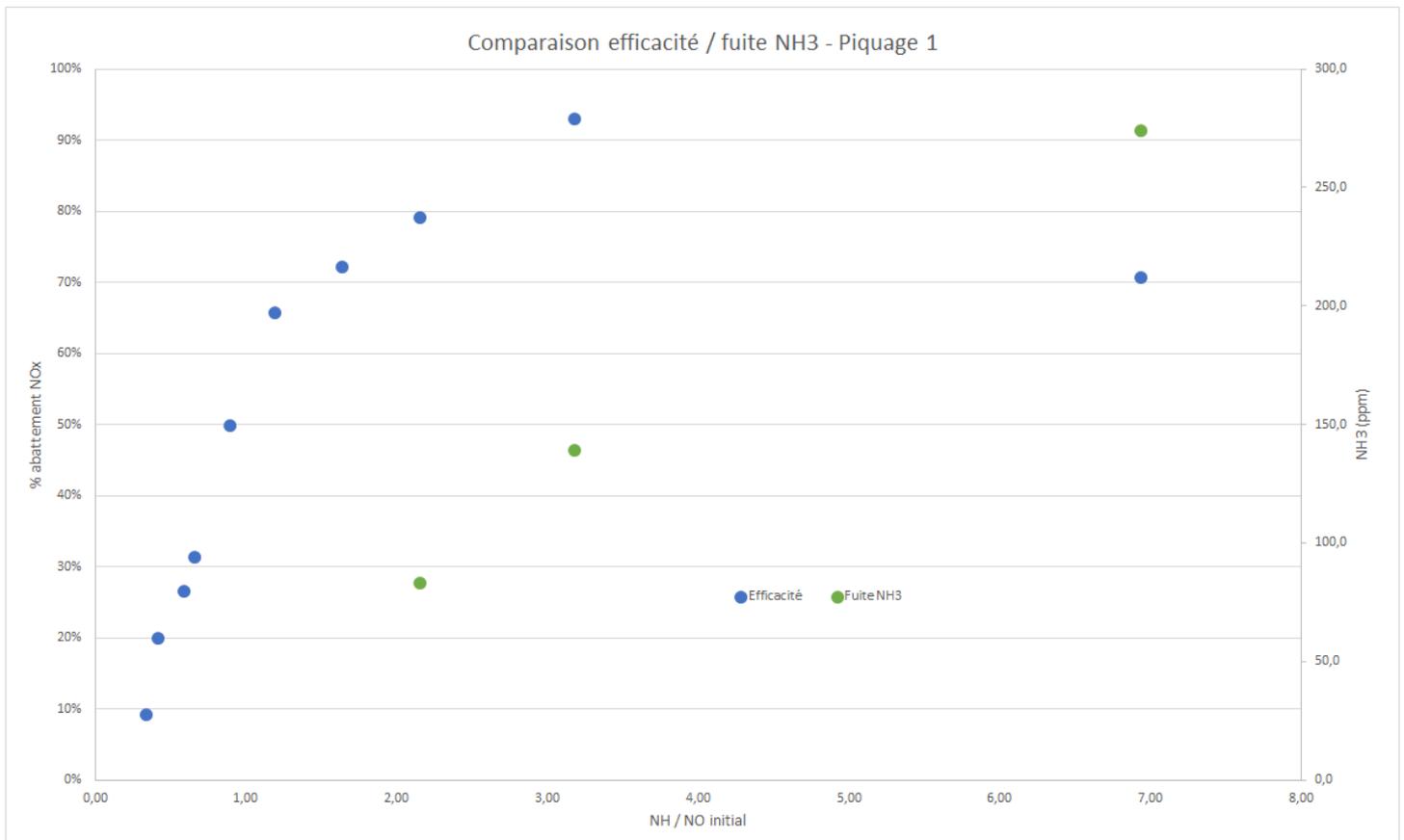
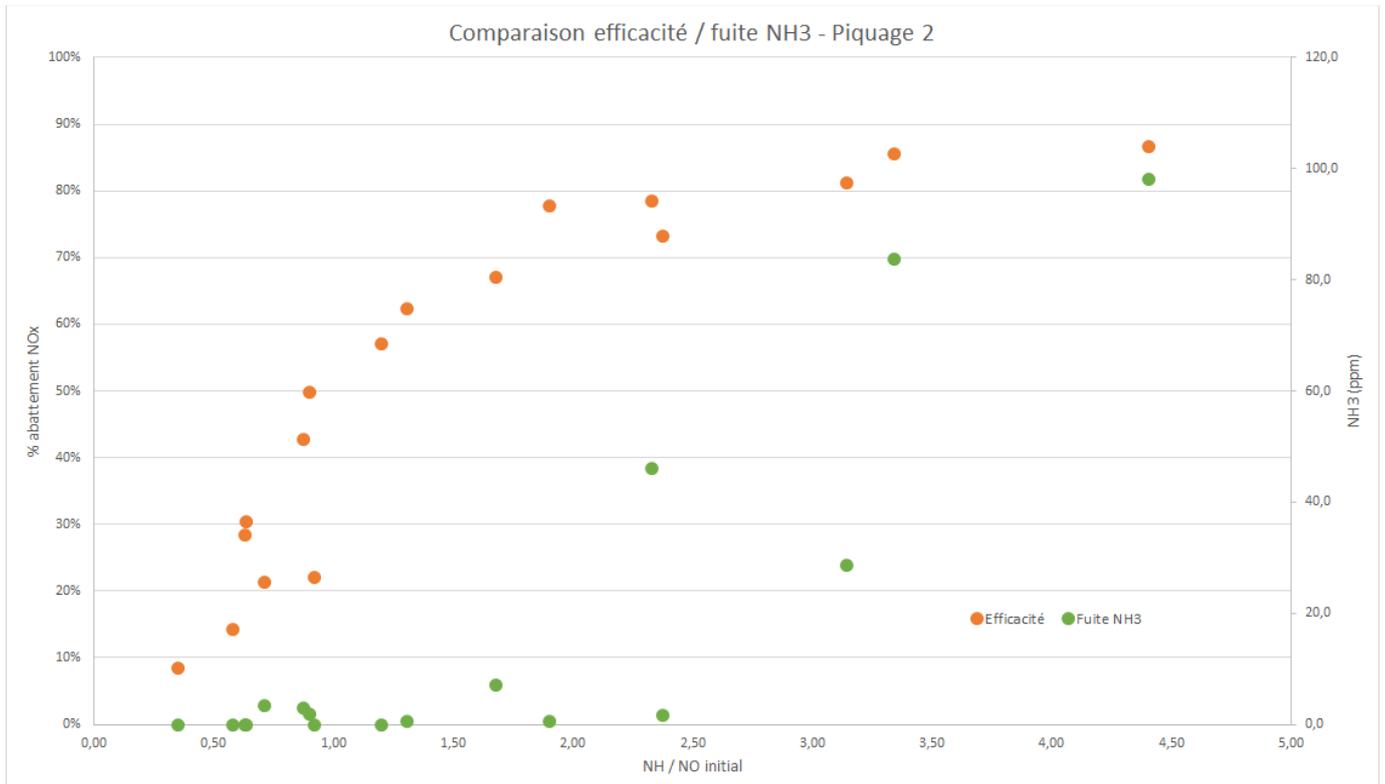
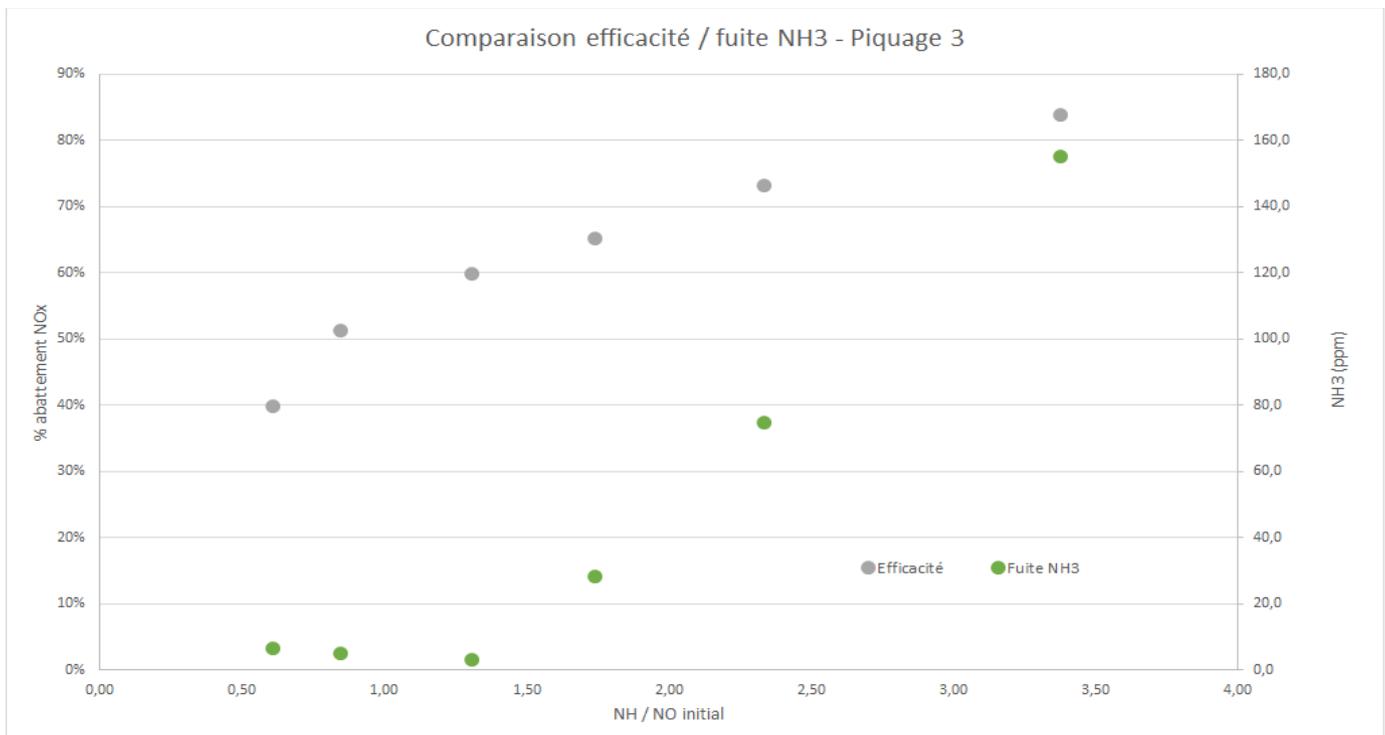


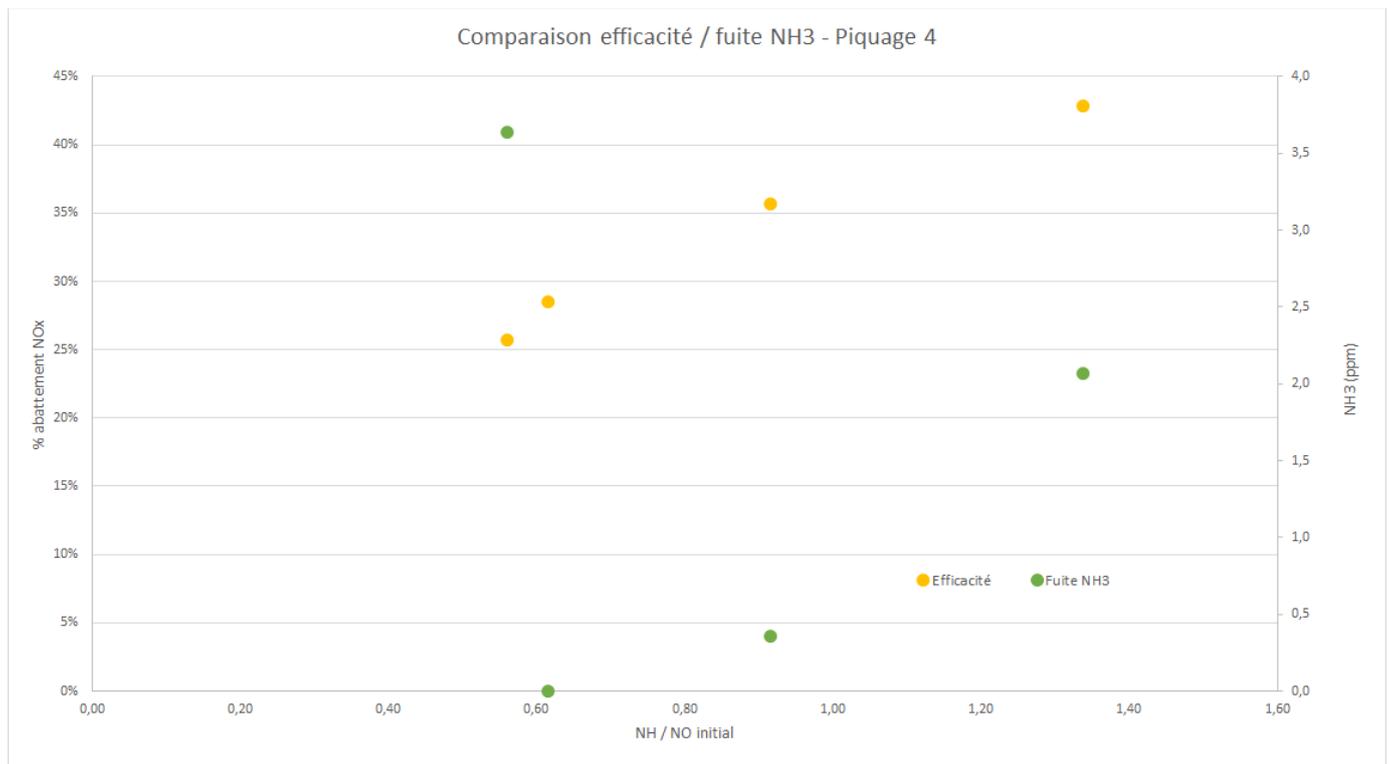
Figure 10 : Comparaison efficacité / fuite ammoniac - Piquage 1



**Figure 11 : Comparaison efficacité / fuite NH3 - Piquage 2**



**Figure 12 : Comparaison efficacité / fuite NH3 - Piquage 3**



**Figure 13 : Comparaison efficacité / fuite ammoniac - Piquage 4**

### 4.4.3 Calcul du temps de séjour

A l'aide des dimensions de la chambre de post combustion (voir figure ci-dessous) et du débit de fumées, il est possible de déterminer le temps de séjour en cas d'injection en bas de la chambre (piquage 2, ancienne T2S).

Le volume de la chambre de post combustion a été calculé et approximé à la valeur de 59,8 m<sup>3</sup>.

Le débit de fumées réel traversant la chambre a été recalculé d'après la valeur moyenne corrigée de 22 916 Nm<sup>3</sup>/h. Aux conditions présentes dans la chambre de post combustion (température, humidité, teneur en oxygène), le débit de fumées est de 102 897 m<sup>3</sup>/h, soit 28,6 m<sup>3</sup>/s.

Le temps de séjour des fumées dans la chambre de post combustion est donc de 2,09 secondes.

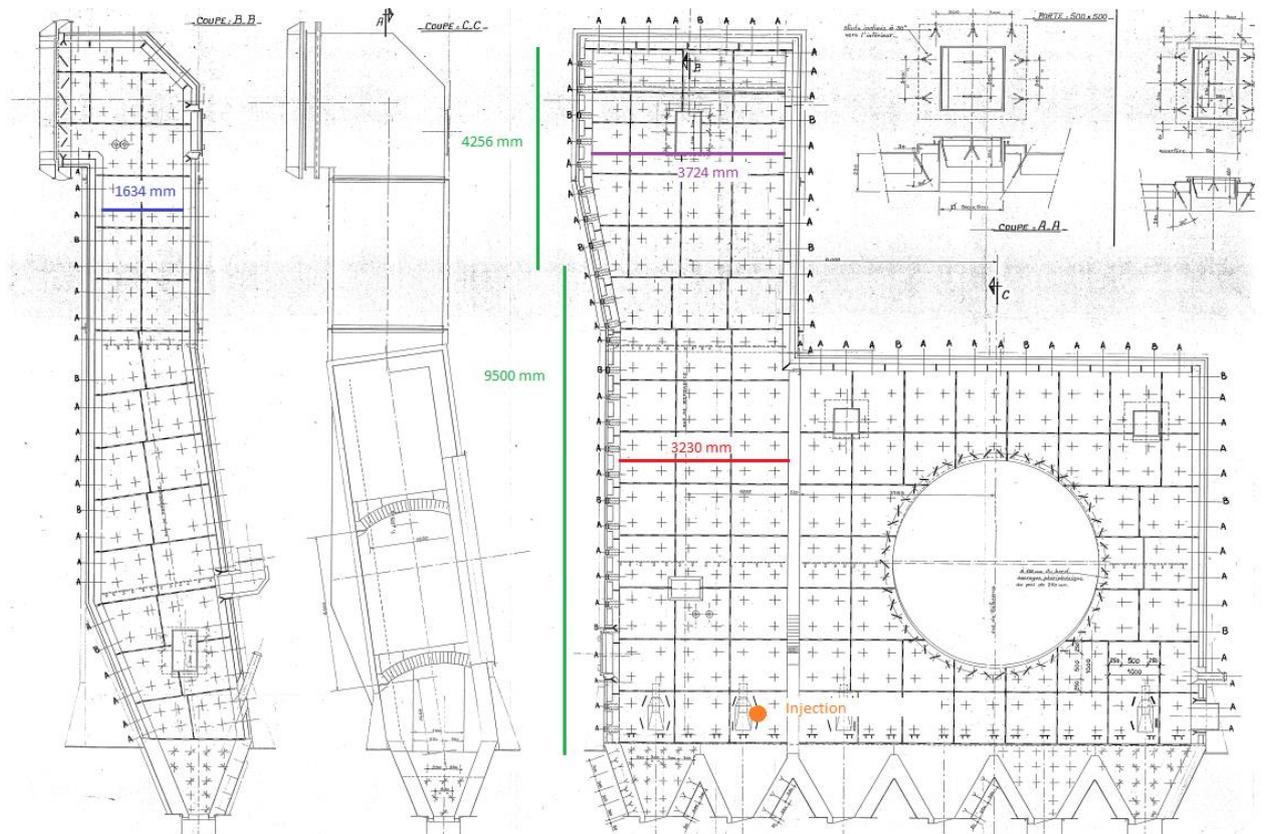


Figure 14 : Dimensions de la chambre de post combustion - calcul du temps de séjour

#### 4.4.4 Interprétation des résultats

Les résultats obtenus précédemment permettent de noter que :

- Les meilleurs résultats sont obtenus pour une injection au piquage 2, c'est-à-dire à la place de l'ancienne sonde T2S. Il s'agit en effet du point le plus près du four et donc celui pour lequel les températures sont les plus élevées et le temps de séjour le plus long
- L'injection de réactif en entrée de la chaudière n'entraîne pas de fuites d'ammoniac, même à débit élevé. Cela est probablement dû au fait que la température diminue peu lors du premier parcours de la chaudière et donc que le temps de séjour est suffisant pour que la quasi-totalité de l'ammoniac soit converti.
- La température en entrée de la chaudière a une forte influence sur les performances de la SNCR. Une température trop basse réduit fortement l'efficacité de la DeNOx, ce qui entraîne une fuite d'ammoniac élevée en sortie de cheminée
- A partir d'une concentration initiale en NOx d'environ 350 à 375 mg/Nm<sup>3</sup>, il est possible d'atteindre des taux d'abattement de 78% tout en évitant les fuites d'ammoniac en sortie de cheminée
- Au-delà de 78% d'abattement et d'un rapport NH/NO de 2,09, la fuite d'ammoniac dépasse la valeur limite d'émission

- Dans les conditions des essais, il est tout à fait possible d'atteindre des VLE de 180 mg/Nm<sup>3</sup> et même 150 mg/Nm<sup>3</sup> tout en évitant les fuites d'ammoniac, notamment grâce à la faible diminution de la température au sein de la chambre de post combustion et du premier parcours chaudière. Ces résultats peuvent être obtenus à l'aide d'un débit d'urée d'environ 50l/h à une concentration de 12.3%, ou 17 L/h pour une concentration commerciale de l'urée de 40%.
- Le temps de séjour dans la chambre de post combustion est relativement élevé, ce qui explique les hautes performances de la SNCR dans les conditions de températures adaptées, et les faibles fuites de NH<sub>3</sub> malgré des températures basses.

En résumé, la mise en place d'une DeNOx SNCR semble à priori possible et permettrait d'abattre suffisamment les NOx pour atteindre la VLE de 180 mg/Nm<sup>3</sup>. Le temps de séjour relativement élevé au sein de la chambre de post combustion permet d'obtenir des rendements élevés sans créer de fuites d'ammoniac.

Toutefois, le bon fonctionnement de la DeNOx requiert des conditions opératoires particulières, notamment en termes de température. En effet, les essais ont démontré qu'une diminution de la température à l'entrée de la chaudière entraîne presque systématiquement la baisse de rendement de la SNCR et par conséquent la création de fuites d'ammoniac en cheminée.

Comparons par exemple les deux essais suivants :

Piquage	Rapport NH / NO	Rendement (%)	Fuite NH <sub>3</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	T chaudière (°C)
2	2,09	78	0,5	832
3	1,91	65	21,7	793

La quantité de réactif injecté est similaire pour les deux essais puisque les rapports NH/NO sont équivalents. Le fait que l'injection ne soit pas effectuée exactement au même emplacement n'a pas d'influence notable car les deux piquages sont très proches. On observe toutefois que le rendement dans le cas de l'essai 1 est plus faible et que la concentration d'ammoniac en cheminée est bien plus élevée, excédant même la VLE. Ces écarts s'expliquent par la différence de température entre les deux essais. Le deuxième a été effectué alors que la température à l'entrée de la chaudière était près de 40°C inférieure à celle observée lors de l'essai 1.

Le constat est identique lorsque l'on compare les deux essais suivants :

Piquage	Rapport NH / NO	Rendement (%)	Fuite NH <sub>3</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	T chaudière (°C)
2	2,56	79	35,1	823
3	2,56	73	57,0	794

Ainsi que les deux essais suivants :

Piquage	Rapport NH / NO	Rendement (%)	Fuite NH3 (mg/Nm <sup>3</sup> )	T chaudière (°C)
2	3,67	86	63,7	829
3	3,71	84	118,1	797

De manière plus générale, on constate que le rendement diminue et que la concentration d'ammoniac en cheminée augmente considérablement lorsque la température à l'entrée de la chaudière est inférieure à 800°C.

Pour assurer le bon fonctionnement de la SNCR, il est donc essentiel que cette température soit maintenue au-dessus de 800°C.

## 5. Analyse du fonctionnement annuel

Afin d'évaluer l'impact des variations de température sur le fonctionnement de la DeNOx, il est nécessaire de connaître la fréquence à laquelle la température de la chaudière se situe en dessous du seuil critique de 800°C.

Une analyse des températures historisées sur la période de janvier 2022 à mi-juin 2022 a donc été effectuée.

Les températures sont mesurées une fois toutes les 10 minutes, ce qui représente un total de plus de 23 000 valeurs sur la période considérée, permettant d'obtenir un aperçu significatif des conditions de fonctionnement habituelles.

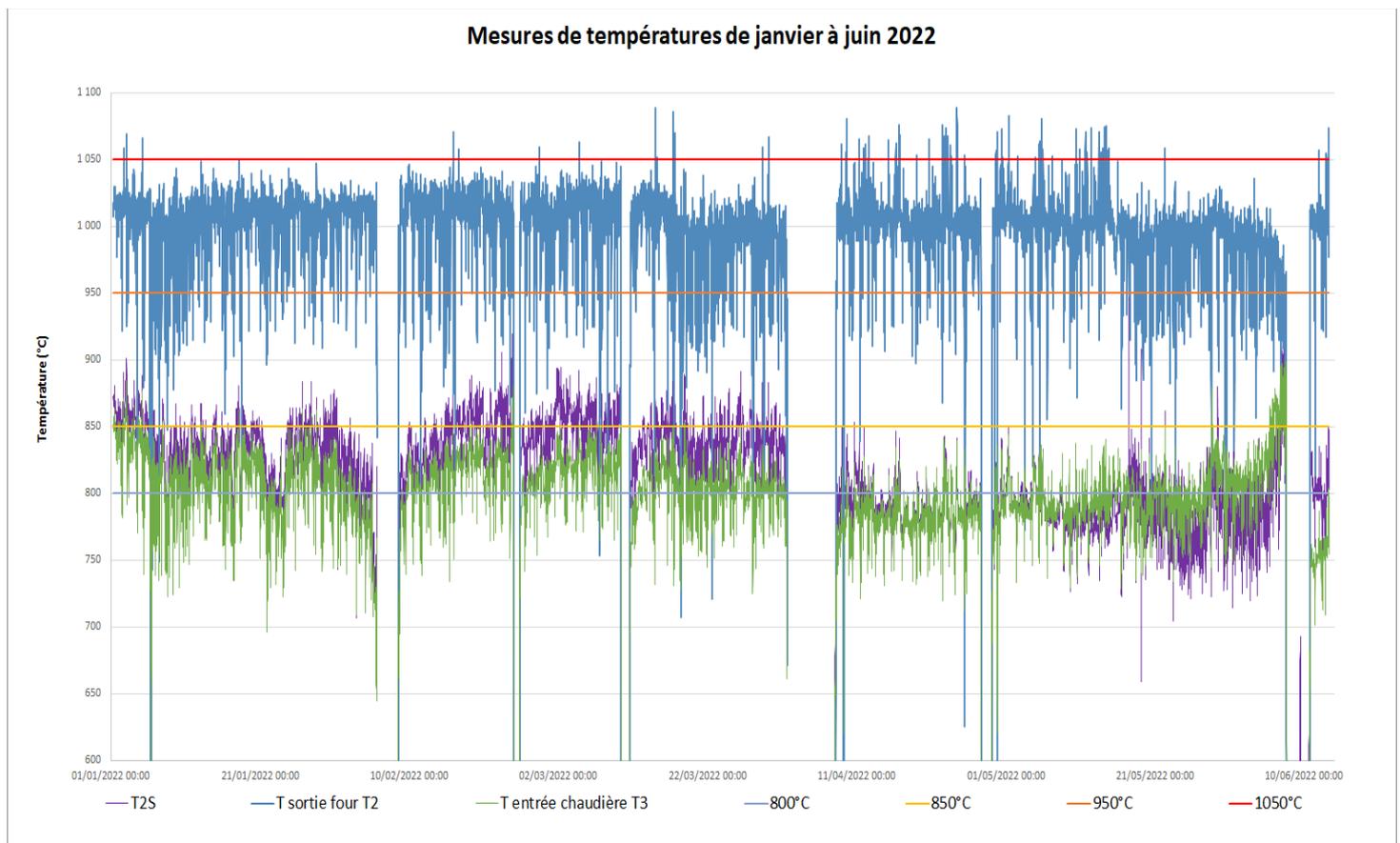


Figure 15 : Mesures de température de janvier à juin 2022

°C	T2S	T sortie four T2	T entrée chaudière T3
Moyenne	791	963	777
$T \leq 750$	6,51 %	4,64 %	7,27 %
$750 < T \leq 800$	33,32 %	0,23 %	41,99 %
$800 < T \leq 850$	43,09 %	0,68 %	48,87 %
$850 < T$	17,08 %	94,32 %	1,86 %

**Tableau 6 : Moyennes et intervalles de température**

Les données ci-dessus démontrent que :

- La moyenne de température T2 a proximité du point d'injection des essais est de 791°C, et que près de 40% des valeurs se trouvent en-dessous de 800°C.
- La moyenne de température à l'entrée de la chaudière est de 777°C, et que près de 50% des valeurs se trouvent en-dessous de 800°C.
- La température à l'entrée de la chaudière chute en dessous de 800°C après le 11/04/2022, date qui correspond à un redémarrage après un arrêt technique programmé de 10 jours.

Si l'on met en place une DeNOx SNCR, avec injection en pied de la post de combustion, il y aura des périodes d'une durée significative, durant lesquelles les températures de réactions seront en dessous de 800°C, ce qui risque d'entraîner des sur-stœchiométrie d'injection et de potentielles fuites de NH<sub>3</sub>.

## 6. Conclusion

Les mesures et essais réalisés sur le site de Kerval ont permis de mettre en évidence différents points.

Les mesures réalisées en bas de la chambre de post combustion ont révélé que les températures étaient très fluctuantes, notamment en raison du fonctionnement du four oscillant. Elles sont toutefois compatibles avec la mise en place d'une DeNOx SNCR. De plus, la température diminue très peu entre le bas de la chambre de post combustion et l'entrée de la chaudière, voire même jusqu'au premier parcours chaudière, ce qui signifie que le temps de séjour est relativement élevé dans le cas d'une injection en bas de la chambre.

Les essais d'injection de réactif ont permis de démontrer qu'il existe une configuration permettant d'abattre les NOx jusqu'à la VLE de  $180 \text{ mg/Nm}^3$  sans créer de fuites d'ammoniac en cheminée. A partir d'une concentration initiale d'environ  $360 \text{ mg/Nm}^3$ , il est même possible de les abattre jusqu'à environ  $80 \text{ mg/Nm}^3$ , ce qui représente une diminution de 78%.

Toutefois, ces résultats ont été observés sur une période d'essais courte, avec des températures adaptées à la DeNOx.

Lorsque la température à l'entrée de la chaudière est inférieure voire très inférieure (environ  $750^\circ\text{C}$ ) à  $800^\circ\text{C}$ , la réaction de neutralisation des NOx est très lente et ne permet pas une conversion totale de l'ammoniac, qui est donc rejeté en sortie de cheminée. Afin de garantir l'efficacité de la SNCR et surtout le respect de la valeur limite d'émission d'ammoniac en cheminée, la température à l'entrée de la chaudière doit nécessairement être maintenue au-dessus de  $800^\circ\text{C}$ .

L'exploitation des données de température historisées sur la période de janvier 2022 à mi-juin 2022 a démontré qu'environ 40% des valeurs de température dans la post combustion se trouvaient en-dessous de  $800^\circ\text{C}$ .

Si les essais montrent globalement de très bons résultats pour la SNCR, des aménagements au niveau de la combustion et du pilotage du four seront nécessaires afin de pérenniser les performances sur une année complète.

En conclusion, la mise en place d'une DeNOx SNCR est possible pour une VLE à  $180 \text{ mg/Nm}^3$ , sous conditions de pouvoir effacer tout ou partie des baisses ponctuelles de température dans la chambre de post combustion.