

ARKEMA

ARKEMA

Usine de Lannemezan (65)

Evaluation du risque sanitaire relatif à un rejet de chloroforme

Rapport

Réf : 1048626-03 / SO1000224

RBO

29/02/2024



GINGER
BURGEAP

MASE
AMÉLIORER LA PERFORMANCE SSE

OPOIBi
L'INGÉNIEUR QUALIFIÉ
N° 04 02 1017

ARKEMA

Usine de Lannemezan (65)

Evaluation du risque sanitaire relatif à un rejet de chloroforme

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

| Objet de l'indice | Date | Indice | Rédaction Nom / signature | Vérification Nom / signature | Validation Nom / signature |
|--------------------------------|------------|--------|--|---|--|
| Rapport | 09/10/2023 | 01 | J. PICHEROT  | R.BOISSAT  | S.TRAVERSE  |
| Rapport corrigé | 24/10/2023 | 02 | R.BOISSAT  | R.BOISSAT  | R.BOISSAT  |
| Prise en compte VTR sans seuil | 29/02/2024 | 03 | R.BOISSAT  | R.BOISSAT  | R.BOISSAT  |
| | | | | | |

| | |
|----------------------------------|------------------------------|
| Numéro de contrat / de rapport : | Réf : 1048626-03 / SO1000224 |
| Domaine Technique | IC06 |

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 5 |
| 1. Etape 1 : Evaluation des émissions de trichlorométhane | 6 |
| 1.1 Localisation et activités du site | 6 |
| 1.2 Caractérisation des émissions atmosphériques | 6 |
| 1.2.1 Caractéristiques physiques du rejet | 6 |
| 1.2.2 Quantification des émissions atmosphériques | 7 |
| 2. Etape 2 : Évaluation des enjeux et des voies d'exposition | 8 |
| 2.1 Délimitation de la zone d'étude..... | 8 |
| 2.2 Contexte environnemental | 8 |
| 2.2.1 Conditions météorologiques | 8 |
| 2.2.2 Topographie et occupation du sol | 10 |
| 2.3 Caractérisation des populations et des usages..... | 11 |
| 2.3.1 Description de la population | 11 |
| 2.3.2 Autres sources d'émissions de la zone | 13 |
| 2.3.3 Synthèse des populations et des usages concernés | 14 |
| 2.3.4 Potentiel de transfert | 15 |
| 2.3.5 Toxicité des composés..... | 15 |
| 2.4 Conceptualisation de l'exposition | 16 |
| 2.4.1 Les sources de danger..... | 16 |
| 2.4.2 Les voies d'exposition | 16 |
| 2.4.3 Cibles et durée d'exposition | 16 |
| 2.4.4 Synthèse de l'élaboration du schéma conceptuel | 16 |
| 3. Etape 3 : Evaluation des risques sanitaires | 17 |
| 3.1 Identification des dangers..... | 17 |
| 3.2 Évaluation des relations dose-réponse | 17 |
| 3.3 Scénarii d'exposition | 19 |
| 3.4 Évaluation des niveaux d'expositions par modélisation | 19 |
| 3.4.1 Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition | 19 |
| 3.4.2 Calcul des niveaux d'exposition | 22 |
| 3.5 Caractérisation des risques sanitaires | 23 |
| 3.5.1 Méthodologie de calcul des risques | 23 |
| 3.5.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil | 24 |
| 3.5.3 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil | 24 |
| 3.6 Discussion des incertitudes..... | 25 |
| 3.6.1 Quantification des émissions annuelles | 25 |
| 3.6.2 Concentrations de trichlorométhane modélisées | 26 |
| 3.6.3 Valeurs toxicologiques de référence | 26 |
| 3.6.4 Temps d'exposition | 27 |
| Conclusions | 28 |

TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques du rejet canalisé D5850..... | 6 |
| Tableau 2 : Emissions annuelles de trichlorométhane retenues (kg/an) | 7 |
| Tableau 3. Chiffres clés des communes de la zone d'étude | 12 |
| Tableau 4 : Usages des milieux | 14 |
| Tableau 5 : Classification en termes de cancérogénicité | 15 |
| Tableau 6 : Synthèse des VTR retenues – exposition chronique – voie inhalation | 18 |
| Tableau 7 : Synthèse de la fréquence d'exposition par scénario..... | 19 |
| Tableau 8 : Paramètres utilisés dans ADM5 pour la modélisation de la dispersion atmosphérique | 20 |
| Tableau 9 : Concentrations moyennes modélisées en trichlorométhane dans l'air au niveau des récepteurs..... | 21 |
| Tableau 10 : Calcul des doses d'exposition à seuil pour les récepteurs adultes..... | 22 |
| Tableau 11 : Quotients de danger par substance et par scénario | 24 |
| Tableau 12 : Excès de risque individuel par substance et par scénario | 24 |
| Tableau 13 : Synthèse des incertitudes relatives aux données d'entrée générales de la modélisation..... | 26 |
| Tableau 14 : Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour (population entre 2 000 et 20 000 habitants par commune)..... | 27 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Localisation du site..... | 6 |
| Figure 2 : Localisation du rejet D5850..... | 7 |
| Figure 3 : Zone d'étude..... | 8 |
| Figure 4 : Rose des vents de la station Météo France Campistrous (2020-2022)..... | 9 |
| Figure 5 : Température et précipitations sur la station Météo France Campistrous (2020-2022)..... | 9 |
| Figure 6 : Relief de la zone..... | 10 |
| Figure 7 : Occupation des sols | 10 |
| Figure 8 : Communes avoisinantes de la commune de Lannemezan | 11 |
| Figure 9 : Localisation des zones habitées les plus proches | 12 |
| Figure 10 : Localisation des ERP dits sensibles les plus proches | 13 |
| Figure 11 : Localisation des sites industriels voisins | 13 |
| Figure 12: Localisation des axes routiers et voies ferrées principaux..... | 14 |
| Figure 13 : Schéma conceptuel..... | 16 |
| Figure 14 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en trichlorométhane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)..... | 21 |
| Figure 15 : Evolution des concentrations en trichlorométhane à l'émission lors de la campagne de mesures (mg/Nm^3 sur gaz sec) | 25 |
| Figure 16 : Répartition des concentrations en trichlorométhane à l'émission lors de la campagne de mesures (mg/m^3) | 25 |

ANNEXES

Annexe 1. Principes généraux des calculs d'exposition

Annexe 2. Présentation du logiciel ADMS

Introduction

La société ARKEMA souhaite réaliser une évaluation des risques sanitaires (ERS) pour ses émissions de **trichlorométhane** (chloroforme ou TCmA, N° CAS 67-66-3) sur le site de l'usine de Lannemezan, située dans les Hautes-Pyrénées (65).

Cette substance est émise par un rejet canalisé, réglementé par l'arrêté préfectoral n°2012-283-0004

GINGER BURGEAP a conduit cette évaluation des risques sanitaires qui vise à apprécier les effets (impacts) potentiellement induits par une installation en activité sur la santé des populations voisines. Les outils méthodologiques sont appliqués à travers 3 étapes successives que sont :

- **Étape 1** : évaluation des émissions de trichlorométhane par le rejet de l'installation
- **Étape 2** : évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- **Étape 3** : évaluation quantitative des risques sanitaires du rejet sur la base d'une modélisation de la dispersion des rejets de trichlorométhane

L'évaluation quantitative des émissions de trichlorométhane est l'étape préalable et indispensable à l'étude (**étape 1**). Elle consiste à quantifier les émissions atmosphériques canalisées annuelles pour un fonctionnement normal des installations.

L'évaluation des enjeux et des voies d'exposition (**étape 2**) permet d'établir le schéma conceptuel de l'exposition des cibles aux émissions des installations du site, à travers les relations entre :

- Sources de pollution et substances émises ;
- Les milieux et vecteurs de transfert ;
- Les cibles identifiées à partir des usages recensés.

Enfin, l'impact sanitaire est évalué au travers de calculs de risques sanitaires (**étape 3**) à partir des concentrations atmosphériques modélisées des émissions de trichlorométhane du rejet.

Les principaux documents utilisés pour mener à bien cette étude sont :

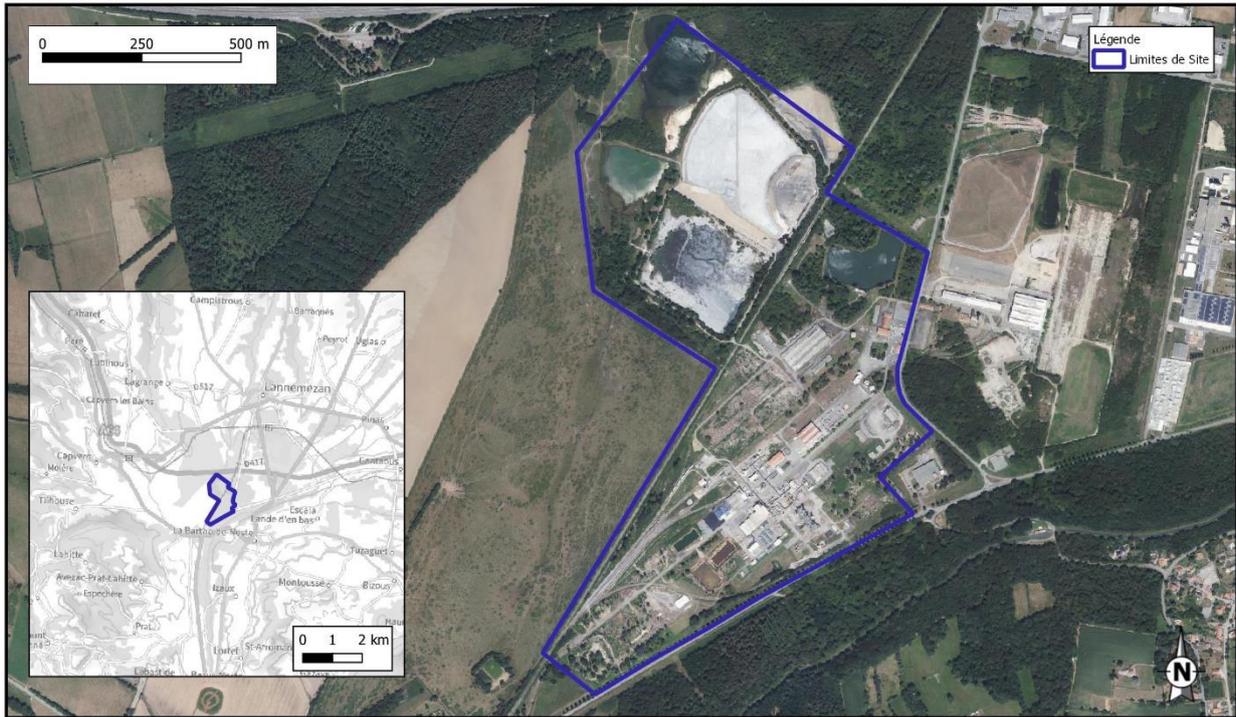
- L'arrêté préfectoral n° n°2012-283-0004 ;
- La circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation ;
- La circulaire du 8 février 2007 – La démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) – et guide associé (MEDD 2007) ;
- Le « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact » édité par l'InVS (février 2000) ;
- Le « Guide méthodologique d'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE liés aux substances chimiques » édité par l'INERIS (2003) ;
- Le guide INERIS « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées » - Août 2013 mise en jour en septembre 2021 ;
- La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués
- La dernière version du « Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS ».

1. Etape 1 : Evaluation des émissions de trichlorométhane

1.1 Localisation et activités du site

Le site ARKEMA est localisé sur la commune de Lannemezan dans le département des Hautes Pyrénées (65). Il fabrique de l'hydrazine et ses dérivés intervenant notamment dans la fabrication des matières plastiques, des produits chimiques, agrochimiques et pharmaceutiques.

Figure 1 : Localisation du site



1.2 Caractérisation des émissions atmosphériques

1.2.1 Caractéristiques physiques du rejet

Dans le cadre de cette étude, une seule source d'émission à l'atmosphère a été retenue : le **rejet canalisé D5850** (cheminée « colonne soude » de l'atelier « dérivés »), dont les caractéristiques physiques et la localisation sont présentées ci-dessous :

Tableau 1 : Caractéristiques du rejet canalisé D5850

| Rejet | Hauteur émission (m) | Diamètre du rejet (m) | Température en rejet (°C) | Débit (Nm ³ /h) |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| D5850 | 19 | 0.25 | 19.75 | 2000 |
| <i>Origine de la donnée</i> | <i>Donnée ARKEMA</i> | <i>AP 2012283-004</i> | <i>Moyenne des mesures 2021-2023</i> | <i>Débit nominal AP 2012283-004</i> |

Figure 2 : Localisation du rejet D5850



1.2.2 Quantification des émissions atmosphériques

Les émissions annuelles (en kg/an) du rejet canalisé sont estimées à partir :

- du débit volumique limite (donc maximum) à l'émission prescrit par l'arrêté préfectoral n°2012-283-0004 ;
- de la moyenne des concentrations de trichlorométhane mesurées en continu sur le rejet du 09 au 11/05/2023 (Données fournies par ARKEMA) ;
- d'un temps de fonctionnement 100% de l'année.

Le tableau ci-dessous synthétise les émissions annuelles de trichlorométhane ainsi obtenues et retenues pour l'évaluation des impacts.

Tableau 2 : Emissions annuelles de trichlorométhane retenues (kg/an)

| Substance | Débit à l'émission (Nm ³ /h) | Concentration moyenne (mg/Nm ³) | Flux (kg/an) (8760h/an) |
|------------------|---|---|-------------------------|
| Trichlorométhane | 2000 | 209.9 | 3677 |

2. Étape 2 : Évaluation des enjeux et des voies d'exposition

L'évaluation doit être adaptée au contexte environnemental et populationnel du site pour que la gestion des impacts le soit aussi. En ce sens, cette étape consiste à recenser et analyser les données pertinentes sur la zone d'étude, en particulier sur les populations et les usages des milieux.

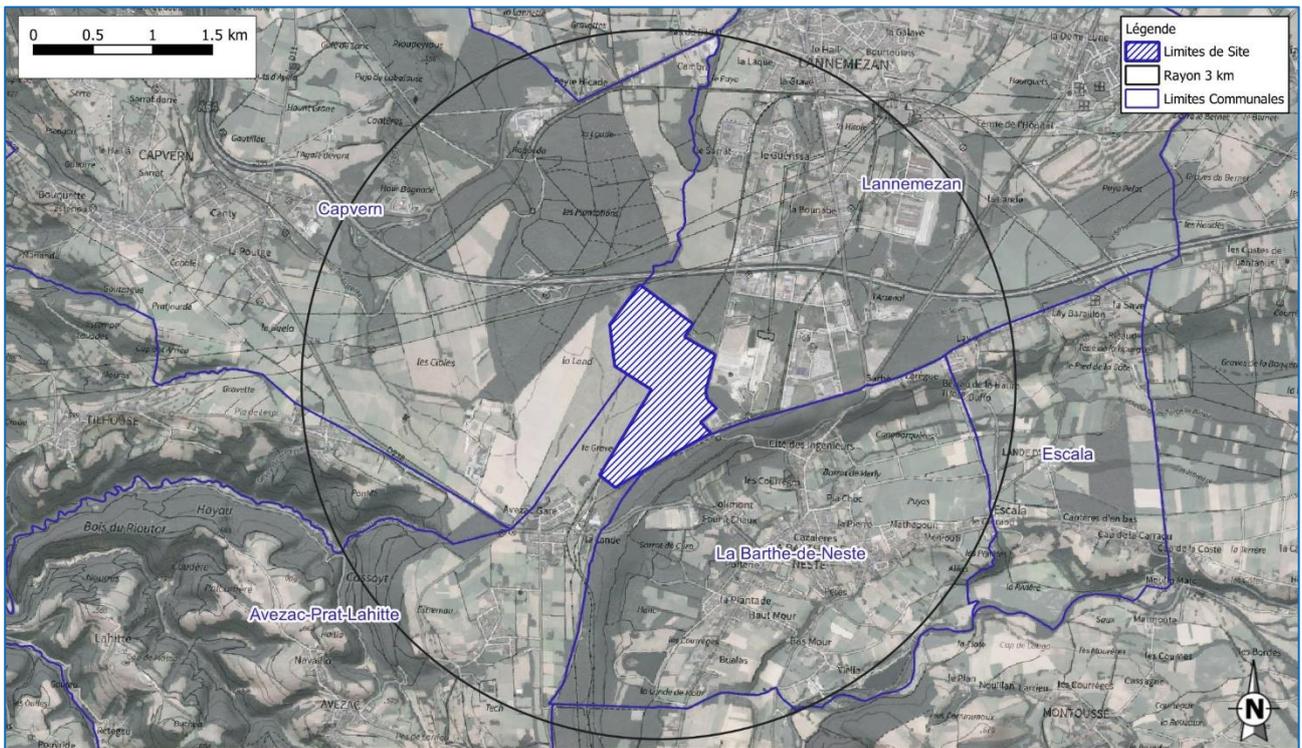
A partir de ces informations, le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- Les sources d'émissions atmosphériques et les substances émises (voir chapitre précédent) ;
- Les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- Les usages et les populations exposées.

2.1 Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude correspond en première approche à une zone de rayon de 3 km centrée sur le site, cette distance est typiquement utilisée dans ce type d'étude.

Figure 3 : Zone d'étude



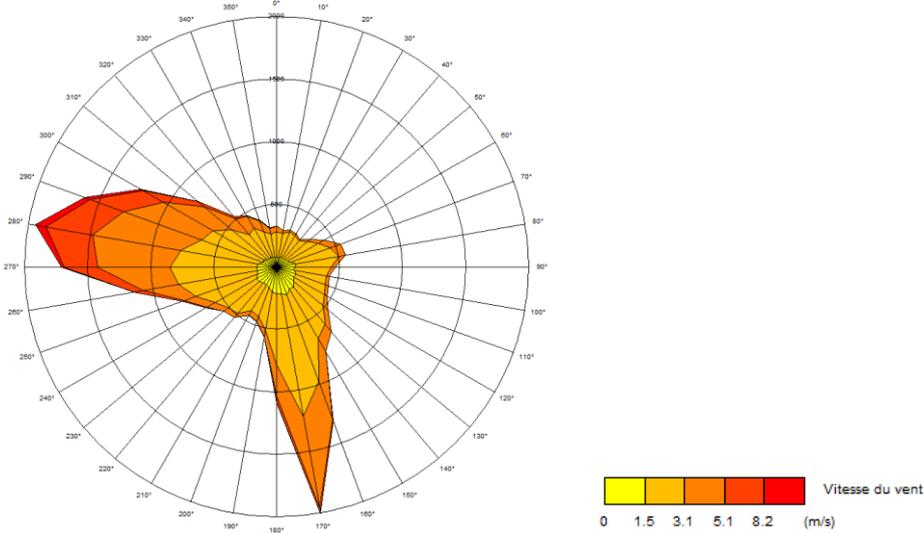
2.2 Contexte environnemental

2.2.1 Conditions météorologiques

Les zones d'impact sont influencées par l'interaction entre les émissions atmosphériques, la météorologie et la topographie. La connaissance des paramètres météorologiques est donc primordiale pour l'étude de la dispersion des rejets dans l'atmosphère. La direction et la vitesse du vent, la température de l'air et la stabilité atmosphérique sont des grandeurs physiques qui permettent de bien représenter la climatologie locale, en particulier les mouvements d'air dans les premières couches de l'atmosphère. Les directions et vitesses de vent sont des paramètres essentiels dans la dispersion atmosphérique car ils déterminent la trajectoire des panaches. Les vitesses de vent et la nébulosité influent en outre sur la dilution du panache.

Une analyse des conditions de vent observées au niveau de la station de mesures Météo-France de Campistrous (station du Centre de Recherches Atmosphériques), située à environ 4 kilomètres au nord du site, est présentée ci-après.

Figure 4 : Rose des vents de la station Météo France Campistrous (2020-2022)

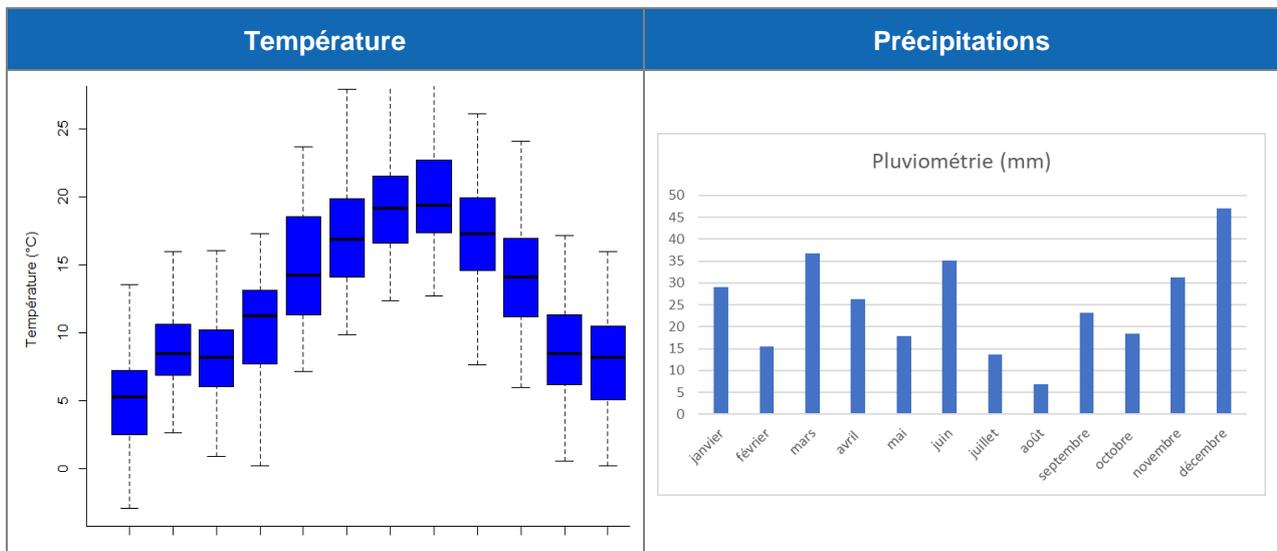


La rose des vents est marquée par deux composantes principales :

- une composante de secteur Ouest-Nord-Ouest, marquée par des vents pouvant dépasser les 5 m/s en vitesse moyenne,
- une composante de secteur Sud-Sud-Est avec des vents généralement plus faibles (moins de 5 m/s en moyenne) .

Les conditions de températures et précipitations moyennes entre 2020 et 2022 (graphiques ci-dessous) montrent des températures moyennes mensuelles comprises entre 5 et 20 °C, et des cumuls mensuels de précipitation compris entre 6 mm et 47 mm.

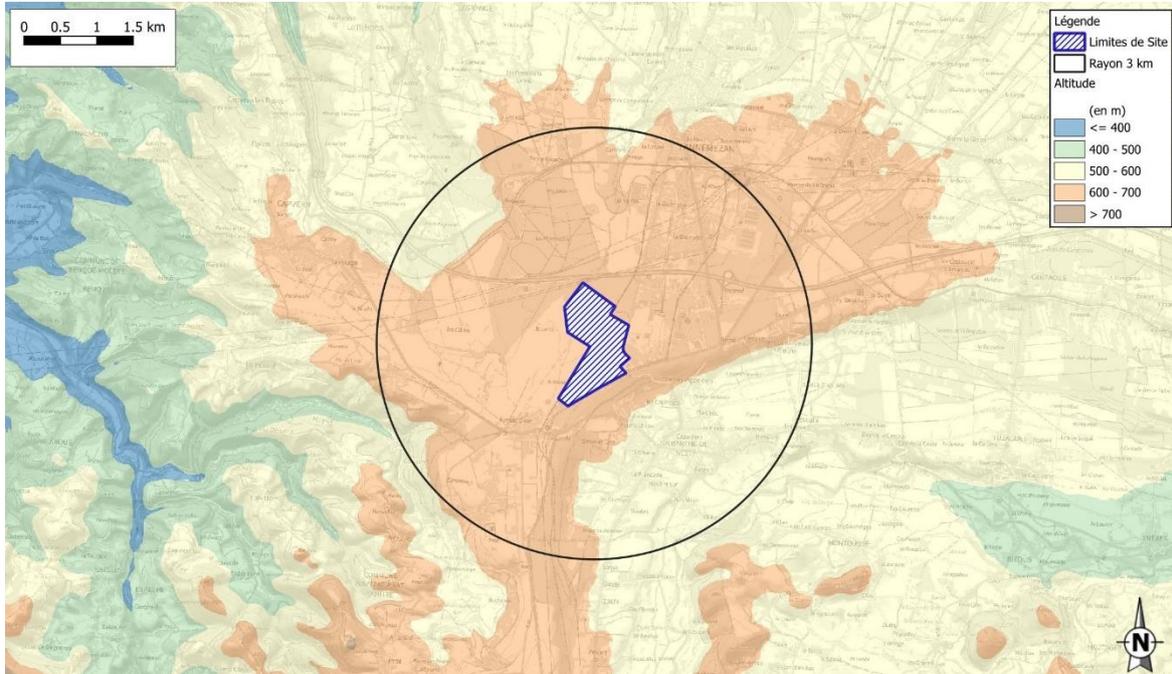
Figure 5 : Température et précipitations sur la station Météo France Campistrous (2020-2022)



2.2.2 Topographie et occupation du sol

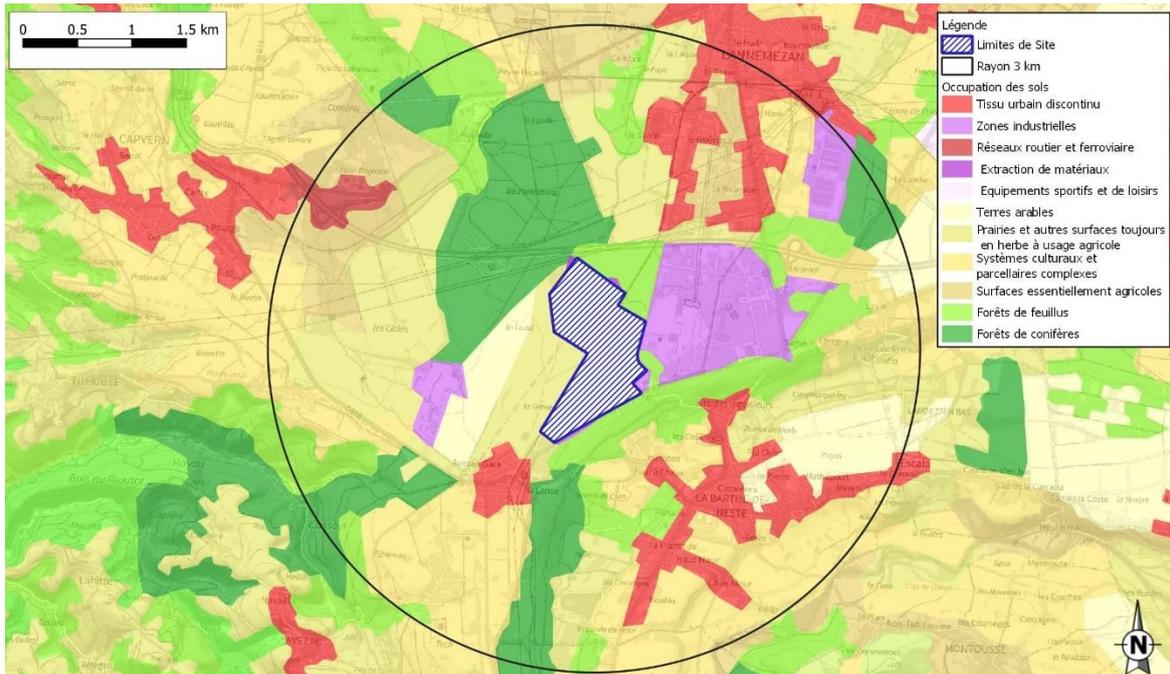
Le site se situe sur le plateau de Lannemezan, connu pour être soumis au vent, influençant ainsi la répartition en surface des concentrations de polluants.

Figure 6 : Relief de la zone



En ce qui concerne l'occupation des sols autour du site concerné, celui-ci est implanté au sein d'un tissu industriel à l'est, des tissus urbains non continus de Lannemezan (La Barthe-de-Neste et Avezac-Prat-Lahitte) ainsi que de terres arables et forêts .

Figure 7 : Occupation des sols



2.3 Caractérisation des populations et des usages

2.3.1 Description de la population

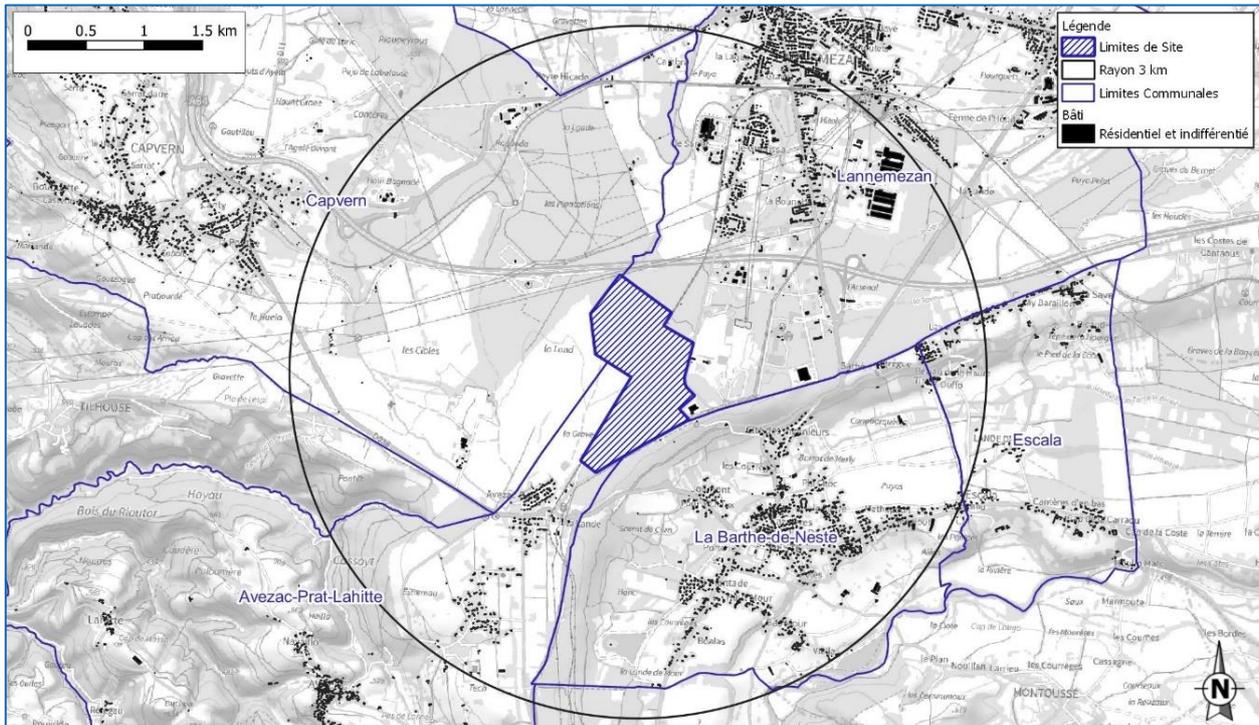
2.3.1.1 Population générale

La zone d'étude regroupe les principaux centres de population et autres enjeux d'importance locale. Elle permet ainsi de considérer à la fois les zones d'impact maximales théoriques et les principaux milieux à protéger.

Le site ARKEMA est situé sur la commune de Lannemezan (65). Les autres communes avoisinantes dont les bâtiments résidentiels sont situés à moins de 3 km du site sont :

- Escala;
- La Barthe-de-Neste ;
- Avezac-Prat-Lahitte.

Figure 8 : Communes avoisinantes de la commune de Lannemezan



A partir des données INSEE (recensement de la population en 2020 et enquête du logement 2018), les populations sont décrites en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe pour les communes situées dans la zone d'étude et citées précédemment.

L'effectif cumulé de ces communes est de 7 988 habitants avec :

- Un taux d'habitants de moins de 15 ans de 14% (inférieur au niveau national – 18 %) ;
- Un taux d'habitants de plus de 75 ans de 14% (supérieur au niveau national – 9 %) ;
- Près de 84 % de la population réside toute l'année sur ces communes, la commune de l'Avezac-Prat-Lahitte présentant une proportion moins importante avec près de 25% de logements en résidence secondaires ou vacants;
- 45 % de la population habite dans une maison et est susceptible d'avoir un jardin sur la commune de Lannemezan, cette proportion est supérieure à 93% pour les autres communes de la zone d'étude.

Le tableau suivant présente les chiffres clés de l'INSEE relatifs à la population sur les communes de la zone d'étude.

Tableau 3. Chiffres clés des communes de la zone d'étude

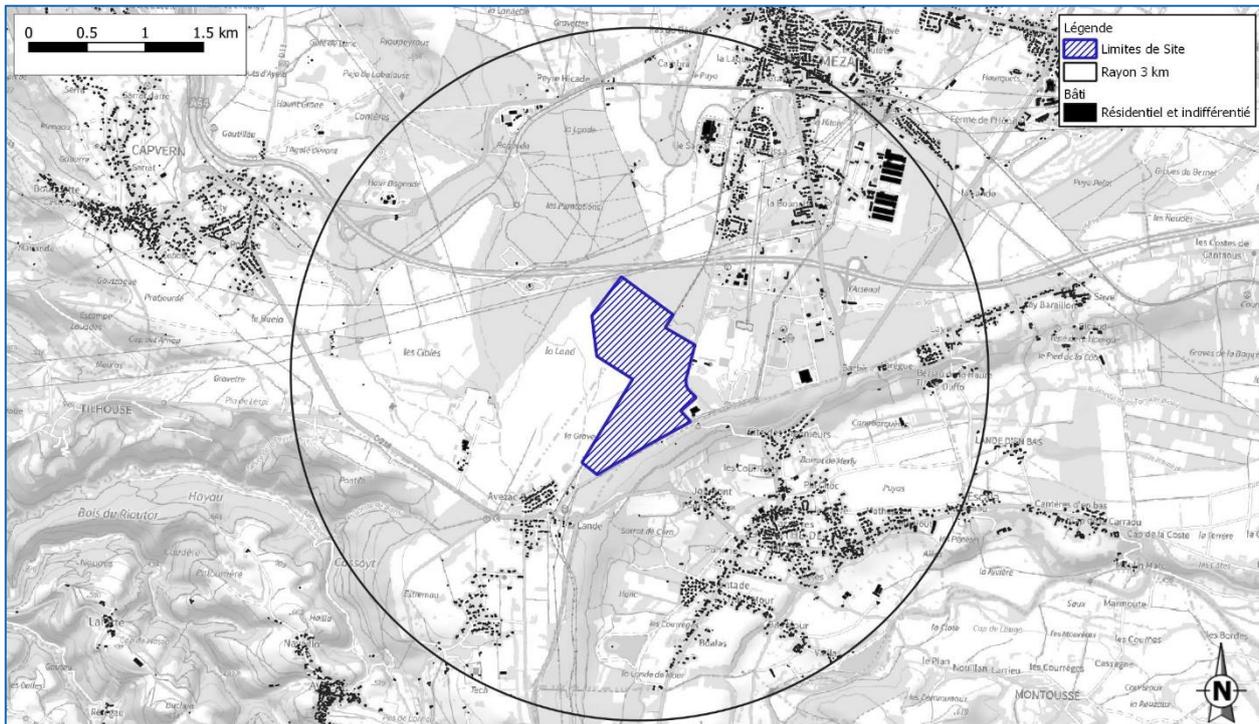
| Commune | Nombre d'habitants | Indicateur de densité | Habitants de < 15 ans (%) | Habitants de > 75 ans (%) | Résidences principales (%) | Maisons (%) |
|---------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|
| Lannemezan | 5803 | Petite ville | 12.2% | 15.8% | 83.0% | 55.7% |
| La Barthe-de-Neste | 1230 | Rural à habitat dispersé | 15.7% | 13.8% | 88.9% | 92.6% |
| Escala | 354 | Rural à habitat dispersé | 12.4% | 17.2% | 88.5% | 93.3% |
| Avezac-Prat-Lahitte | 601 | Rural à habitat dispersé | 15.9% | 10.3% | 75.2% | 98.0% |
| Total | 7988 | | 14.0% | 14.3% | 83.9% | 84.9% |
| National | | | 17.8% | 9.3% | 82.3% | 52.7 |

Source : INSEE, 2020, 2018

2.3.1.2 Riverains du site, ERP et populations sensibles

Les habitations les plus proches sont situées à moins de 300 mètres au sud-ouest du site et entre 500 et 800 mètres au sud-est au nord-est du site.

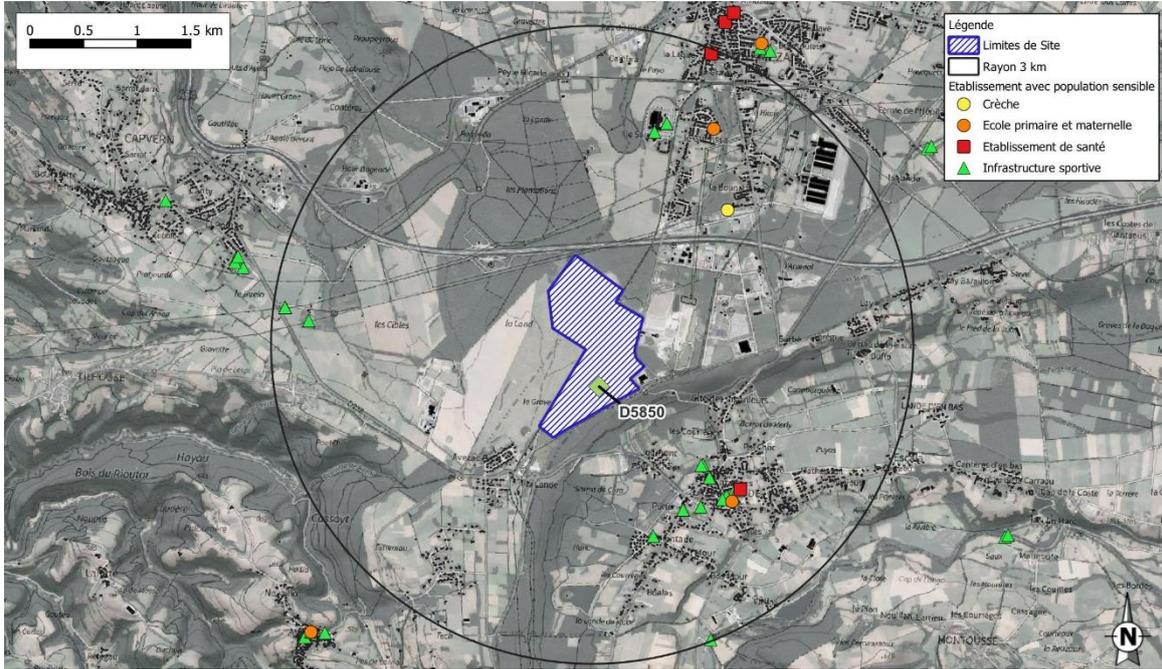
Figure 9 : Localisation des zones habitées les plus proches



Plusieurs établissements pouvant recevoir des populations dites sensibles (compte tenu de leur âge et de leur état de santé) à savoir écoles maternelles et primaires, crèches, et établissements de santé sont situés dans le périmètre d'étude. La carte ci-après précise leur localisation.

On recense ainsi 2 écoles primaires et maternelles, 2 établissements de santé dont le Centre Hospitalier de Lannemezan, 1 crèche et plusieurs infrastructures sportives.

Figure 10 : Localisation des ERP dits sensibles les plus proches

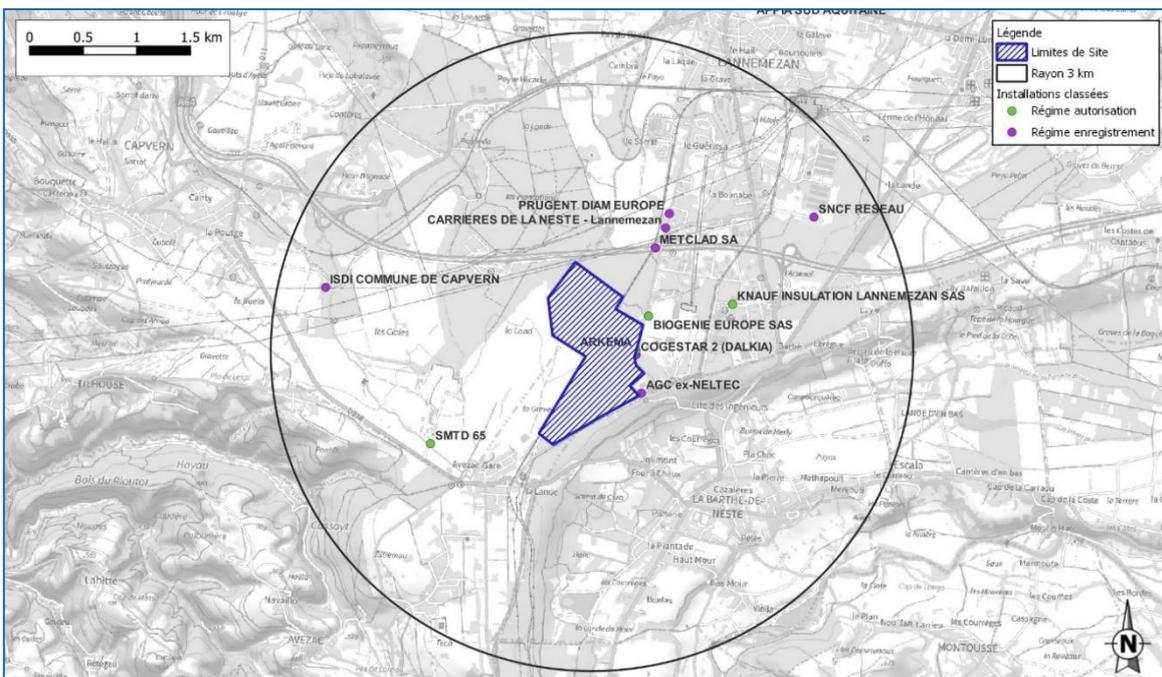


2.3.2 Autres sources d'émissions de la zone

► **Les sites industriels voisins**

Plusieurs installations classées pour la protection de l'environnement sont situées à proximité de la plateforme industrielle d'Arkema : 6 sont classées avec un régime Autorisation et 4 sont soumises à un régime d'Enregistrement. Les installations notamment situées à l'est du site (Cogestar, Knauf insulation) sont susceptibles d'émettre des polluants gazeux.

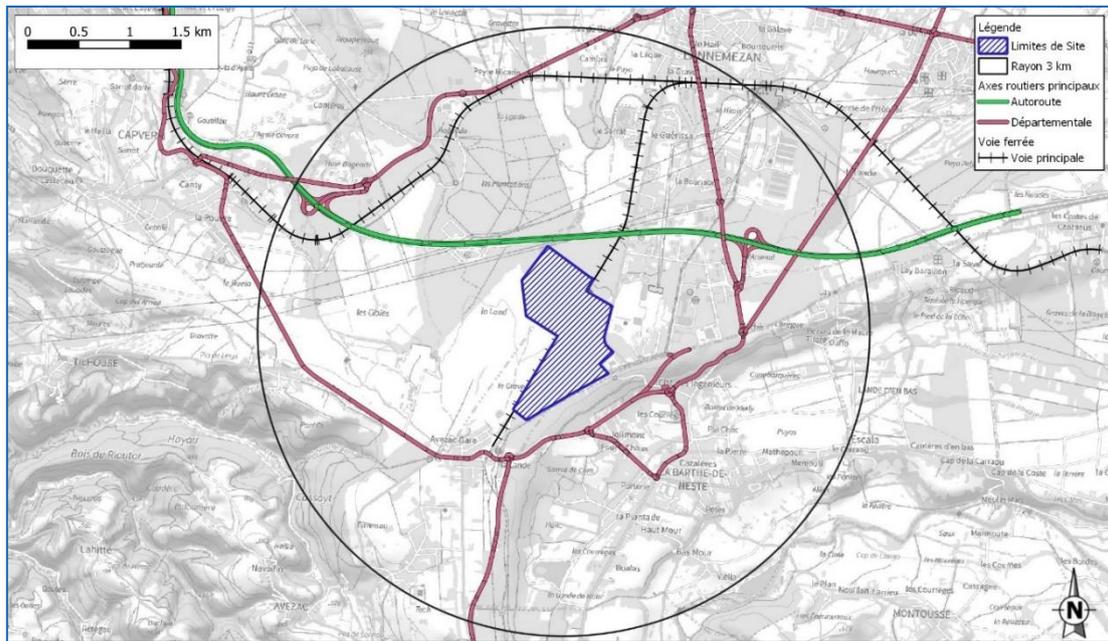
Figure 11 : Localisation des sites industriels voisins



► Réseau de transports

Les principaux axes routiers présents dans la zone d'étude sont, au Nord de l'installation, l'autoroute A64 et au sud et est du site les départementales D938 et D939. Des voies ferrées sont également présentes reliées à la Gare de Lannemezan. Une voie ferrée traverse le site d'Arkema. Ainsi, un certain nombre de voies de transport sont présentes sur le domaine d'étude.

Figure 12: Localisation des axes routiers et voies ferrées principaux



2.3.3 Synthèse des populations et des usages concernés

Le tableau ci-après récapitule les principaux usages mis en évidence à l'issue de la caractérisation de la zone d'étude :

Tableau 4 : Usages des milieux

| Milieu | Usage des milieux identifié |
|----------|--|
| Air | Présence d'habitations et de populations sensibles sur la zone d'étude (dont des riverains à 300 mètres du site) Présence de travailleurs sur les sites industriels voisins |
| Sols | Activités agricoles (cultures) Aires de jeux et terrains de sport Présence d'espaces verts au droit de certaines écoles Zones d'habitation avec jardins potagers familiaux potentiels |
| Végétaux | Activités agricoles (cultures) Zones d'habitation avec jardins potagers familiaux potentiels |

Compte tenu des usages identifiés dans la zone d'étude, les cibles à considérer sont :

- Les populations résidant ou séjournant dans la zone, incluant les populations sensibles recensées ;
- Les travailleurs présents dans les entreprises voisines.

Ces populations sont constituées :

- D'adultes pour les travailleurs ;
- D'enfants et d'adultes pour les autres cibles retenues.

2.3.4 Potentiel de transfert

Au regard des sources potentielles et des caractéristiques des composés émis par le site, la seule voie de transfert potentielle pertinente est la dispersion atmosphérique.

2.3.5 Toxicité des composés

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés. Dans la présente étude, seul le risque chronique est évalué.

En ce qui concerne le potentiel cancérigène d'une substance, différents organismes internationaux (l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (Classement CIRC), l'Union Européenne (UE) (Classement CLP) et l'US-EPA distinguent différentes catégories ou classes. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant. Seule la classification de l'UE a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Tableau 5 : Classification en termes de cancérogénéité

| UE (CLP) | US-EPA | OMS (CIRC) |
|--|---|--|
| Carc.1 : Substance que l'on sait être cancérigène pour l'homme. (R45 ou R49) | A : Preuves suffisantes chez l'homme | 1 : Agent ou mélange cancérigène pour l'homme |
| Carc.2 : Substance devant être assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme. (R45 ou R49) | B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal | 2A : Agent ou mélange probablement cancérigène pour l'homme |
| Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles (R40) | C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal | 2B : Agent ou mélange peut être cancérigène pour l'homme |
| Substance non classée en matière de cancérogénéité | D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénéité chez l'homme et chez l'animal | 3 : Agent ou mélange inclassables quant à sa cancérogénéité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérigène chez l'homme - |

Le chloroforme ou trichlorométhane est classé comme suit :

- Le CLP le classe en carcinogène **catégorie 2** (assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme). Il n'est pas classé comme mutagène ou reprotoxique.
- Le CIRC-IARC le classe dans le **groupe 2B** (probablement cancérigène pour l'homme).
- Enfin, l'US-EPA le classe dans le **groupe B2** (est probablement cancérigène pour l'homme).

2.4 Conceptualisation de l'exposition

2.4.1 Les sources de danger

Les installations d'ARKEMA émettent au niveau d'un **rejet du trichlorométhane à l'atmosphère**, substance classée comme cancérigène probable. Ceci constitue une **source de danger**.

2.4.2 Les voies d'exposition

Pour les polluants atmosphériques restant à l'état gazeux (trichlorométhane, objet de cette étude), les effets pertinents correspondent à des **expositions par inhalation** (voie respiratoire).

2.4.3 Cibles et durée d'exposition

L'évaluation porte sur les risques pour les populations riveraines, **exposées de façon chronique** aux émissions du site. Compte tenu de l'environnement du site, nous prenons comme cible la population la plus exposée à savoir la plus proche du site résidant ou travaillant dans sa zone d'influence.

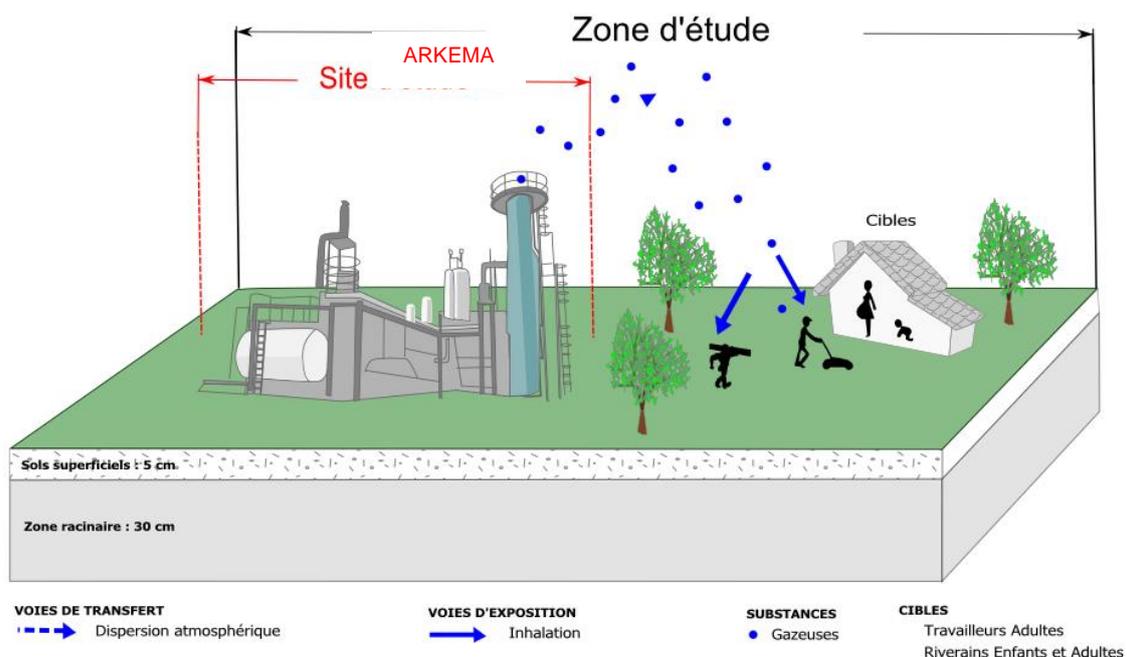
2.4.4 Synthèse de l'élaboration du schéma conceptuel

Pour rappel, le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- Les sources de pollution et les substances émises ;
- Les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- Les milieux d'exposition et leurs usages.

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors il y a absence de risques. Le schéma conceptuel retenu dans le cadre de cette étude est ainsi proposé sur la figure ci-après :

Figure 13 : Schéma conceptuel



3. Étape 3 : Evaluation des risques sanitaires

L'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) est une démarche visant à décrire et quantifier les risques sanitaires consécutifs à l'exposition de personnes à des substances toxiques. Elle s'applique depuis 2000 à l'analyse des effets potentiels liés à la toxicité des substances chimiques émises par les ICPE dans leur environnement. Elle est décrite dans le guide méthodologique de l'INERIS (2003) reprise dans la version de 2013) intitulé « Substances chimiques – évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées ».

Les 4 étapes fondamentales de l'évaluation quantitative des risques sanitaires ont été identifiées par le National Research Council (NRC) en 1983 :

- L'identification des dangers ;
- L'évaluation des relations dose-réponse ;
- L'évaluation de l'exposition ;
- La caractérisation du risque.

La présente évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour le mode de fonctionnement actuel du site et du rejet.

3.1 Identification des dangers

Comme le présente le paragraphe 2.3.5, le trichlorométhane est considérée comme une substance probablement carcinogène.

3.2 Évaluation des relations dose-réponse

► Généralités

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Dans le cas de l'exposition par inhalation, la concentration s'exprime généralement en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose), dont la distinction est proposée ci-dessous :

- Les effets toxiques à seuil de dose : existence d'un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester. Il s'agit des effets toxiques non cancérogènes et des effets cancérogènes non génotoxiques.
- Les effets toxiques sans seuil de dose (essentiellement les effets cancérogènes génotoxiques) : Difficulté de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. La probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose. Les effets sans seuil de dose sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Cet ERU représente la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée par rapport à une population non exposée.

Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

► Sélection des VTR

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

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

- Les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...)
- Les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- Les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).
- Ainsi, en l'absence d'expertise nationale ou de VTR proposée par l'Anses, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014 à savoir :
 - La VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
 - Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

Le choix des VTR retenues pour le trichlorométhane pour une exposition chronique par inhalation est présenté dans le tableau ci-après :

Tableau 6 : Synthèse des VTR retenues – exposition chronique – voie inhalation

| Substance | CAS Number | Type d'effet | Organe critique | Valeur | Source |
|------------------|------------|---|-------------------|--|-----------------------|
| Trichlorométhane | 67-66-3 | A seuil <i>Effets non cancérogènes</i> | Système hépatique | MRL= 98 µg/m ³ | ATSDR (1997) |
| | | A seuil <i>Effets cancérogènes</i> | Tumeurs | VTR= 63 µg/m ³ | ANSES (2009, 2017) |
| | | Sans seuil | Système hépatique | ERUi= 2,3.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹ | US-EPA (2001) |

Remarque : A la demande de la DREAL, GINGER BURGEAP a intégré la VTR « sans seuil » dans l'évaluation du risque sanitaire. Cette méthodologie n'est cependant pas celle mentionnée dans la Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 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 qui indique que :

« S'agissant des effets cancérogènes non génotoxiques, sous réserve que ceux-ci aient été démontrés, il est admis qu'il existe une dose seuil. **Une VTR à seuil est donc à utiliser par le pétitionnaire, valeur à privilégier sur l'éventuelle existence d'une valeur sans seuil** ».

Une VTR « à seuil pour les effets cancérogènes » étant disponible et établie par l'ANSES (63 µg/m³), elle est ainsi théoriquement à privilégier sur la VTR « sans seuil »

3.3 Scénarii d'exposition

Au regard des populations identifiées à proximité du site, les cibles potentielles sont les travailleurs et/ou les riverains. Ces cibles seront définies selon deux scénarii d'exposition :

- **Scénario « Riverain »**

Pour ce scénario, il est considéré une population constituée d'adultes et d'enfants :

- Des enfants résidant dans les logements. L'âge des enfants résidant ou séjournant à proximité du site est supposé être compris entre 0 et 6 ans. Dans une approche majorante discutée au paragraphe incertitudes, ces enfants sont considérés comme présent 24h/jour, 365 jours par an, à leur domicile. Le temps d'exposition est pris égal à 6 ans.
- Des adultes résidant dans les logements ou séjournant dans les établissements de santé. Dans une approche majorante discutée au paragraphe incertitudes, ces adultes sont présents 24 h/jour, 365 jours par an à leur domicile. La durée d'exposition est prise égale à 30 ans. La durée de la vie entière est quant à elle prise égale à 70 ans.

- **Scénario « Travailleur » / « Riverains »**

- Pour ce scénario, il est considéré une population constituée d'adultes employés dans les entreprises et/ou industries situés à proximité du site et habitant dans la zone. Conformément aux préconisations de l'INERIS, il est considéré une exposition de 20% du temps sur leur lieu de travail et 80% à leur domicile. La durée d'exposition est prise égale à 30 ans. La durée de la vie entière est quant à elle prise égale à 70 ans.

Tableau 7 : Synthèse de la fréquence d'exposition par scénario

| Paramètre | Scénario « Riverain » | Scénario « Travailleur/riverain » |
|---------------------------------|---|--|
| Temps d'exposition par scénario | 100% du temps au niveau du riverain considéré | 20% du temps au niveau de l'entreprise (I1) + 80% du temps au niveau du riverain le plus impacté |

Il convient de préciser qu'en l'absence de données sur le transfert des polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur où les riverains et les travailleurs passent une grande partie de leur temps, il a été considéré que les concentrations dans l'air intérieur sont égales à celles dans l'air extérieur. Par conséquent, le temps passé à l'intérieur des habitations n'est pas distingué du temps passé à l'extérieur.

3.4 Évaluation des niveaux d'expositions par modélisation

3.4.1 Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

L'objectif de cette phase est d'estimer par modélisation les concentrations environnementales liées au fonctionnement normal de l'installation, sur une période longue (chronique), dans les milieux d'exposition sélectionnés à la suite de l'établissement du schéma conceptuel, à savoir l'air ambiant.

Pour cela, il a été mis en œuvre un modèle de dispersion atmosphérique, ADMS 5 (version 5.2), modèle gaussien spécialement développé pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles sur des zones complexes. Développé depuis 15 ans par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), cet outil numérique est largement utilisé et reconnu par les institutions publiques et privées de la pollution atmosphérique, en France (INERIS), et dans le monde (US-EPA). Il a été validé par l'outil européen d'évaluation des modèles de dispersion : le « Model Validation Kit » [Olesen, 2010]¹. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine.

Les spécificités de ce logiciel sont présentées en Annexe 2.

¹ Olesen H. R. and Chang J.C. (2010), 'Consolidating tools for model evaluation', International Journal of Environment and Pollution, 40, 1/2/3.

► Paramétrage du modèle

Les différents paramètres retenus pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Paramètres utilisés dans ADM5 pour la modélisation de la dispersion atmosphérique

| Paramètre | Données utilisées | Commentaire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-----------|-------------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Domaine de modélisation | <input checked="" type="checkbox"/> Domaine d'étude <input type="checkbox"/> Autre | Dimensions : Carré de 6 km de côté centré sur le site Résolution : 40 mètres adaptée à la taille du site et la distance des cibles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Données météorologiques locales | <input checked="" type="checkbox"/> Observations réelles <input type="checkbox"/> Données modélisées <input type="checkbox"/> Données statistiques | <input checked="" type="checkbox"/> Vitesse du vent <input checked="" type="checkbox"/> Direction du vent <input checked="" type="checkbox"/> Températures <input checked="" type="checkbox"/> Précipitations <input checked="" type="checkbox"/> Nébulosité totale <input type="checkbox"/> Paramètres de stabilité <input checked="" type="checkbox"/> Période considérée : 2020, 2021, 2022 <input checked="" type="checkbox"/> Fréquence des données : horaires interpolées Localisation de la station : Campistrous (hors Nébulosité : Lourdes) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Total des données utilisées | Nombre de données totales : 25 663 Nombre de données non utilisables : 641 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conditions de vent calme : <input checked="" type="checkbox"/> Pris en compte <input type="checkbox"/> Non pris en compte | Module de vents calmes utilisé | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Description de la stabilité atmosphérique | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Analyse d'échelle de Monin-Obukhov | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Le calcul de la hauteur de couche limite tient compte des heures précédentes dans la journée. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surélévation des panaches à l'émission | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Modèle intégral de trajectoire 3D en sortie de cheminée utilisé. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Polluants modélisés | <input checked="" type="checkbox"/> Polluants gazeux <input type="checkbox"/> Polluants particulaires | Le composé modélisé est le trichlorométhane (TCmA). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sources modélisées | <input checked="" type="checkbox"/> Ponctuelle : 1 <input type="checkbox"/> Linéique : 0 <input type="checkbox"/> Surfactive : 0 <input type="checkbox"/> Volumique : 0 <input type="checkbox"/> Jet : 0 | La source modélisée est la cheminée du rejet de trichlorométhane (colonne D5850) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Variation temporelle | <input checked="" type="checkbox"/> Facteurs d'émissions annuels <input type="checkbox"/> Facteurs d'émissions mensuels <input type="checkbox"/> Facteurs d'émissions horaires | Emissions considérées comme constantes au cours de l'année | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nature des sols | <input checked="" type="checkbox"/> Variable <input type="checkbox"/> Fixe | Prise en compte du relief (IGN) et de la hauteur de rugosité (Corine Land Cover) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bâtiments obstacles | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non | Dimensions des bâtiments/obstacles négligeables par rapport aux hauteurs des sources canalisées. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Points récepteurs | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | 9 riverains et 1 travailleurs (figure et tableau ci-dessous) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typologie</th> <th colspan="3">Récepteur</th> <th>Typologie</th> <th>Récepteur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Riverains</td> <td>R1</td> <td>R4</td> <td>R7</td> <td rowspan="3">Travailleur</td> <td rowspan="3">I1</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>R5</td> <td>R8</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>R6</td> <td>R9</td> </tr> </tbody> </table> | Typologie | Récepteur | | | Typologie | Récepteur | Riverains | R1 | R4 | R7 | Travailleur | I1 | R2 | R5 | R8 | R3 | R6 | R9 | |
| Typologie | Récepteur | | | Typologie | Récepteur | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Riverains | R1 | R4 | R7 | Travailleur | I1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R2 | R5 | R8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R3 | R6 | R9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temps d'intégration | <input checked="" type="checkbox"/> Horaire <input type="checkbox"/> Autre | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paramètres calculés en sortie | <input checked="" type="checkbox"/> Concentration moyenne annuelle <input type="checkbox"/> Dépôt moyen annuel total (sec et humide) | Hauteur de calcul : 1.5 mètre au-dessus du sol pour les concentrations dans l'air ambiant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

► **Résultats**

La carte et tableau ci-après présentent la dispersion du panache de trichlorométhane et les concentrations moyennes annuelles modélisées aux points récepteurs.

Figure 14 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en trichlorométhane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

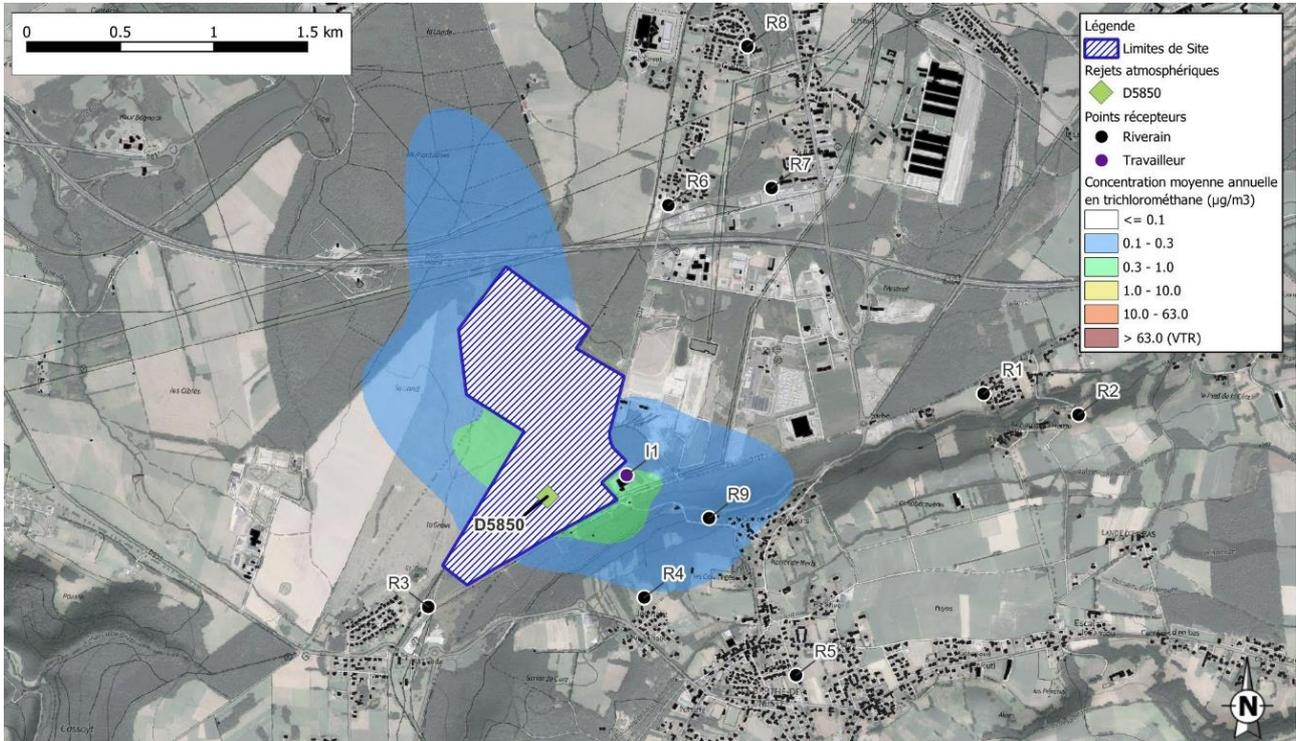


Tableau 9 : Concentrations moyennes modélisées en trichlorométhane dans l'air au niveau des récepteurs

| Récepteurs | | Trichlorométhane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|--------------|-------|---|
| Typologie | Point | |
| Riverains | R1 | 0.03 |
| | R2 | 0.03 |
| | R3 | 0.03 |
| | R4 | 0.09 |
| | R5 | 0.04 |
| | R6 | 0.04 |
| | R7 | 0.03 |
| | R8 | 0.02 |
| | R9 | 0.14 |
| Travailleurs | I1 | 0.29 |

3.4.2 Calcul des niveaux d'exposition

Les doses d'exposition ou quantités administrées représentent les quantités de polluant mises en contact des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons pour les polluants gazeux et à travers lesquels les polluants peuvent éventuellement pénétrer.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \frac{\sum_i C_i \times t_i}{T}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m^3)
- t_i/T : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée (voir paragraphe 0)

Le tableau ci-dessous présente les doses d'exposition calculées pour les 2 scénarios d'exposition retenus (riverain et travailleur/riverain)

Tableau 10 : Calcul des doses d'exposition à seuil pour les récepteurs adultes

| Récepteurs | | CI Trichlorométhane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|----------------------|-----------|---|
| Typologie | Point | |
| Riverains | R1 | 0.03 |
| | R2 | 0.03 |
| | R3 | 0.03 |
| | R4 | 0.09 |
| | R5 | 0.04 |
| | R6 | 0.04 |
| | R7 | 0.03 |
| | R8 | 0.02 |
| | R9 | 0.14 |
| Travailleur/riverain | I1 + Rmax | 0.17 |

3.5 Caractérisation des risques sanitaires

3.5.1 Méthodologie de calcul des risques

L'évaluation quantitative des risques sanitaires du site aboutit au calcul d'indicateurs de risque exprimant quantitativement les risques potentiels encourus par les populations du fait de la contamination des milieux d'exposition :

- Quotients de danger (QD) pour les effets à seuil ;
- Excès de risque individuels (ERI) pour les effets sans seuil.

▸ Effets toxiques à seuil

Il est à rappeler que le trichlorométhane présente des effets potentiels tant cancérigènes à seuil que non cancérigènes à seuil (système hépatique). Ainsi deux QD sont calculés pour ces deux types d'effet.

Le Quotient de Danger (QD) est déterminé à l'aide de la formule ci-dessous :

$$QD = \frac{CI}{VTR_{AS,inh}}$$

Avec :

- QD = Quotient de Danger
- CI = concentration moyenne inhalée pour la substance (niveau d'exposition par inhalation)
- VTR = valeur toxicologique de référence, à seuil, pour la voie et la durée d'exposition correspondant au scénario considéré

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques pour les effets toxiques à seuil, les quotients de danger ainsi calculés sont habituellement comparés à la **valeur repère de 1**.

Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement. Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît donc peu probable.

▸ Effets toxiques sans seuil

Comme mentionné précédemment, ce calcul est réalisé à la demande de la DREAL, les effets « cancérigènes » étant théoriquement estimés préférentiellement à l'aide du calcul de QD utilisant la VTR à seuil pour les effets cancérigènes.

L'Excès de Risque Individuel (ERI) est déterminé à l'aide de la formule ci-dessous :

$$ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$$

Avec :

- ERI = Excès de Risque Individuel
- CI = concentration moyenne inhalée pour la substance (niveau d'exposition par inhalation)
- Ti = Durée de la période d'exposition i (en années) sur laquelle l'exposition (CI) est calculée. Ici, Ti = 30 ans
- Tm = Durée de la vie (en années)

Comme indiqué dans le guide IEM ERS de l'INERIS, « Pour les effets sans seuil, l'exposition est moyennée sur la durée de vie (Tm), **conventionnellement 70 ans**. Une **durée maximale d'exposition (Ti) de 30 ans** est généralement admise pour les individus résidant à un endroit donné

- VTR = valeur toxicologique de référence, sans seuil, pour la voie et la durée d'exposition correspondant au scénario considéré

3.5.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil

Le tableau suivant présente les quotients de danger pour le récepteur le plus impacté parmi les scénarii riverains et travailleur/riverain, ainsi que la valeur repère.

Tableau 11 : Quotients de danger par substance et par scénario

| Substance | Type d'effets | VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Scénario « Riverains max. » (R9) | | Scénario «Travailleur/riverain » (I1 + R9) | |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------|--|--------|
| | | | CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | QD | CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | QD |
| Trichlorométhane | Effets à seuil Non cancérigènes | 98 | 0.14 | < 0.01 | 0.17 | < 0.01 |
| | Effets à seuil Cancérigènes | 63 | 0.14 | < 0.01 | 0.17 | < 0.01 |
| Valeur repère | | | | 1 | | 1 |

L'ensemble des QD sont inférieurs à la valeur repère de 1. Par conséquent, le risque sanitaire chronique liés à l'inhalation de trichlorométhane pour les effets cancérigènes et non cancérigènes à seuil émis par le site est non significatif, au niveau des populations les plus exposées, selon le mode de fonctionnement retenu tenant compte des émissions estimées à partir de la concentration moyenne et le débit prescrit par l'arrêté préfectoral.

3.5.3 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil

Le tableau suivant présente les excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté parmi les scénarii riverains et travailleur/riverain, ainsi que la valeur repère.

Tableau 12 : Excès de risque individuel par substance et par scénario

| Substance | Type d'effets | VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ | Scénario « Riverains max. » (R9) | | Scénario «Travailleur/riverain » (I1 + R9) | |
|------------------|-------------------|---|----------------------------------|---------------------|--|---------------------|
| | | | CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | ERI | CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | ERI |
| Trichlorométhane | Effets sans seuil | $2,3 \cdot 10^{-5}$ | 0.14 | $1,4 \cdot 10^{-6}$ | 0.17 | $1,7 \cdot 10^{-6}$ |
| Valeur repère | | | | 10^{-5} | | 10^{-5} |

L'excès de risque individuel est inférieur à la valeur repère de 10^{-5} . Par conséquent, le risque sanitaire chronique liés à l'inhalation de trichlorométhane pour les effets sans seuil émis par le site est non significatif, au niveau des populations les plus exposées, selon le mode de fonctionnement retenu tenant compte des émissions estimées à partir de la concentration moyenne et le débit prescrit par l'arrêté préfectoral.

3.6 Discussion des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante de l'EQRS. Afin de ne pas alourdir cette analyse tout en restant suffisant, les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation.

Les principales incertitudes liées à la caractérisation des risques concernent les points suivants :

- La quantification des émissions annuelles ;
- Les concentrations de trichlorométhane modélisées ;
- Les valeurs toxicologiques de référence ;
- Les temps d'exposition des cibles considérées ;

Les incertitudes associées à chacun de ces points sont discutées dans les paragraphes suivants.

3.6.1 Quantification des émissions annuelles

Le flux d'émissions annuel est le principal élément d'entrée du modèle. Il détermine en très grande partie la concentration modélisée. Pour rappel, le flux annuel des émissions a été estimé à partir de la concentration moyenne mesurée en continu à haute fréquence sur plusieurs jours. Ces données ont été fournies par ARKEMA dans le cadre de cette évaluation des risques sanitaires.

A titre informatif, les graphiques ci-dessous représente l'évolution et la répartition des concentrations mesurées à l'émission au cours de la campagne de mesures :

Figure 15 : Evolution des concentrations en trichlorométhane à l'émission lors de la campagne de mesures (mg/Nm³ sur gaz sec)

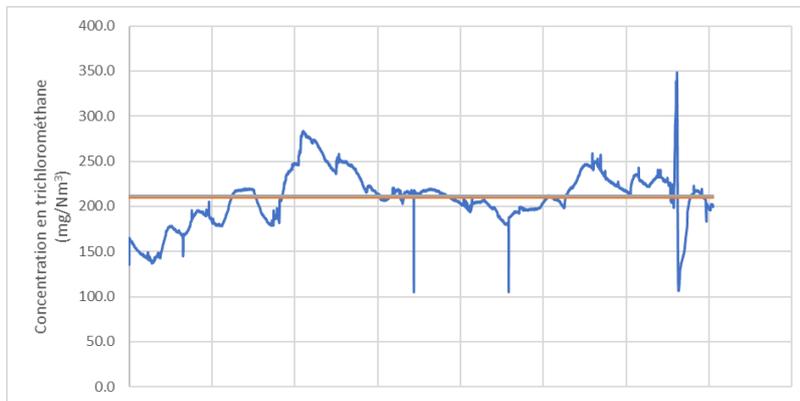
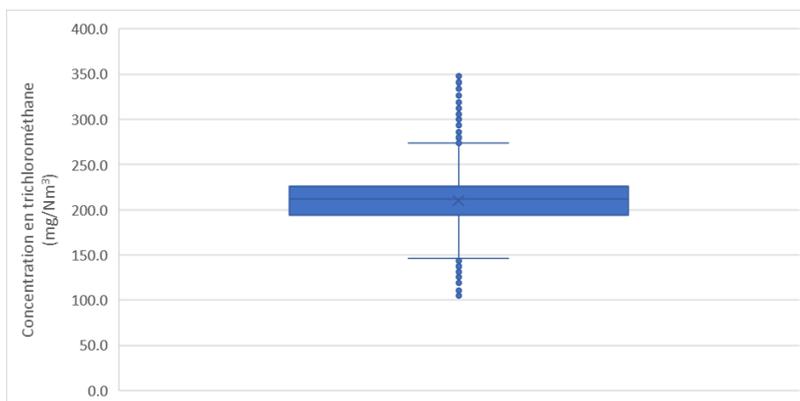


Figure 16 : Répartition des concentrations en trichlorométhane à l'émission lors de la campagne de mesures (mg/m³)



3.6.2 Concentrations de trichlorométhane modélisées

La modélisation de la dispersion atmosphérique est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité. Il y a donc une incertitude intrinsèque au modèle entourant les résultats de modélisation.

Le tableau suivant, liste les principales composantes du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces composantes est classée suivant les critères : nulle, faible, moyenne, élevée.

Tableau 13 : Synthèse des incertitudes relatives aux données d'entrée générales de la modélisation

| Paramètre | Complexité | Commentaire |
|--|------------|--|
| Relief sur le domaine d'étude | Faible | L'environnement du site présente un relief peu marqué et intégré à la modélisation, dans le domaine de validité du modèle. |
| Occupation des sols sur le domaine d'étude | Faible | Les données d'occupation des sols ont été étudiées afin de définir un coefficient de rugosité représentatif autour du site. Ce coefficient est fixe sur l'ensemble du domaine d'étude. |
| Météorologie | Modérée | Les données utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont des données réelles horaires interpolées sur 3 ans (2020-2022) collectées auprès de la station Météo France la plus proche du site (Campistrous et Tarbes). La station de Campistrous se trouve à moins de 5 kilomètres au Nord du site, et peut donc être considérée comme représentative des données observées cette installation |
| Echelles spatiales étudiées | Faible | Les sites sensibles étudiés sont localisés entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres des sources, c'est à dire dans le domaine de validité du modèle. |

Ainsi, les paramètres de modélisation généraux sont maîtrisés et ne sont pas de nature à remettre en cause les résultats obtenus.

3.6.3 Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs. **Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses.**

La note DGS/DGPR d'octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact a été prise en compte pour la sélection des VTR.

De plus, il a été intégré dans le cadre de cette évaluation du risque sanitaire, la prise en compte de la VTR « sans seuil » pour le chloroforme en complément de la VTR à seuil relative aux effets cancérogènes définie par l'ANSES. Cette prise en compte complémentaire aboutit aux mêmes conclusions sur l'absence de risque significatif.

Ainsi, le choix des VTR n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

3.6.4 Temps d'exposition

Il a été pris en compte dans le cadre du scénario « habitation » et des scénarii travailleur/riverains, l'hypothèse que la population du domaine d'étude est exposée aux rejets du site 100 % du temps, c'est-à-dire 24h/24 et 365 jours par an.

Or, il s'avère que cette hypothèse est majorante au vu des données issues de la base CIBLEX. Cette base de données, élaborée par l'ADEME et l'Institut de Radioprotection de Sûreté Nucléaire (IRSN), contient de nombreux paramètres descriptifs de la population française et notamment le budget espace/temps, c'est-à-dire le temps passé à l'intérieur et à l'extérieur du lieu d'habitation.

Le tableau suivant présente, pour la population adulte, le temps moyen temps passé hors du lieu d'habitation (données départementales – Hautes-Pyrénées) pour une commune ayant une population entre 2 000 et 20 000 habitants). Les activités présentées sont données à titre d'exemple, cette liste n'étant pas exhaustive.

Tableau 14 : Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour (population entre 2 000 et 20 000 habitants par commune)

| Lieu | Adulte | | Enfant | |
|------------------------------------|---|---|--|--|
| | 17 à 60 ans | Plus de 61 ans | 1 à 2 ans | 2 à 7 ans |
| Promenade hors lieu d'habitation | 63 <i>(25% de taux de pratique)</i> | 75 <i>(33% de taux de pratique)</i> | 45 <i>(100% de taux de pratique)</i> | 75 <i>(100% de taux de pratique)</i> |
| Lieu de travail/garderie ou écoles | 446 <i>(60% de taux de pratique)</i> | 280 <i>(4% de taux de pratique)</i> | 240 <i>(100% de taux de pratique)</i> | 210 <i>(100% de taux de pratique)</i> |
| Autres lieux hors habitation | 167 <i>(85% de taux de pratique)</i> | 146 <i>(74% de taux de pratique)</i> | - | - |

D'après les informations mentionnées dans ce tableau, la population adulte passe une importante partie de son temps à l'extérieur de son habitation. Les enfants en bas âge sont souvent en promenade à l'extérieur du domicile familial.

Ces données confirment que l'hypothèse retenue correspondant à une présence de 100 % du temps sur le lieu d'habitation (intérieur ou extérieur) est source d'incertitude mais conduit à une évaluation majorante des niveaux de risque.

Conclusions

La société ARKEMA a sollicité GINGER BURGEAP afin de réaliser étude de risques sanitaires (ERS) pour ses émissions de **trichlorométhane** (chloroforme ou TCmA, N° CAS 67-66-3) sur le site de l'usine de Lannemezan, située dans les Hautes-Pyrénées (65).

L'ERS d'un site vise à apprécier les effets (impacts) potentiellement induits par une installation en activité ou en projet sur la santé des populations voisines.

Cette étude a été réalisée selon la démarche intégrée définie dans le guide de l'INERIS « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées », conforme à la **circulaire du 9 août 2013** relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

Afin d'atteindre les objectifs fixés et de répondre aux demandes de la DREAL, les outils méthodologiques ont été appliqués dans 3 étapes successives :

- Évaluation des émissions de l'installation ;
- Évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- Évaluation prospective des risques sanitaires.

▸ Évaluation des émissions de trichlorométhane

Une seule source d'émission a été retenue dans le cadre de cette étude (rejet D5850). Les caractéristiques physiques des rejets ont été fournis par ARKEMA. Le débit massique émis à l'atmosphère est estimé à partir des concentrations moyennes mesurées sur le rejet sur 2 jours et fournies par ARKEMA, ainsi que sur le débit volumique limite prescrit dans l'arrêté préfectoral de l'installation.

▸ Évaluation des enjeux et conceptualisation de l'exposition

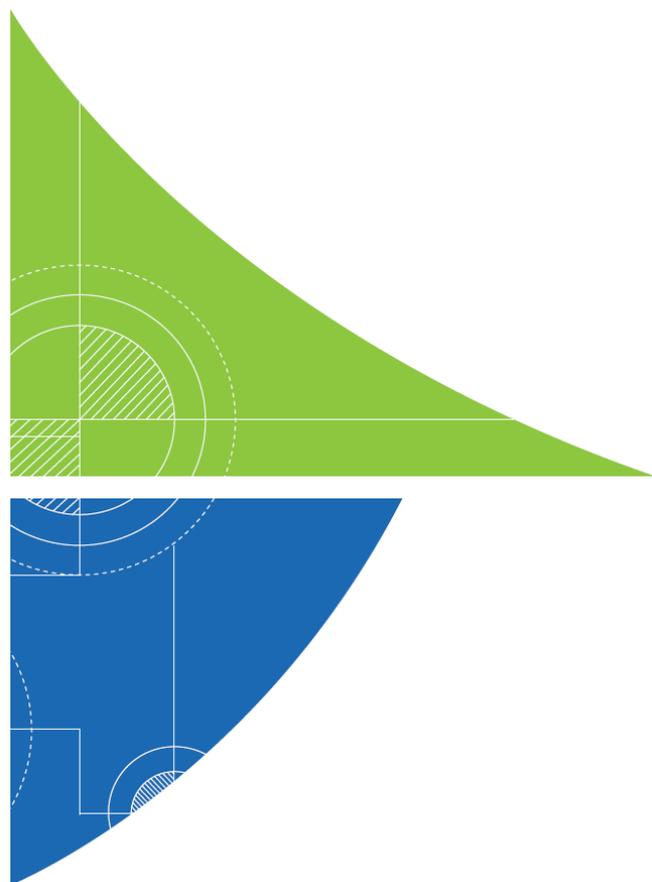
L'environnement immédiat de l'installation ARKEMA est industriel et rural. Le site est installé au sud de la commune de Lannemezan avec les premiers riverains à 300 mètres des limites du site. Les principales populations exposées aux émissions atmosphériques sont ainsi les travailleurs des industries situées à proximité immédiate ainsi que les riverains habitant à Lannemezan, Avezac-Prat-Lahitte et La Barthe-de-Neste. Au vu du caractère gazeux à l'émission du trichlorométhane et de l'objectif de l'étude, seule l'exposition chronique par inhalation est retenue.

▸ Evaluation des risques sanitaires

Enfin l'évaluation des risques sanitaires menée sur les concentrations moyennes annuelles estimées en sortie par modélisation, basées la moyenne des concentrations à l'émission de trichlorométhane, montrent que les risques sanitaires liés à une exposition chronique par inhalation des populations présentes à proximité (riverain, travailleur/riverain) pour cette substance sont non significatifs, pour les effets à seuil et sans seuil.

Les différentes hypothèses retenues (quantification des émissions, choix des substances, valeurs toxicologiques de référence, ...) ainsi que les principales incertitudes intrinsèques à cette étude ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions proposées.

ANNEXES



Annexe 1. Principes généraux des calculs d'exposition

Cette annexe contient 1 page.

Inhalation de substances dans l'air extérieur

Inhalation de substances gazeuses et particulaires

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par l'équation générique suivante :

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

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- Ci : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps ti (en mg/m3)
- ti : fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant une journée
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)
- T : durée d'exposition (en années)
- Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (Tm) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quelle que soit la cible considérée.

Les volumes respiratoires moyens sont pris égaux à 20 m³/jour pour les adultes et les enfants à partir de 7 ans en référence aux débits considérés par les organismes internationaux pour la dérivation des valeurs toxicologiques. On notera cependant que la moyenne établie pour les hommes et les femmes adultes à partir des données de CIBLEX sont de 25,7 m³/jour en période active et 17,5 m³/jour en période de sommeil, pour les enfants de 7 à 12 ans, la moyenne est de 20,9 m³/jour et de 21,4 m³/jour pour les adolescents de 12 à 17 ans.

Pour les enfants de 0 à 7 ans, le volume respiratoire considéré est de 10 m³/jour (moyenne entre les garçons et les filles en période active à partir des données de CIBLEX).

Rappelons que ces volumes respiratoires ne sont pris en compte que pour la dérivation des valeurs toxicologiques de la voie orale à la voie inhalation le cas échéant ; en l'absence de dérivation, ils n'interviennent pas dans les calculs des risques sanitaires.

Annexe 2. Présentation du logiciel ADMS

Cette annexe contient 6 pages.

ASPECTS TECHNIQUES : MODELISATION ATMOSPHERIQUE

Grâce à ses performances techniques, ADMS est considéré par l'INERIS², l'InVS³ et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

Description verticale de la couche atmosphérique (entre la surface et 2000 mètres d'altitude)

L'un des points forts d'ADMS est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère grâce aux classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue (analyse d'échelle permettant notamment de caractériser le niveau de turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions). Cette nouvelle approche présente deux avantages majeurs :

- Une description continue de l'atmosphère, et non plus sous forme de classes limitant le nombre de situations météorologiques.
- Une description verticale de l'atmosphère, prenant en compte la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire. La couche atmosphérique n'est donc plus considérée comme une couche homogène et les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

Pré-processeur météorologique

ADMS intègre par ailleurs un pré-processeur météorologique, qui recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques (vent, température, turbulence), à partir des données de surface fournies par Météo France et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Une fois les profils verticaux établis, ADMS peut simuler la dispersion des panaches.

ADMS travaille en mode séquentiel horaire

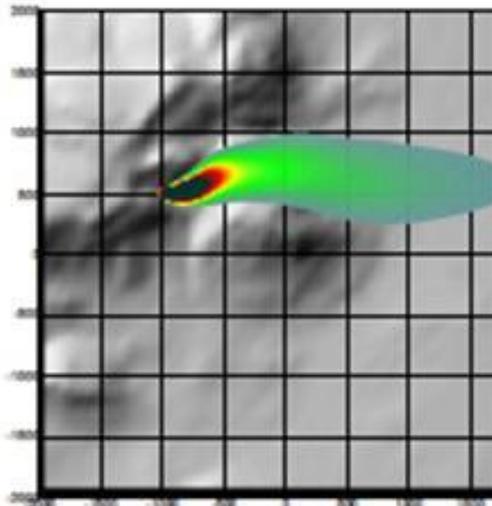
Beaucoup de gaussiens « classiques » travaillent en mode statistique : à partir de données météorologiques horaires ou tri-horaires, ils regroupent les situations météorologiques par classes, et effectuent le calcul de dispersion en attribuant un poids statistique à chacun des résultats. ADMS effectue un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique horaire (de façon automatique et transparente pour l'utilisateur), et cela sur du long-terme (jusqu'à 5 années). De plus, le pré-processeur intégré à ADMS tient compte des conditions météorologiques passées, ce qui permet de prendre en compte l'évolution diurne de la couche atmosphérique (situation convective par exemple), ce qui n'est pas le cas des gaussiens classiques.

Prise en compte du relief

ADMS intègre un modèle fluide diagnostique, FLOWSTAR, qui calcule au besoin les champs de vent et de turbulence en 3D (résolution horizontale de l'ordre de 100 mètres, sur 10 niveaux verticaux) sur tout le domaine d'étude, pour chaque situation météorologique horaire ou tri-horaire. Il utilise les données topographiques directement disponibles auprès de l'IGN. Les modèles gaussiens « classiques » ne prennent généralement en compte le relief que de façon très grossière, en ré-évaluant de façon approximative la hauteur des panaches par rapport au sol. Le vent reste néanmoins constant sur tout le domaine d'étude. La modification de la trajectoire d'un panache liée à la présence d'une colline n'est pas envisageable, contrairement à ce qui est calculé par ADMS (exemple de résultat ci-dessous).

² Guide méthodologique « Évaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement », INERIS 2003.

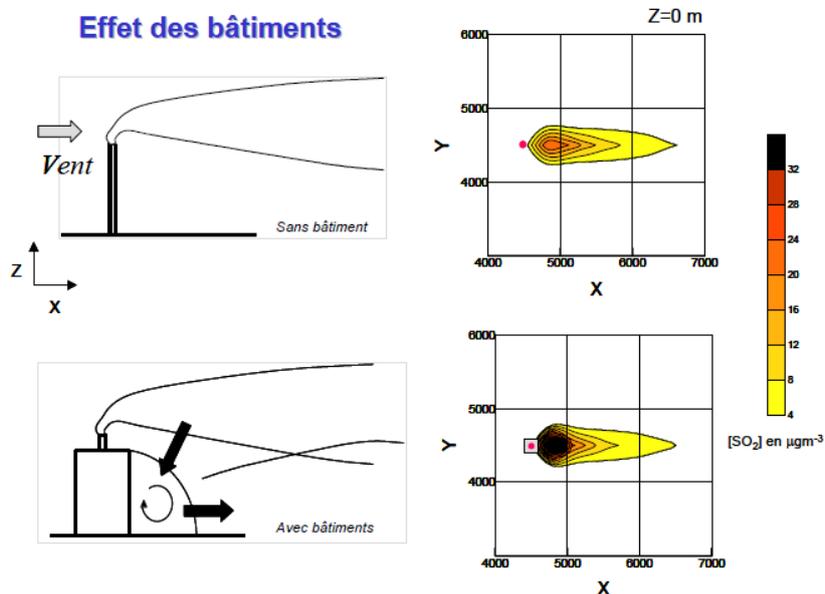
³ Rapport « INCINERATEURS ET SANTE, Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM. Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition » Institut de Veille Sanitaire - Département Santé Environnement, 2003.



Dispersion d'un panache par ADMS sur un relief complexe.

Le module bâtiment

Un module de bâtiment (« Buildings Option ») permet de prendre en compte l'influence des bâtiments d'un site industriel sur la dispersion des panaches. A titre d'exemple, un exutoire situé en toiture d'un bâtiment industriel de 30 mètres, sera considéré comme une cheminée de 30 mètres de hauteur placée sur un terrain plat par les modèles gaussiens « classiques ». Au contraire, ADMS peut prendre en compte l'influence des bâtiments susceptibles de fortement perturber la dispersion (rabattement de panache, zones de recirculation...).



Effet d'un bâtiment industriel sur la dispersion d'un panache

Le modèle de déposition des particules intégré

Un module de calcul de dépôt intégré à ADMS permet de prendre en compte les phénomènes de dépôt sec (diffusion au sol des panaches et chute par gravité) et de dépôt humide (lessivage par les précipitations) pour les effluents particulaires. Pour le dépôt sec, le module utilise une formulation du type :

$$F_d = V_d C(x, y, 0)$$

Où :

- F_d est le flux de déposition en masse par unité de surface et par unité de temps,
- V_d la vitesse de déposition,
- $C(x, y, 0)$ la concentration au sol au point de coordonnées (x, y) pour le polluant considéré.

Contrairement aux modèles classiques qui utilisent une vitesse de déposition constante dans le temps et sur le domaine, le module de dépôt de ADMS calcule (pour chaque type de particule) les vitesses de déposition toutes les heures et pour chaque point de la grille de calcul. Ce calcul tient compte des conditions météorologiques (vents et stabilité), de la nature variable des sols (rugosité) et des propriétés des particules (granulométrie et densité). Le taux de lessivage intervenant dans le calcul du dépôt humide est quant à lui homogène sur le domaine, mais est cependant recalculé toutes les heures à partir des données horaires (ou à défaut tri-horaires) de précipitation (données Météo France). Le taux de lessivage appliqué au panache est calculé suivant la formulation suivante :

$$\Lambda = a \times P^b$$

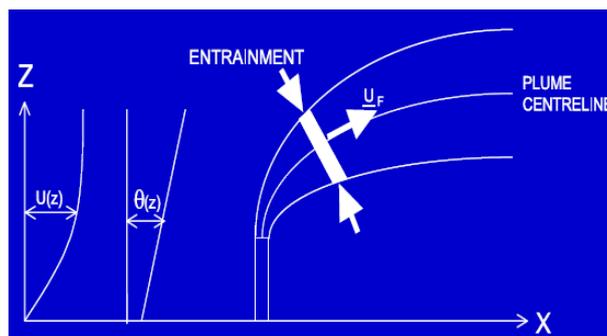
Où :

- Λ est le taux de lessivage (en s⁻¹),
- P le taux de précipitation (en mm/h),
- a et b deux constantes déterminées expérimentalement.

Le modèle intégral de trajectoire de panache

Afin de tenir compte des effets de vitesse et de température en sortie de cheminée sur l'élévation des panaches, beaucoup de modèles utilisent une simple « sur-hauteur » estimée empiriquement (formules de Holland, Briggs...). ADMS utilise un modèle intégral qui calcule précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée, en fonction des paramètres d'émission (vitesse et température) et des conditions atmosphériques (profils de vent et de température). Ce modèle améliore nettement la précision des concentrations calculées. Il prend également en compte les effets de sillage des cheminées (turbulence), lorsque celles-ci ont un diamètre important.

Remarque : ce sont principalement ces phénomènes turbulents induits par les bâtiments, la turbulence en sortie de cheminée et les effets de sillage qui font que les modèles gaussiens « classiques » ne sont pas valides dans un rayon inférieur à 100 mètres de la source, ce qui n'est pas le cas d'ADMS dont le module bâtiment a par exemple été complètement validé par des tests en soufflerie.

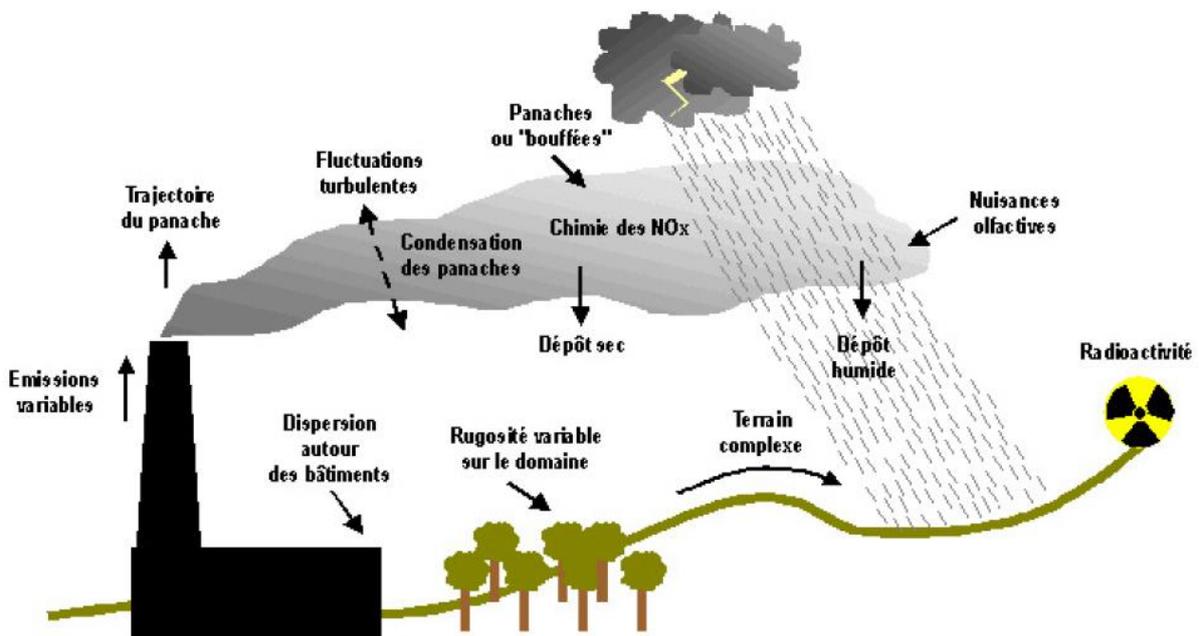


Modèle intégral de trajectoire utilisé dans ADMS

MODULES INTEGRES AU LOGICIEL ADMS

Outre ses avantages techniques, ADMS intègre dans sa version de base de nombreux modules permettant de faire des calculs spécifiques, qui ne sont souvent pas proposés par les autres modèles de sa catégorie.

- Un module de « bouffée » (« Puff »), qui permet d'étudier la dispersion d'émissions accidentelles en fonction du temps (régime non-stationnaire). Ce module permet de calculer des doses pour des points spécifiques.
- Un module chimique qui permet de calculer la répartition NO/NO₂ et la concentration en ozone : en général, les taux d'émissions concernent en effets les NO_x, et les valeurs réglementaires le NO₂. Un calcul photochimique est donc nécessaire.
- Un module de côte qui permet de prendre en compte l'interface terre/mer lorsque les sites sont situés en bordure de mer.
- Un module qui permet d'entrer des profils temporaires d'émission (exemple : arrêt des installations la nuit ou le week-end), mais également des données horaires d'émission.
- Un module qui permet de modéliser les nuisances olfactives (résultats en unités odeurs et calcul statistique de nombre de dépassement de seuil annuel), et de prendre en compte les fluctuations turbulentes des concentrations à très court-terme (quelques secondes).
- Un module qui permet de calculer les nuisances visuelles des panaches (condensation des panaches en fonction des conditions météorologiques).
- Un module « Radioactivité » qui permet de calculer la décroissance radioactive de polluants spécifiques et la décomposition des isotopes en éléments filles.

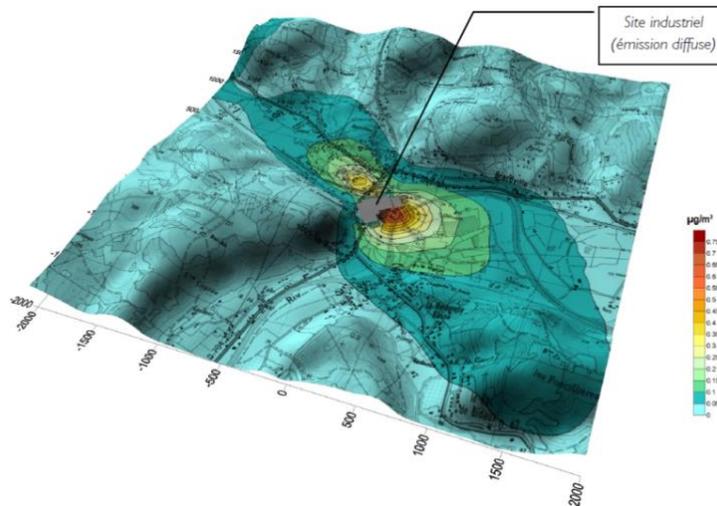


Phénomènes et processus pris en compte par ADMS

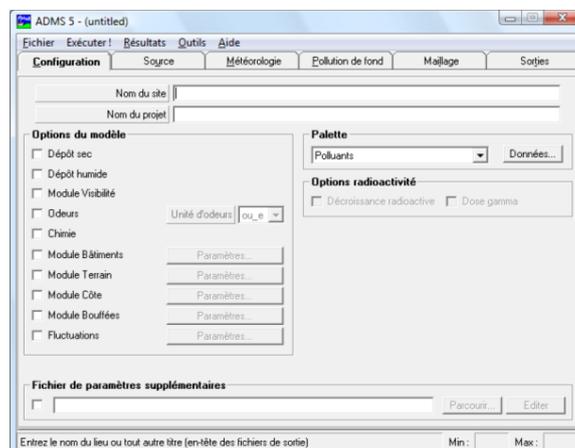
EXPLOITATION DES RESULTATS

Bien que pouvant prendre en compte des phénomènes complexes, le logiciel ADMS reste l'un des plus conviviaux du marché des logiciels de dispersion :

- Interfaçage Windows complet (Windows 95, 98, NT, 2000, XP, 7).
- Le logiciel intègre un convertisseur de données topographiques, qui permet d'entrer directement les données de relief (données DAD fournies par NUMTECH ou IGN par exemple) dans ADMS. De même, un convertisseur développé par NUMTECH permet d'intégrer directement les données météorologiques nécessaires au calcul de dispersion (données DAD fournies par NUMTECH ou Météo France par exemple).
- ADMS sort les résultats sous format texte (grille, ou tableaux pour des points particuliers). Il possède d'autre part un lien direct avec le logiciel graphique SURFER, qui permet de tracer directement les résultats sous forme de cartographies couleurs (voir ci-dessous). Il intègre également un outil « le Mapper » qui permet désormais le tracé de contours.
- Un lien direct avec les SIG ArcView et MapInfo qui permet d'entrer directement des sources d'émissions à partir de cartes (en « cliquant » sur des cartes), mais aussi de visualiser directement les résultats au format SIG.
- Les simulations ADMS peuvent d'autre part être lancées en procédure automatique « batch », c'est-à-dire les unes après les autres sans intervention de l'utilisateur.



Exemple de résultat obtenu grâce aux logiciels ADMS/SURFER (concentrations au niveau du sol)



Interface du logiciel ADMS 5

VALIDATIONS ET REFERENCES

ADMS a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux Conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit »,...

A ce titre, ADMS est utilisé par de nombreuses références nationales et internationales : INERIS, AFSSET, DRASS Ile de France, IRSN, CEA Cadarache, Météo France, Ecole Centrale de Lyon, ASPA, AIRFOBEP, AIR Languedoc Roussillon, TOTAL, RHODIA, SOLVAY France, BP, Shell, Exxon, Texaco, Conoco, PowerGen, Nuclear Electric, Astra Zeneca, ainsi que de nombreuses sociétés d'ingénierie et bureaux d'études (Rhoditech, SNPE, URS France, APAVE, SOGREAH, BURGEAP...).

ADMS est préconisé par l'INERIS dans le Guide Méthodologique de l'Evaluation des risques liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des ICPE, 2003. Il est considéré par l'InVS (rapport Incinérateur et santé, 2003) comme étant « à la pointe des dernières mises à jour scientifiques en matière de modèle gaussien ».



ADMS : « L'Etat de l'art » de la modélisation gaussienne

La « nouvelle génération »
des modèles de dispersion
INERIS, Guide ERS 2003



« An advanced model
for calculating concentrations »
US EPA, Center for Regulatory Air Models, 2003

