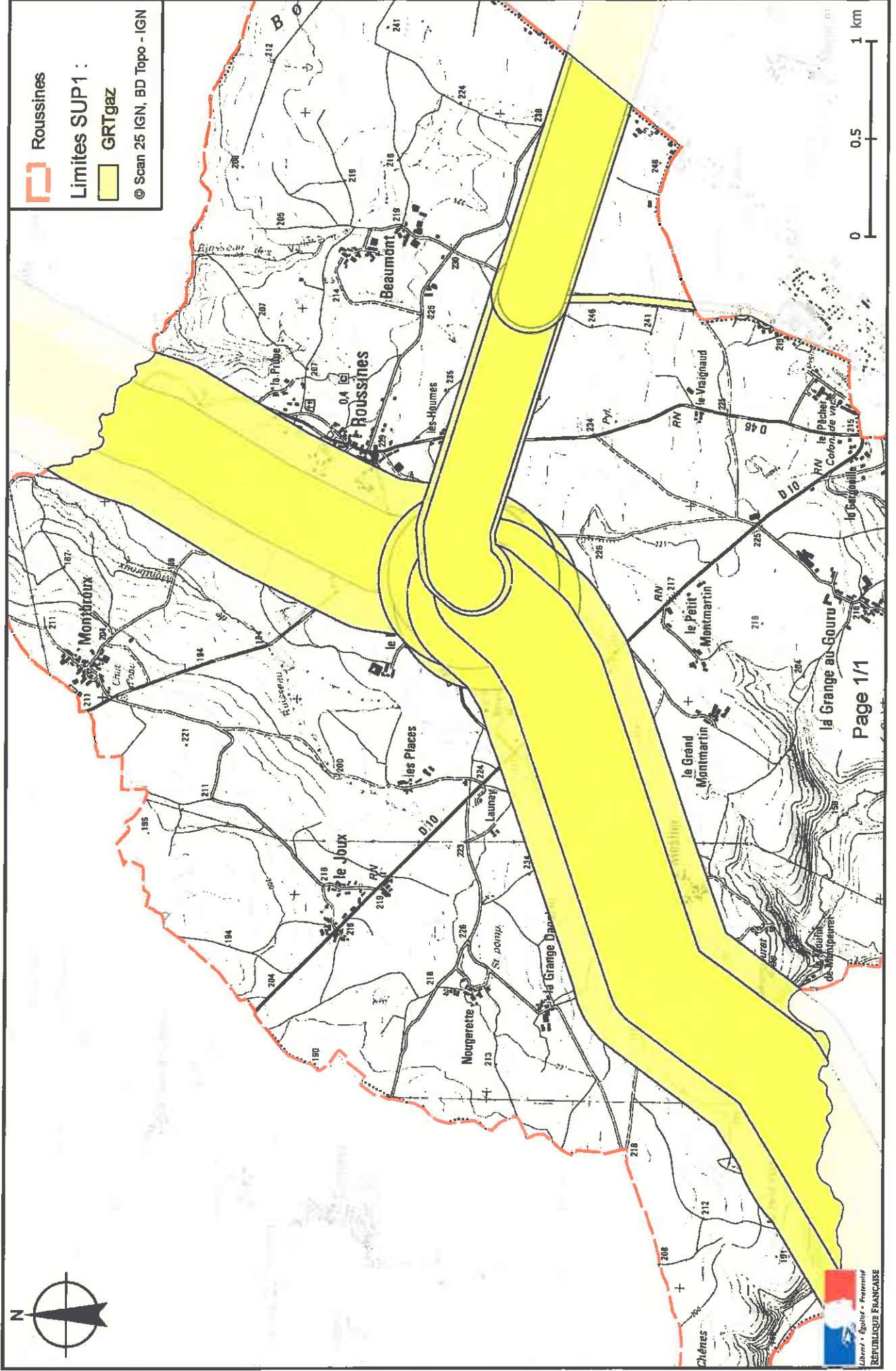
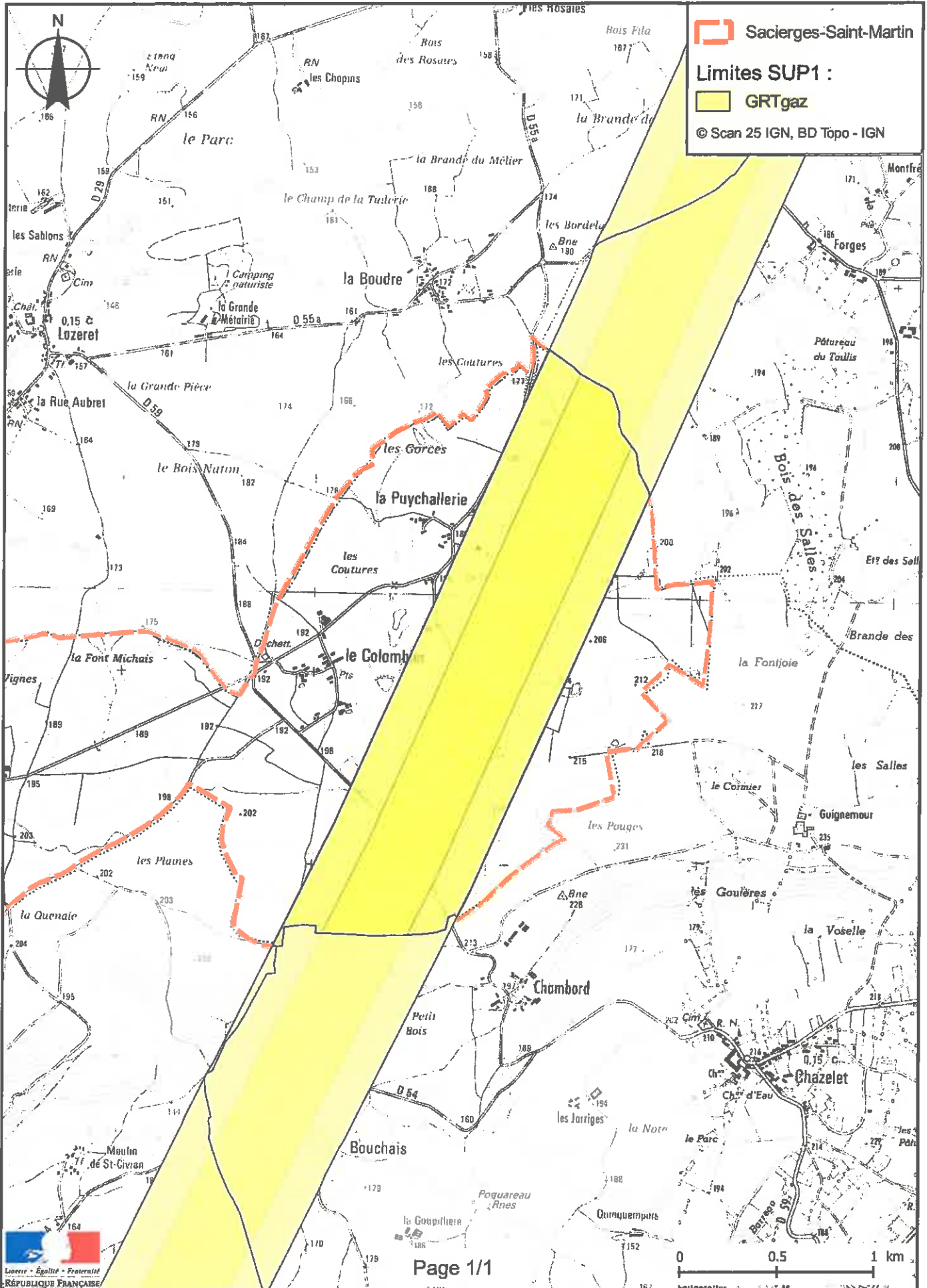


**SERVITUDES SUR LES COMMUNES DE ROUSSINES
ET DE SACIERGES-SAINT-MARTIN**

Servitudes d'utilité publique autour des canalisations de transport de matières dangereuses



Servitudes d'utilité publique autour des canalisations de transport de matières dangereuses



**FICHES DE DONNEES SECURITE DES COAGULANTS ET FLOCULANTS
POUVANT ETRE UTILISES PAR TERREAL**



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAID PC2780

RUBRIQUE 1: Identification de la substance/du mélange et de la société/l'entreprise

1.1. Identificateur de produit

Nom commercial ou désignation du mélange KLARAID PC2780

Date de la première publication 21/06/2018

Numéro de version 1.0

Date de révision 21/06/2018

1.2. Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées

Utilisations identifiées Coagulant

Utilisations déconseillées Aucun connu.

1.3. Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité

GE Water & Process Technologies France S.A.S.

Immeuble NEPTUNE II

35 bis Avenue Saint-Germain des Noyers

77400 SAINT-THIBAULT-DES-VIGNES

Tél. : 01 60 37 59 60

e-mail : emea.productregulatory.wts@suez.com

1.4. Numéro d'appel d'urgence

Numéro d'urgence multilingue (24/7)

Europe, Moyen Orient, Afrique, Israël (Anglais et langues des pays européens):

+44(0)1235 239670

Moyen Orient et Afrique (langue arabe):

+44(0)1235 239671

- Organisme consultatif officiel

ORFILA : 01 45 42 59 59

RUBRIQUE 2: Identification des dangers

2.1. Classification de la substance ou du mélange

Classification selon le règlement (CE) n° 1272/2008 et ses amendements

Dangers pour l'environnement

Dangers pour le milieu aquatique, danger à long terme Catégorie 3

H412 - Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

2.2. Éléments d'étiquetage

Étiquetage selon le règlement (CE) no 1272/2008 tel que modifié

Pictogrammes de danger Aucun(e)(s).

Mention d'avertissement Aucun(e)(s).

Mentions de danger

H412 Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Mentions de mise en garde

Prévention

P273 Éviter le rejet dans l'environnement.

Intervention Donnée inconnue.

Stockage Donnée inconnue.



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

Élimination

P501

Éliminer le contenu/réceptacle conformément aux réglementations locales/régionales/nationales/internationales.

Informations supplémentaires de l'étiquette

Aucun(e)(s).

2.3. Autres dangers

Aucun connu.

RUBRIQUE 3: Composition/informations sur les composants

Mélanges

Description chimique Polyamine quaternaire dans l'eau

Nom chimique	en %	N° CAS/n° CE	Numéro d'enregistrement REACH	Numéro index	Notes
Ethane-1,2-diamine polymérisée avec le (chlorométhyl)oxirane et la diméthylamine	50 - < 60	42751-79-1	-	-	

Classification : Aquatic Chronic 3;H412

La classification des substances visées ci-dessus est mentionnée, y compris les codes des classes et catégories de danger, les mentions de danger qui leur sont assignées, selon leurs dangers physico-chimiques, pour la santé et pour l'environnement. Se référer à la section 16 qui reprend le texte intégral de chaque mention de danger utilisée dans cette FDS.

RUBRIQUE 4: Premiers secours

4.1. Description des premiers secours

Inhalation	Sortir au grand air.
Contact avec la peau	Laver immédiatement et abondamment à l'eau.
Contact avec les yeux	Rincer les yeux à l'eau par mesure de précaution.
Ingestion	Rincer la bouche.

4.2. Principaux symptômes et effets, aigus et différés

Sans objet.

4.3. Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

Donnée inconnue.

RUBRIQUE 5: Mesures de lutte contre l'incendie

5.1. Moyens d'extinction

Moyens d'extinction appropriés	Eau pulvérisée. Poudre sèche. Mousse.
Moyens d'extinction inappropriés	Aucun connu.

5.2. Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

En cas d'incendie, des gaz dangereux pour la santé peuvent être produits.

5.3. Conseils aux pompiers

Équipements de protection particuliers des pompiers	Masque respiratoire. (CEN : EN 137) Vêtements de protection (CEN : EN 469) Gants de protection (CEN : EN 659) Casque (CEN : EN 443)
Procédures spéciales de lutte contre l'incendie	Employer des méthodes normales de lutte contre l'incendie et tenir compte des dangers associés aux autres substances présentes. Empêcher les déversements accidentels et les eaux de lutte contre l'incendie de pénétrer dans les égouts ou le milieu naturel.



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAID PC2780

RUBRIQUE 6: Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

6.1. Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

Pour les non-secouristes Vêtements de protection

Pour les secouristes Utiliser les protections individuelles recommandées dans la rubrique 8 de la FDS.

6.2. Précautions pour la protection de l'environnement Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel.
Ne pas jeter les résidus à l'égout, éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux.

6.3. Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage Absorber sur matériau inerte et éliminer conformément à la réglementation sur les déchets dangereux.
Après le nettoyage, rincer les traces avec de l'eau.

6.4. Référence à d'autres rubriques Se référer aussi à la section n°8 contrôle de l'exposition por des informations complémentaires.

RUBRIQUE 7: Manipulation et stockage

7.1. Précautions à prendre pour une manipulation sans danger Suivre les règles de bonnes pratiques chimiques.

7.2. Conditions d'un stockage sûr, y compris d'éventuelles incompatibilités Garder les récipients bien fermés dans un endroit sec, frais et bien ventilé.
Stocker à une température supérieure à 0°C.
Empêcher la substance de geler.

7.3. Utilisation(s) finale(s) particulière(s) Réservé à un usage professionnel en milieu industriel.

Durée de vie en pot 720 Jours

RUBRIQUE 8: Contrôles de l'exposition/protection individuelle

8.1. Paramètres de contrôle

Limites d'exposition professionnelle Il n'y a pas de limites d'exposition pour ce ou ces ingrédients.

Valeurs limites biologiques Il n'y a pas de limites d'exposition biologique pour ce ou ces ingrédients.

Procédures de suivi recommandées Donnée inconnue.

Doses dérivées sans effet (DDSE) Donnée inconnue.

Concentrations prédites sans effet (PNEC) Donnée inconnue.

8.2. Contrôles de l'exposition

Contrôles techniques appropriés Assurer une ventilation efficace.

Mesures de protection individuelle, telles que les équipements de protection individuelle

Protection des yeux/du visage Lunettes de sécurité.
CEN : EN 166

Protection de la peau

- Protection des mains Gants - Nitrile (Protection contre des contacts accidentels de courts instants)
Gants - Néoprène (Protection contre des contacts accidentels de courts instants)
CEN : EN 374-1/2/3/4; EN 420

- Autres Vêtements de protection
CEN : EN ISO 13688; EN ISO 6529; EN 14605

Protection respiratoire En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.

Risques thermiques Donnée inconnue.

Contrôles d'exposition liés à la protection de l'environnement Eviter l'introduction dans les égouts publics ou l'environnement immédiat.
Ne pas vider dans les égouts, déposer ce produit et ses emballages dans un point de collecte de déchets spéciaux ou dangereux.

RUBRIQUE 9: Propriétés physiques et chimiques

9.1. Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles

Nom de la matière : KLARAID PC2780



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

Aspect	
Couleur	Incolore à jaune
État physique	Liquide
Odeur	Douce
Seuil olfactif	Donnée inconnue.
pH (produit concentré)	5 Neat
Point de fusion/point de congélation	0 °C
Point initial d'ébullition et intervalle d'ébullition	100 °C
Point d'éclair	> 93 °C P-M(CC)
Taux d'évaporation	plus lent que l'éther
Inflammabilité (solide, gaz)	Sans objet.
Limites supérieures/inférieures d'inflammabilité ou limites d'explosivité	
limite inférieure d'inflammabilité (%)	Donnée inconnue.
limite supérieure d'inflammabilité (%)	Donnée inconnue.
Pression de vapeur	18 mmHg
Pression de vapeur temp.	21 °C
Densité de vapeur	< 1
Densité relative	1,1
Température pour densité relative	21 °C
Solubilité	
Solubilité (dans l'eau)	100 en %
Coefficient de partage: n-octanol/eau	Donnée inconnue.
Température d'auto-inflammabilité	Sans objet.
Température de décomposition	Donnée inconnue.
Viscosité	Sans objet.
Propriétés explosives	Donnée inconnue.
Propriétés comburantes	Donnée inconnue.
9.2. Autres informations	
Durée de vie en pot	720 Jours
COV	0 en % évalué

RUBRIQUE 10: Stabilité et réactivité

10.1. Réactivité	Donnée inconnue.
10.2. Stabilité chimique	Ce produit est stable dans des conditions normales.
10.3. Possibilité de réactions dangereuses	Sans objet.
10.4. Conditions à éviter	protéger du gel
10.5. Matières incompatibles	Agents oxydants forts.
10.6. Produits de décomposition dangereux	On ne connaît pas de produits de décomposition dangereux.

RUBRIQUE 11: Informations toxicologiques

11.1. Informations sur les effets toxicologiques



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

Produit	Résultats d'essais
KLARAIID PC2780 (Mélange)	Aiguë Cutané DL50 Lapin: > 2000 mg/kg (Calculé selon la formule d'additivité GHS) Aiguë Oral DL50 Rat: > 2000 mg/kg (Calculé selon la formule d'additivité GHS)
Toxicité aiguë	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Corrosion cutanée/irritation cutanée	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Lésions oculaires graves/irritation oculaire	Peut être irritant pour les yeux.
Sensibilisation respiratoire ou cutanée	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition répétée	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition unique	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Cancérogénicité	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Mutagénicité sur les cellules germinales	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Toxicité pour la reproduction	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Informations sur les voies d'exposition probables	
Ingestion	Risque d'irritation du tractus gastro-intestinal.
Inhalation	Une inhalation prolongée ou excessive peut provoquer des irritations des voies respiratoires.
Contact avec la peau	Peut être irritant pour la peau.
Contact avec les yeux	Peut être irritant pour les yeux.
Symptômes	Donnée inconnue.
Danger par aspiration	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
Informations sur les mélanges et informations sur les substances	Aucun connu.
Autres informations	Donnée inconnue.

RUBRIQUE 12: Informations écologiques

12.1. Toxicité

Produit	Espèce	Résultats d'essais
KLARAIID PC2780 (CAS Mélange)		
Aquatique		
<i>Aiguë</i>		
Crustacé	CE50 Daphnia magna	> 10 mg/l, Statique, 48 h, (Avec acide humique)
Poisson	CL50 Poisson	> 10 mg/l, 96 h

12.2. Persistance et dégradabilité

Produit testé comme n'étant pas facilement biodégradable

12.3. Potentiel de bioaccumulation

Non bioaccumulable

Coefficient de partage n-octanol/eau (log Kow)

Donnée inconnue.



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

Facteur de bioconcentration (FBC)	Donnée inconnue.
12.4. Mobilité dans le sol	Donnée inconnue.
12.5. Résultats des évaluations PBT et vPvB	Cette substance ou ce mélange n'est pas classé comme PBT ou vPvB.
12.6. Autres effets néfastes	Donnée inconnue.

RUBRIQUE 13: Considérations relatives à l'élimination

13.1. Méthodes de traitement des déchets

Emballage contaminé	Conformément à la réglementation sur les déchets dangereux. CED (Catalogue Européen des Déchets) recommandation : 15 01 10 15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs. 15 01 Emballages et déchets d'emballages (y compris les déchets d'emballages municipaux collectés séparément). 15 01 10 Emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus. Suivant l'origine et l'état du déchet, d'autres numéros du CED peuvent aussi être appliqués.
Informations / Méthodes d'élimination	Conformément à la réglementation sur les déchets dangereux. CED (Catalogue Européen des Déchets) recommandation : 16 03 05 16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste. 16 03 Loupés de fabrication et produits non utilisés. 16 03 05 Déchets d'origine organique contenant des substances dangereuses. Suivant l'origine et l'état du déchet, d'autres numéros du CED peuvent aussi être appliqués.

RUBRIQUE 14: Informations relatives au transport

ADR	Non réglementé comme une marchandise dangereuse.
RID	Non réglementé comme une marchandise dangereuse.
ADN	Non réglementé comme une marchandise dangereuse.
IATA	Non réglementé comme une marchandise dangereuse.
IMDG	Non réglementé comme une marchandise dangereuse.

RUBRIQUE 15: Informations relatives à la réglementation

15.1. Réglementations/législation particulières à la substance ou au mélange en matière de sécurité, de santé et d'environnement

Réglementations de l'UE

Règlement (CE) n° 1005/2009 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, Annexe I et II, avec ses modifications

N'est pas listé.

Règlement (CE) n° 850/2004 concernant les polluants organiques persistants, Annexe I et ses modifications

N'est pas listé.

Règlement (UE) n° 649/2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 1 et ses modifications

N'est pas listé.

Règlement (UE) n° 649/2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 2 et ses modifications

N'est pas listé.



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

Règlement (UE) n° 649/2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 3 et ses modifications

N'est pas listé.

Règlement (UE) n° 649/2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe V et ses modifications

N'est pas listé.

Règlement (CE) n° 166/2006 concernant la création d'un registre européen des rejets et des transferts de polluants, Annexe II

N'est pas listé.

Règlement (EC) n° 1907/2006 (REACH), Article 59, paragraphe 10, Liste des substances candidates actualisée par l'ECHA

N'est pas listé.

Autorisations

Règlement (CE) n° 1907/2006, Annexe XIV, Substances soumises à autorisation

N'est pas listé.

Restrictions d'utilisation

Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH), Annexe XVII, Substances soumises à restrictions de mise sur le marché et d'utilisation, et ses modifications

N'est pas listé.

Directive 2004/37/CE : concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes ou mutagènes au travail

N'est pas listé.

Autres réglementations UE

Directive 2012/18/UE concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, et ses modifications

N'est pas listé.

Réglementations nationales Donnée inconnue.

15.2. Évaluation de la sécurité chimique Donnée inconnue.

Statut de l'inventaire

Pays ou région	Nom de l'inventaire	Sur inventaire (oui/non)*
Europe	EINECS (Inventaire européen des produits chimiques commercialisés)	Oui
Europe	Liste européenne des substances chimiques notifiées (ELINCS)	Non

*« Oui » indique que tous les composants de ce produit sont conformes aux exigences d'inventaire gérées par les pays membres

Un « Non » indique qu'un ou plusieurs des composants du produit ne sont pas répertoriés ou sont exemptés de listage sur l'inventaire tenu par les pays concernés.

RUBRIQUE 16: Autres informations

Liste des abréviations

CAS : Chemical Abstracts Service (Service des résumés analytiques de chimie).
N° CE : Numéro Communauté Européenne
CLP : Classification, Labeling and Packaging REGULATION (EC) No 1272/2008 on classification, labeling and packaging of substances and mixtures (Classification, étiquetage et emballage - RÈGLEMENT (CE) n° 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges)).
CEN : Comité Européen de Normalisation.
VME: Valeur moyenne d'exposition
VME :Moyenne pondérée dans le temps.
VLE: Valeur limite d'exposition
VLCT Limite d'exposition à court terme.
DL50 : Dose létale 50 %.
CL50 : Concentration létale médiane.
CE50 : Concentration effective médiane.
DSEO : Dose sans effet observé.
DCO: Demande Chimique en Oxygène



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

KLARAIID PC2780

DBO : Demande biochimique en oxygène.
COT : Carbone organique total.
ADR : Accord européen relatif transport international des marchandises dangereuses par route.
ADN : Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures.
IATA: International Air Transport Association (Association internationale du transport aérien)
Code IMDG : Code maritime international des marchandises dangereuses.
RID : Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses.
Fiches de données de sécurité des matières actives.

Références

Informations sur la méthode d'évaluation utilisée pour classer le mélange

Les dangers physiques, pour la santé et pour l'environnement de ce mélange sont évalués en appliquant les critères de classification pour chaque classe de danger ou différenciation figurant dans les parties 2 à 5 de l'annexe I du règlement (CE) n° 1272/2008 (CLP).

Le texte des mentions H des sections 2 à 15 n'est reproduit que partiellement

H412 Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Informations de révision

Aucun(e)(s).

Informations de formation

Assurer une formation sur la manipulation en sécurité, en tenant compte du type d'application et des scénarios d'exposition.

Basée sur la Directive / règlement

(CE) n° 1907/2006 (REACH)
(EC) No 1272/2008
(EU) No 1357/2014
(EU) 2015/830

Cette fiche complète les notices techniques d'utilisation mais ne les remplace pas. Les renseignements qu'elle contient sont basés sur l'état de nos connaissances relatives au produit concerné, à la date de mise à jour indiquée. Ils sont donnés de bonne foi. L'attention des utilisateurs est en outre attirée sur les risques éventuellement encourus lorsqu'un produit est utilisé à d'autres usages que ceux pour lesquels il est conçu. Elle ne dispense en aucun cas l'utilisateur de connaître et d'appliquer l'ensemble des textes réglementant son activité. Il prendra sous sa seule responsabilité les précautions liées à l'utilisation qu'il fait du produit. L'ensemble des prescriptions réglementaires mentionnées a simplement pour but d'aider le destinataire à remplir les obligations qui incombent lors de l'utilisation du produit dangereux. Cette énumération ne doit pas être considérée comme exhaustive et n'exonère pas le destinataire de s'assurer qu'éventuellement d'autres obligations ne lui incombent en raison de textes autres que ceux cités concernant la détention et la manipulation du produit pour lesquelles il est seul responsable.

Autres informations

Révision antérieure

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

page: 1/9

Version: 4.1

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

1. Identification

Identifiant de produit utilisé sur l'étiquette

Zetag® 4120

Usage recommandé du produit chimique et restrictions d'usage

Utilisation appropriée*: traitement des eaux pour papier; agent floculant; Produit d'enoblissement pour des applications dans le secteur de pétrole.

* L'utilisation recommandée identifiée pour ce produit est fournie uniquement pour se conformer à une exigence du gouvernement fédéral et ne fait pas partie d'une spécification publiée par le vendeur. Les termes de cette Fiche de Données de Sécurité (FDS) ne créent pas ni n'induisent de garantie, expresse ou implicite, y compris par incorporation dans ou référence à l'accord commercial du vendeur.

Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité

Société:

BASF Canada Inc.
100 Milverton Drive
Mississauga, ON L5R 4H1, CANADA

Téléphone: +1 289 360-1300

Numéro d'appel d'urgence

CANUTEC (reverse charges): (613) 996-6666
BASF HOTLINE: (800) 454-COPE (2673)

Autres moyens d'identification

famille chimique: polyacrylamide, anionique

2. Identification des dangers

Conformément à la Réglementation sur les Produits Dangereux (SOR/2015-17)

Classification du produit

Le produit n'a pas besoin d'être classé sur la base des critères GHS.

Éléments d'étiquetage

Le produit n'est pas soumis à étiquetage selon les critères du GHS.

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14
Version: 4.1

page: 2/9
(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Dangers non classifiés par ailleurs

Très glissant si humide.

Ce type de produit a tendance à créer de la poussière s'il est manipulé brutalement. Le produit ne brûle pas facilement, mais comme pour beaucoup de poudres organiques, des nuages de poussières inflammables peuvent se former dans l'air. Dans certaines conditions les poussières de produit sont explosibles.

Classement de préparations spéciales (GHS):

Ce produit n'est pas combustible sous la forme dans laquelle il est livré par le fabricant, mais peut former une poussière combustible par des activités en aval (par exemple : le broyage, la pulvérisation) qui réduisent sa taille de particules.

3. Composition / Information sur les ingrédients

Conformément à la Réglementation sur les Produits Dangereux (SOR/2015-17)

Le produit ne contient aucun composant classé dangereux selon la réglementation mentionnée.

4. Premiers secours

Description des premiers secours

Indications générales:

Retirer les vêtements souillés.

Lorsque inhalé:

En cas de malaises dus à l'inhalation des poussières: apport d'air frais, secours médical.

Lorsque en contact avec la peau:

Laver à fond avec de l'eau et du savon.

Lorsque en contact avec les yeux:

Laver à fond à l'eau courante pendant au moins 15 minutes en maintenant les paupières écartées.

Lorsque avalé:

Se rincer la bouche et boire de l'eau abondamment. Vérifier la respiration et tâter le pouls. Placer la victime dans la position de sécurité, la couvrir et la maintenir au chaud. Enlever les vêtements susceptibles de serrer, tels que collier, cravate ou ceintures. Consulter un médecin. Ne jamais faire vomir ou faire avaler quelque chose par la bouche, si la personne blessée est inconsciente ou souffre de crampes.

Principaux symptômes et effets, aigus et différés

Symptômes: Les principaux symptômes et effets connus sont décrits dans l'étiquette (voir section 2) et/ou en section 11., A ce jour, aucun autre symptôme ou effet important n'est connu.

Dangers: L'utilisation pour l'usage prévu et dans les conditions appropriées ne comporte pas de danger

Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

page: 3/9

Version: 4.1

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Indications pour le médecin

Traitement: Traitement symptomatique (décontamination, fonctions vitales), aucun antidote spécifique connu.

5. Mesures de lutte contre l'incendie

Moyens d'extinction

Moyens d'extinction recommandés:
poudre d'extinction, mousse, dioxyde de carbone

Moyens d'extinction contre-indiqués pour des raisons de sécurité:
jet d'eau

Indications complémentaires:

Si l'eau est utilisée, limiter la circulation des piétons et des véhicules dans les zones où il peut y avoir danger de glisser ou de dérapage.

Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

Dangers lors de la lutte contre l'incendie:

oxydes de carbone, oxydes d'azote

Les substances et les groupes de substances cités peuvent être libérés lors d'un incendie. Très glissant si humide.

Conseils aux pompiers

Équipement de protection contre l'incendie:

Porter un appareil respiratoire autonome.

Autres informations:

Un milieu poussiéreux peut s'enflammer de façon explosive en présence d'une source d'allumage causant un embrasement éclair.

6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

Autres indications en cas de libération:

Éviter la dispersion des poussières dans l'air (c'est à dire nettoyer les surfaces poussiéreuses avec de l'air comprimé). Éviter la formation ou l'accumulation de poussière - danger d'explosion. La poussière en concentration suffisante pour former un mélange explosif avec l'air. Manipuler de manière à minimiser la formation de poussière et éliminer les flammes nues et autres sources d'ignition. Formation de dépôts glissants en présence d'eau.

Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

Utiliser un vêtement de protection individuelle.

Précautions pour la protection de l'environnement

Ne pas rejeter dans les canalisations d'égout/les eaux superficielles/les eaux souterraines.

Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Des outils anti-étincelles doivent être utilisés.

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

Version: 4.1

page: 4/9

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

7. Manipulation et stockage

Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

En cas de transvasement de quantités importantes sans dispositif d'aspiration : protection respiratoire. Respecter les mesures de prudence habituellement applicables lors de la mise en oeuvre des produits chimiques. Formation de dépôts glissants en présence d'eau.

Protection contre l'incendie et l'explosion:

Eviter la formation de poussières. La poussière en concentration suffisante pour former un mélange explosif avec l'air. Manipuler de manière à minimiser la formation de poussière et éliminer les flammes nues et autres sources d'ignition. Un nettoyage systématique devrait être institué pour veiller à ce que les poussières ne s'accumulent pas sur les surfaces. Des poudres sèches peuvent produire des charges électrostatiques quand elles sont soumises à des frottements entre les opérations de transfert et de mélange. Fournir les précautions adéquates, tel que la mise à la terre, ou des atmosphères inertes. Reportez vous à la norme NFPA 654, Standard pour la prévention des incendies et des explosions de poussières provenant de la fabrication, de la transformation et du traitement des combustibles solides particuliers (2013 Edition) pour la manipulation.

Conditions d'un stockage sûr, y compris d'éventuelles incompatibilités

Matériaux inadaptés pour récipients: aluminium

Autres données sur les conditions de stockage: À conserver dans l'emballage d'origine non ouvert dans un endroit frais et sec. Éviter les conditions humides ou mouillées, les températures extrêmes et les sources d'allumage.

Stabilité de stockage:

Eviter la chaleur extrême.

Protéger des températures supérieures à : 60 °C

8. Contrôle de l'exposition / Protection individuelle

Pas de valeur limite d'exposition professionnelle connue.

Conception d'installations techniques:

Il est recommandé que tout équipement de contrôle des poussières ou de transport de produits utilisé dans la manipulation de ce produit soit muni d'évents anti-explosion ou d'un système de suppression d'explosion ou soit installé dans un environnement pauvre en oxygène. S'assurer que les systèmes de contrôle de la poussière (tels que les conduits d'échappements, les collecteurs de poussières, les cuves, et équipements de traitement) sont conçus de manière à empêcher la perte de(s) poussières dans la zone de travail (i.e., c'est à dire qu'il n'y ait pas de fuite depuis l'équipement). Utiliser uniquement des équipements électriques appropriés et des chariots de manutention de forte puissance.

Équipement de protection individuelle

Protection respiratoire:

Porter un masque à filtre de particules / pour vapeurs organiques certifié NIOSH (ou équivalent).

Protection des mains:

Gants de protection résistant aux produits chimiques

Protection des yeux:

Lunettes de sécurité avec protections latérales.

Vêtements de protection:

Vêtement de protection léger

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14
Version: 4.1

page: 5/9
(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Mesures générales de protection et d'hygiène:

Respecter les mesures de prudence habituellement applicables lors de la mise en oeuvre des produits chimiques. Assurer une ventilation adéquate. Le port d'un vêtement de travail fermé est recommandé. Porter des vêtements de protection au besoin pour réduire le contact. Respecter les mesures de prudence habituellement applicables lors de la mise en oeuvre des produits chimiques. Lors du travail ne pas manger, ni boire, ni fumer, ni priser.

9. Propriétés physiques et chimiques

Etat physique:	poudre
Odeur:	inodore
Seuil olfactif:	Pas de données disponibles.
Couleur:	blanchâtre
Valeur du pH:	6 - 8 (10 g/l) Le produit n'a pas été testé. L'indication donnée est dérivée de substances/produits ayant une structure ou une composition similaire.
Point de fusion:	Ne peut être déterminé, la substance/le produit se décomposant.
Point d'ébullition:	non applicable
Point de sublimation:	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Point d'éclair:	non applicable
Inflammabilité:	non inflammable
Limite inférieure d'explosivité:	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Limite supérieure d'explosivité:	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Auto-inflammation:	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Pression de vapeur:	Le produit n'a pas été testé.
Densité relative:	Pas de données disponibles.
Densité apparente:	env. 750 kg/m ³
Densité de vapeur:	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Coefficient de partage n-octanol/eau (log Pow):	Etude non nécessaire pour des raisons scientifiques
Température d'auto-inflammation:	non auto-inflammable
Viscosité dynamique:	Non applicable, le produit est un solide.
Solubilité dans l'eau:	Forme une solution visqueuse.
Solubilité (quantitative):	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Solubilité (qualitative):	Aucune donnée pertinente n'est disponible.
Vitesse d'évaporation:	Le produit est un solide non volatil.
Autres informations:	Si nécessaire, des informations sur d'autres paramètres physiques et chimiques sont indiqués dans cette section.

10. Stabilité et réactivité

Réactivité

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

page: 6/9

Version: 4.1

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Pas de réactions dangereuses, si les prescriptions/indications pour le stockage et la manipulation sont respectées.

Corrosion des métaux:
Non corrosif pour le métal.

Propriétés oxydantes:
non comburant

Stabilité chimique

Le produit est stable, lorsque les prescriptions/recommandations pour le stockage sont respectées.

Possibilité de réactions dangereuses

A l'état de livraison, le produit n'est pas explosible; cependant l'accumulation de poussières fines peut entraîner un risque d'explosion.

Stable dans des conditions normales
Pas de réactions dangereuses connues.

Conditions à éviter

Eviter les températures extrêmes. Eviter l'humidité.

Matières incompatibles

acides forts, bases fortes, oxydants puissants

Produits de décomposition dangereux

Produits de décomposition:

Produits de décomposition dangereux: Aucun produit de décomposition dangereux, si les prescriptions/indications pour le stockage et la manipulation sont respectées.

11. Informations toxicologiques

Voie primaire d'exposition

Les voies de pénétration pour les solides et liquides sont l'ingestion et l'inhalation, mais peuvent inclure le contact avec les yeux ou la peau. Les voies de pénétration pour les gaz comprennent l'inhalation et le contact avec les yeux. Le contact avec la peau peut être une voie de pénétration pour les gaz liquéfiés.

Toxicité/Effets aigus

Toxicité aiguë

Evaluation de la toxicité aiguë: Aucun effet aigu connu.

Par voie orale

Type de valeur: DL50

espèce: rat

Valeur: > 5,000 mg/kg (Ligne directrice 401 de l'OCDE)

Irritation / corrosion

Evaluation de l'effet irritant: Non irritant pour les yeux et la peau.

Peau

espèce: lapin

Résultat: non irritant

Méthode: Ligne directrice 404 de l'OCDE

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

page: 7/9

Version: 4.1

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Oeil

espèce: lapin

Résultat: non irritant

Sensibilisation

Evaluation de l'effet sensibilisant: En se basant sur les composants, il n'y a pas de suspicion d'un potentiel de sensibilisation de la peau.

Danger par Aspiration

Pas de danger par aspiration attendu.

Toxicité/effets chroniques

Toxicité en cas d'exposition/administration répétée

Evaluation de la toxicité après administration répétée: Selon notre expérience et les informations dont nous disposons, le produit ne provoque aucun effet nocif, dans les conditions normales de manipulation et de mise en oeuvre. Le produit n'a pas été testé. L'indication est déduite des propriétés des différents constituants.

Toxicité génétique

Evaluation du caractère mutagène: En se basant sur les composants, il n'y a pas de suspicion d'un effet mutagène.

cancérogénicité

Evaluation du caractère cancérogène: Les informations disponibles ne donnent aucune indication sur un possible effet cancérogène.

Aucun des composants de ce produit qui sont présents à des concentrations supérieures à 0.1% ne sont répertoriés comme carcinogènes par IARC, le NTP, OSHA ou ACGIH.

toxicité pour la reproduction

Evaluation de la toxicité pour la reproduction: En se basant sur les composants, il n'y a pas de suspicion d'un effet toxique sur la reproduction.

Tératogénicité

Evaluation du caractère tératogène: En se basant sur les composants, aucun effet tératogène n'est suspecté.

Autres informations

Le produit n'a pas été testé. Les informations toxicologiques proviennent de produits de structure ou de composition analogue.

Symptômes de l'exposition

Les principaux symptômes et effets connus sont décrits dans l'étiquette (voir section 2) et/ou en section 11., A ce jour, aucun autre symptôme ou effet important n'est connu.

12. Informations écologiques

Toxicité

Toxicité vis-à-vis des poissons

CL50 (96 h) > 100 mg/l, Oncorhynchus mykiss (statique)

(sous des conditions statiques en présence de 10 mg/L d'acide humic)

Invertébrés aquatiques

CL50 (48 h) > 100 mg/l, Daphnia magna

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14
Version: 4.1

page: 8/9
(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

Persistence et dégradabilité

Evaluation de la biodégradabilité et de l'élimination (H2O)

Difficilement biodégradable (selon critères OCDE).

Potentiel de bioaccumulation

Evaluation du potentiel de bioaccumulation

La partie polymérique n'est pas biodisponible compte tenu de ses propriétés structurales.
L'accumulation dans les organismes n'est pas attendue.

Mobilité dans le sol

Evaluation du transport entre les compartiments environnementaux

Données relatives à : 2-Propenoic acid, sodium salt, polymer with 2-propenamide

Une adsorption sur la phase solide du sol est attendue.

Indications complémentaires

Autres informations sur l'écotoxicité:

Le produit n'a pas été testé. Les données concernant l'écotoxicologie proviennent de produits de structure ou de composition analogue.

13. Considérations relatives à l'élimination

Elimination du produit:

Doit être orienté vers une décharge agréée ou incinéré dans un centre agréé tout en respectant les prescriptions réglementaires locales.

Elimination des emballages:

Jeter dans une installation agréée. Recommander l'écrasement, le perçage ou d'autres moyens pour empêcher toute utilisation non autorisée des conteneurs utilisés.

14. Informations relatives au transport

Transport terrestre

TDG

Produit non dangereux au sens des réglementations de transport

Transport maritime

IMDG

Produit non dangereux au sens des réglementations de transport

Sea transport

IMDG

Transport aérien

IATA/ICAO

Produit non dangereux au sens des réglementations de transport

Air transport

IATA/ICAO

Fiche de données de sécurité

Zetag® 4120

Date de révision : 2017/06/14

Version: 4.1

page: 9/9

(30504540/SDS_GEN_CA/FR)

15. Informations réglementaires

Règlements fédéraux

Status d'enregistrement:

produit chimique DSL, CA non bloqué / listé

16. Autres informations

FDS rédigée par:

BASF NA Product Regulations

FDS rédigée le: 2017/06/14

Nous soutenons les initiatives de la charte mondiale de la Gestion Responsable. Nous agissons positivement sur la santé et la sécurité de nos employées, clients, fournisseurs et voisins ainsi que sur la protection de l'environnement. Notre engagement dans le cadre du Responsible Care est total que ce soit pour commercer, opérer nos unités de production de façon sûre et responsable pour l'environnement, aider nos clients et fournisseurs à utiliser correctement nos produits. Nous voulons minimiser l'impact sur la société et l'environnement de nos activités de production, stockage, transport ainsi que l'impact de nos produits lors de leur utilisation et de leur traitement en fin de vie.

Zetag® 4120 est une marque déposée de BASF Canada ou BASF SE
FIN DE LA FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

RAPPORT DE MESURES DE RETOMBEES DE POUSSIÈRES DANS

L'ENVIRONNEMENT DE LA CARRIÈRE DES VIGNAUDS

RAPPORT DE MESURES D'EMPOUSSIEREMENT SUR LA CARRIÈRE DES

VERGNES

Commune Terres-de-Haute-Charente (Roumazières-Loubert) Lieux-dits : "Les Vignauds"

Retombées de poussières dans l'environnement - Année 2021

**Agence de Nantes
(siège social)**

15 rue du meunier
44880 SAUTRON
02 40 63 63 51



Agence de Brest

48 bd Gambetta
29200 BREST
02 40 63 63 51



Agence de Bordeaux

12 av. Fernand Pilot
33133 GALGON
05 57 84 36 09



Pour le compte de :

**TERREAL**

13-17 rue Pagès
92150 Suresnes

<i>Numéro dossier</i>	<i>Date</i>	<i>Version</i>
21_13.182_ALE	Janvier 2022	1

Suivi des modifications

<i>Rédaction</i>	<i>Validation</i>		<i>Version</i>	<i>Date</i>
Antoine LEGRAND	Bruno DUPOUY	Etablissement du rapport	1	31/01/2022
<i>Modifié par</i>	<i>Validation</i>	<i>Objet de la modification</i>	<i>Version</i>	<i>Date</i>

SOMMAIRE

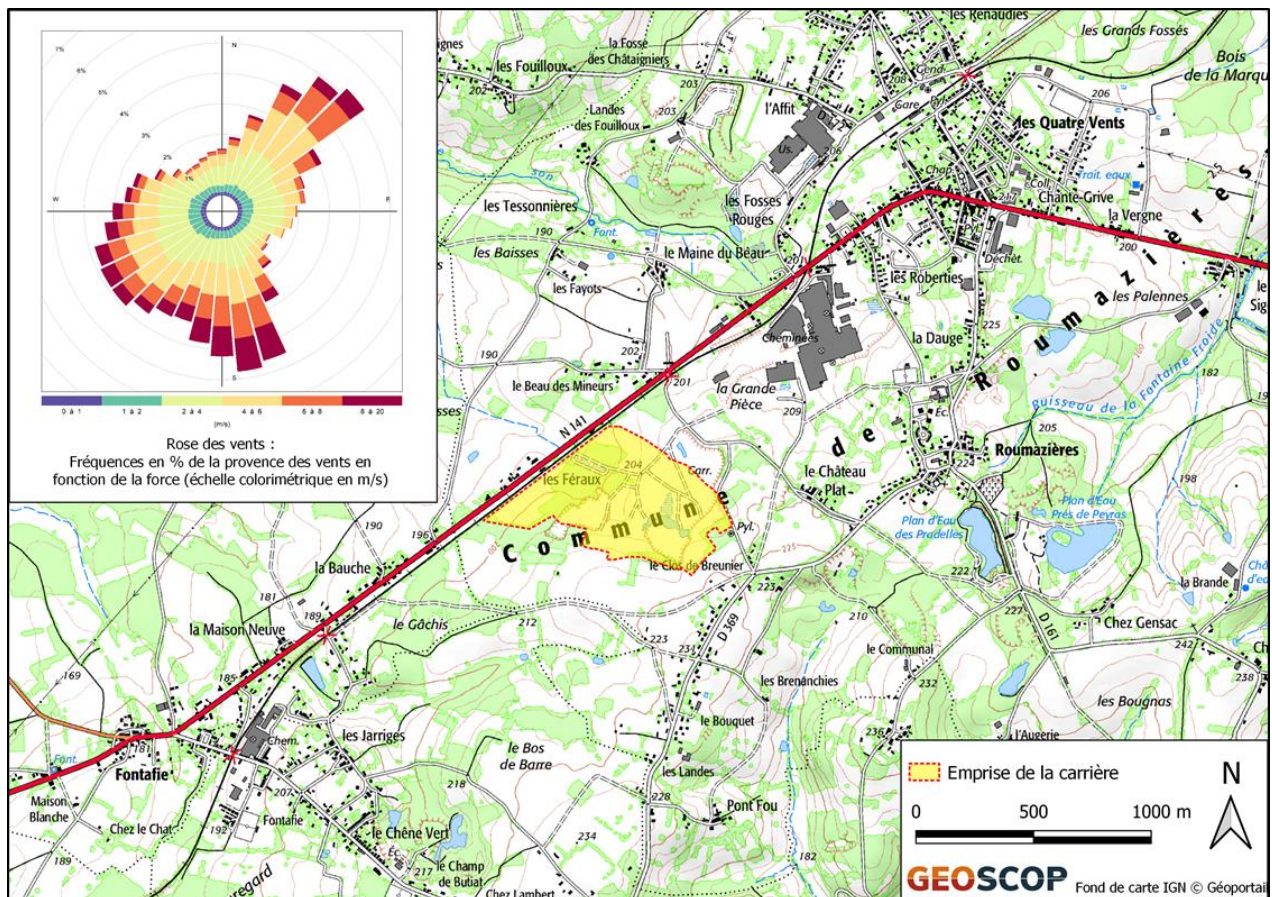
PREAMBULE	3
I. REGLEMENTATION	4
II. METHODE ET MISE EN ŒUVRE	5
II.1 Localisation des stations de mesures	5
II.2 Principe de mise en place.....	6
II.3 Mise en place sur la carrière.....	7
III. METEOROLOGIE	10
III.1 Type de données météorologiques fournies.....	10
III.2 Analyse des données météorologiques	11
IV. ANALYSES ET RESULTATS.....	12
IV.1 Analyses des retombées atmosphériques	12
IV.2 Résultats.....	12
IV.3 Moyenne annuelle glissantes.....	13
V. COMMENTAIRES	13
V.1 Facteurs pouvant influencer les résultats	13
V.2 Analyse des résultats	13
V.3 Corrélation avec la météorologie	13
VI. CONCLUSION	13
VII. ANNEXES.....	14
VII.1 Résultats analyses laboratoire – M _{DT} par campagne de mesure.....	14
VII.2 Tableaux de synthèse journalière des conditions météorologiques horaires durant les durées d'exposition des jauges.....	16

Préambule

Les caractéristiques de la carrière sont décrites ci-dessous :

Fiche d'identification

Bénéficiaire de l'autorisation	: TERREAL
Autorisation	: Arrêté Préfectoral du 26 août 2016 AP complémentaire du 1^{er} mars 2018
Commune d'implantation	: Terres-de-Haute-Charente
Surface	: 34,9 ha
Durée d'autorisation	: 11 ans (terme : 2027)
Production maximale autorisée	: 200 000 T/an



Plan de situation de la carrière

I. Réglementation

Selon l'article 19.6 de l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié, les exploitants de carrières, à l'exception de celles exploitées en eau, dont la production annuelle est supérieure à 150 000 tonnes doivent mettre en œuvre un plan de surveillance des émissions de poussières.

Ce plan de surveillance comprend notamment la localisation des points de mesure où doivent avoir lieu les mesures de retombées atmosphériques, soit :

- au moins une station de mesure témoin correspondant à un ou plusieurs lieux non impactés par l'exploitation de la carrière (a).
- le cas échéant, une ou plusieurs stations de mesure implantées à proximité immédiate des premiers bâtiments accueillant des personnes sensibles (centre de soins, crèche, école) ou des premières habitations situés à moins de 1 500 mètres des limites de propriétés de l'exploitation, sous les vents dominants (b).
- une ou plusieurs stations de mesure implantées en limite de site, sous les vents dominants (c).

Ce plan de surveillance fait l'objet d'un document distinct sur lequel s'est appuyé Géoscop pour la mise en œuvre du suivi régulier des retombées de poussières.

Selon ce plan, des mesures trimestrielles de retombées atmosphériques totales doivent être effectuées cette année sur la carrière :

- le suivi des retombées atmosphériques totales est assuré par jauges de retombées selon la norme NF X43-014 de Novembre 2017.
- les mesures des retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles. Elles sont exprimées en mg/m²/jour.
- l'objectif à atteindre est de 500 mg/m²/jour en moyenne annuelle glissante pour chacune des jauges installées en point de type (b) du plan de surveillance.

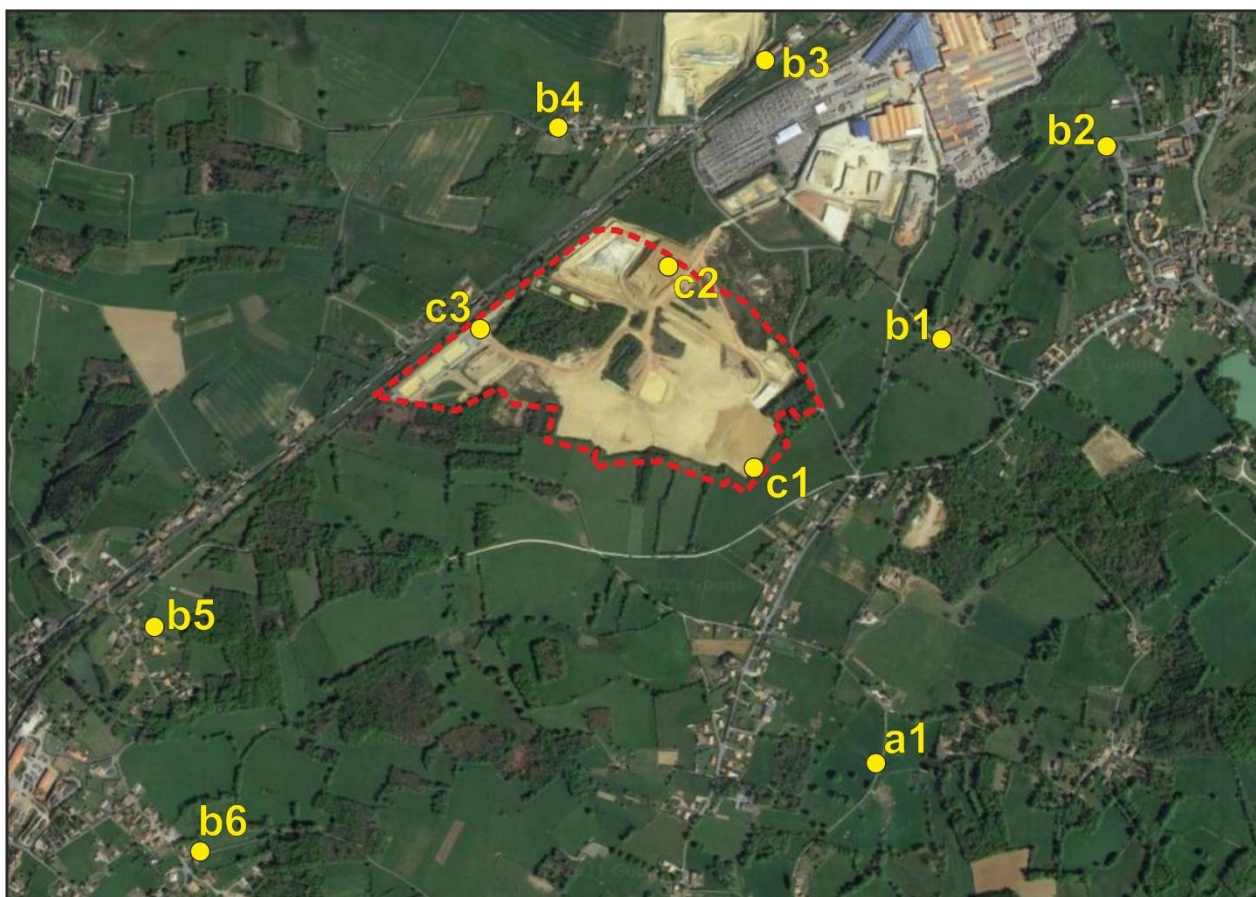
II. Méthode et mise en œuvre

Les mesures ont été réalisées conformément à la norme NF X 43-014 : "Qualité de l'air - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales" de novembre 2017.

II.1 Localisation des stations de mesures

L'exploitant a fourni à Géoscop le plan de surveillance des émissions de poussières en place sur la carrière.

Le plan du réseau de mesures à mettre en place selon le plan de surveillance est reproduit ci-dessous :



Localisation des stations de mesures selon le plan de surveillance des émissions de poussières en place sur la carrière

Nombre de jauges à mettre en place : 10.

Le réseau a été mis en place par Géoscop en fonction de la configuration du terrain, de l'accessibilité et de l'accord des propriétaires éventuellement concernés.

II.2 Principe de mise en place

La mise en place des jauges a été réalisée en suivant les prescriptions de l'A.M. du 22 septembre 1994 modifié et de la norme NF X 43-014 de Novembre 2017. Une synthèse de la méthodologie employée est présentée ci-dessous :

Méthodologie Jauges	Prescriptions selon la norme NF X 43-014 de Novembre 2017 et l'A.M. du 22/09/1994 modifié	Eventuel écart à la norme ou à l'A.M. du 22/09/1994 pour le dispositif mis en place
Durée	30 jours.	Suivant les conditions d'accès possibles à l'exploitation et pour des raisons de sécurité (pas d'accès à la carrière le WE par exemple), les durées d'exposition peuvent varier à +/- 3 jours.
Fréquence	Trimestrielle durant 2 ans puis semestriel si les objectifs sont respectés.	
Type de collecteur	Récipient de collecte opaque avec entonnoir lisse de diamètre fixé.	
Volume de collecte	Adapté à la pluviométrie locale : captation du percentile 95 de la pluie maximale mensuelle.	
Grille/filtre	Présence d'un filtre de 1 mm dans l'entonnoir conformément aux § 6.3.5 et 10.5.2 de la norme.	
Hauteur de prélèvement	1,5 à 2 m.	
Localisation	Suivant le plan de surveillance des émissions de poussières. Les jauges sont positionnées afin d'être éloignées des obstacles environnants.	En cas d'impossibilité matérielle, en raison du foncier ou des impératifs imposés par certains riverains, des obstacles peuvent être proches de certaines jauges. Cet éventuel écart à la norme est indiqué dans le chapitre suivant.
Nettoyage/ collecte	Rinçage de l'entonnoir à l'eau distillée.	

Les jauges sont de types OWEN, équipées d'un récipient en polyéthylène de 6 ou 10 litres suivant la saison et d'un entonnoir conique en polyéthylène de surface utile de 405 cm². L'entonnoir est équipé d'un système anti-oiseaux (pics) pour éviter les excréments dans les collecteurs.




II.3 Mise en place sur la carrière






Le tableau ci-dessous rend compte des périodes d'intervention :


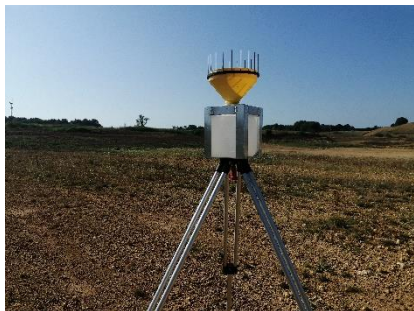
Campagne	*	Période d'intervention	Durée de l'intervention prise en compte pour la météorologie	Durée d'exposition prise en compte pour le calcul (N)
2021-T3	P R	11 août 10 septembre	31	30
2021-T4	P R	19 novembre 20 décembre	32	31

* P : pose des jauges ; R : récupération des jauges

Le tableau ci-dessous rend compte des jauges posées, de leur particularité et des éventuelles problématiques de mise en œuvre rencontrées.

Jauge	Photographie	Environnement	Ecart
a1		En bordure d'un chemin rural et d'une prairie à 800 au Sud-Est de la carrière	/
b1		Jardin privé	/
b2		à proximité de l'entrée d'une habitation	Des arbres sont présents à moins de 10 m*.

<p>b3</p>		<p>Jardin privé</p>	<p>/</p>
<p>b4</p>		<p>Jardin privé</p>	<p>/</p>
<p>b5</p>		<p>Jardin privé</p>	<p>/</p>
<p>b6</p>		<p>Jardin privé</p>	<p>/</p>
<p>c1</p>		<p>En limite Sud-Est de la carrière</p>	<p>/</p>

<p>c2</p>		<p>En limite Nord de la carrière</p>	<p>/</p>
<p>c3</p>		<p>En limite Ouest de la carrière</p>	<p>/</p>

* La position de la jauge a été choisie de manière la plus optimale au regard des obstacles (arbre, mur, bâtiment,...) potentiels et des possibilités de placements vues avec le propriétaire des terrains.

III. Météorologie

III.1 Type de données météorologiques fournies

La carrière ne se trouve pas dans une commune couverte par un plan de protection de l'atmosphère.

Des données horaires simulées corrigées sur la maille du modèle météorologique WRF couvrant le site ont été commandées.

Ces données horaires portent sur la période de mesures et sont analysées par calculs statistiques. Les données fournies sont : Direction du vent, vitesse des vents, température et pluviométrie.

Les données sont fournies par la société Numtech, fournisseur de données météorologiques.

Les données proposées par NUMTECH sont le résultat de la simulation haute résolution que les experts de NUMTECH réalisent en routine, avec le modèle WRF et ses modules d'assimilation, à l'échelle de la France avec une résolution de 3 km. Ces données sont dites d'analyses c'est-à-dire qu'elles sont la combinaison optimale de simulations WRF avec les données d'observations dont NUMTECH dispose (stations du réseau SYNOP à l'échelle de la France).

Les données produites sont corrigées puisqu'elles tiennent compte du relief et de l'occupation des sols moyens et caractéristiques de la maille de calcul de 3 km. Selon l'expertise de NUMTECH, ces données répondent de ce fait là aux exigences de l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 modifié en l'absence de station d'observation de surface sur site ou dans l'environnement immédiat de la carrière concernée par la mise en place du plan de surveillance.

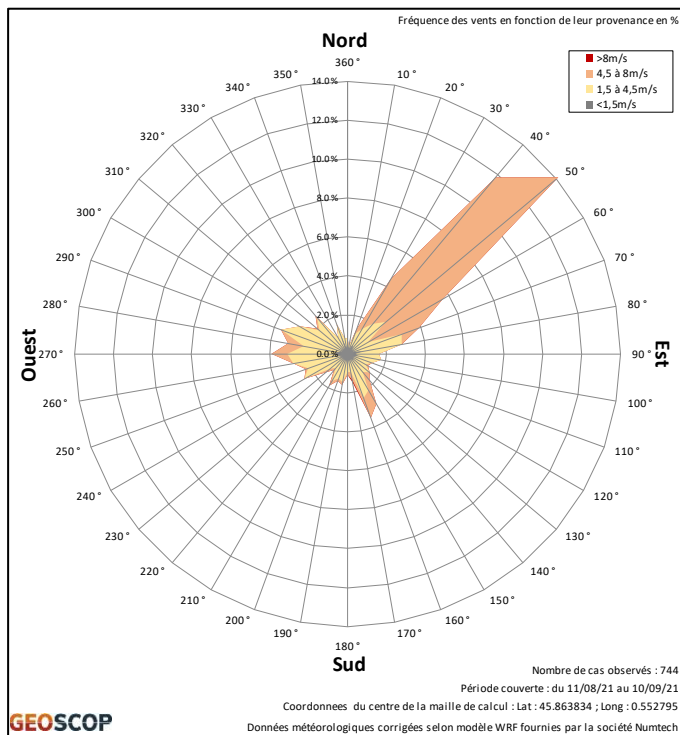
Sur la représentativité des données, une note de Numtech indique :

Les comparaisons avec les observations montrent toutefois que la qualité des données modèles est particulièrement bonne dans les zones au relief peu marqué (faibles biais et taux élevés d'erreurs inférieurs aux seuils de qualité). C'est le cas pour la zone d'intérêt de GEOSCOPI [régions Bretagne, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Centre-Val de Loire]. La qualité globale des historiques fournis en regard du contexte réglementaire indiqué, est donc jugée tout à fait acceptable.

III.2 Analyse des données météorologiques

L'analyse pour chaque période de mesure de l'ensemble des données horaires a été traduite ci-dessous en termes de rose des vents et de différents indicateurs. Une synthèse des données est fournie en annexes.

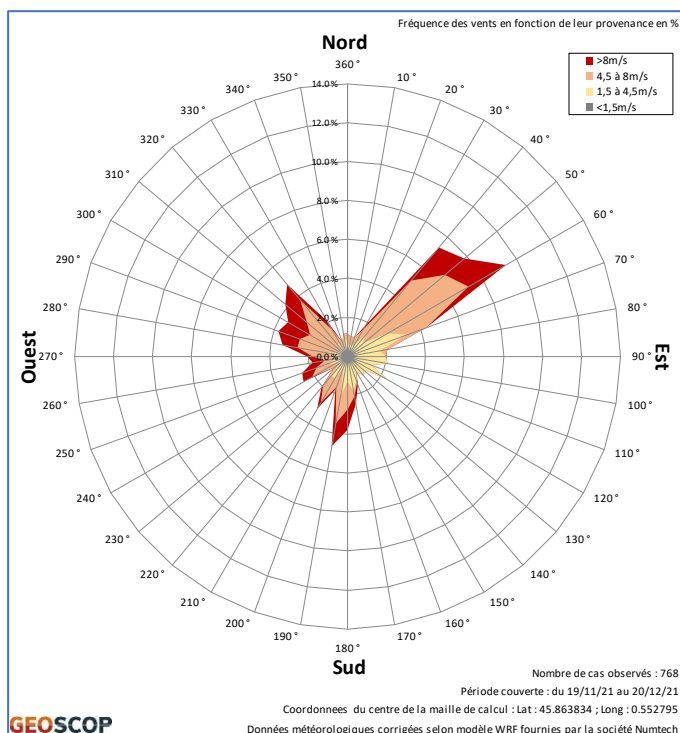
Période de mesure de la campagne du 3^{ème} trimestre 2021 :



Provenance du vent			
Nord-Est	Sud-Est	Sud-Ouest	Nord-Ouest
46%	17%	18%	20%
Force du vent moyennée par secteur			
4.8 m/s	3.1 m/s	2.9 m/s	2.5 m/s

Température quotidienne		
Moy	Min	Max
18.7 °C	14.5 °C	23.7 °C
Précipitation cumulée		
7.0 mm		
Nombre de jour sans pluie (<1 mm)		
28		
Nombre de jours de pluie (>1 mm)		
3		

Période de mesure de la campagne du 4^{ème} trimestre 2021 :



Provenance du vent			
Nord-Est	Sud-Est	Sud-Ouest	Nord-Ouest
37%	15%	23%	25%
Force du vent moyennée par secteur			
5.4 m/s	3.1 m/s	5.3 m/s	6.3 m/s

Température quotidienne		
Moy	Min	Max
5.2 °C	1.0 °C	8.8 °C
Précipitation cumulée		
103.8 mm		
Nombre de jour sans pluie (<1 mm)		
19		
Nombre de jours de pluie (>1 mm)		
13		

IV. Analyses et résultats

IV.1 Analyses des retombées atmosphériques

Le contenu du récipient a été analysé en laboratoire par Géoscop pour des analyses, selon la norme NF T90-029.

L'analyse a porté sur masse des dépôts totaux (M_{DT} selon le § 11.1 de la norme NF X 43-014), soit la somme des fractions solubles et insolubles simultanément.

Les rapports d'analyses par semestre sont fournis en annexes.

IV.2 Résultats

Les résultats ont été obtenus en appliquant la formule du § 15 de la norme NF X 43-014 en fonction du nombre de jour effectif d'exposition.

Les retombées sont exprimées en $mg/m^2/jour$ à l'aide de la formule suivante :

$$R_{DT} = M_{DT} / S / N$$

avec :

- M_{DT} : masse des dépôts totaux portant sur la somme des fractions solubles et insolubles issues de l'analyse présentée précédemment (cf. résultats de l'analyse en annexes) ;
- la surface de l'entonnoir «**S**» en mètre carré ;
- les dates de début et de fin d'échantillonnage, soit «**N**» le nombre de jours.

Les résultats ci-dessous donnent la masse des retombées atmosphériques totales (R_{DT}) interprétées sur la période d'exposition en milligrammes par mètre carré et par jour.

Résultats des retombées atmosphériques totales* (en $mg/m^2/jour$) selon la norme NF X43-014 (2017)					
N° des points du réseau de surveillance (jauges)	Année 2021			Moyenne annuelle glissante	
		2021-T3	2021-T4		
point a1	pas de mesure au 1er trimestre	pas de mesure au 2ème trimestre	63	40	51
point b1			117	34	76
point b2			55	42	48
point b3			71	66	69
point b4			54	32	43
point b5			-	95	95
point b6		33	35	34	
point c1		183	37	110	
point c2		47	26	37	
point c3		128	35	81	

point de type (a) : point témoin

point de type (b) : point à proximité des habitations

point de type (c) : point en limite de site

Objectif à atteindre pour les point de type (b) : 500 $mg/m^2/j$ en moyenne annuelle glissante :

< 500

> 500

* Les mesures des retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles.

Résultats des retombées atmosphériques et moyenne annuelle glissante

IV.3 Moyenne annuelles glissantes

Sur le réseau mis en place par Géoscop, une seule moyenne glissante a été calculée en 2021 et présentée précédemment.

V. Commentaires

V.1 Facteurs pouvant influencer les résultats

Au 3^{ème} trimestre, le dispositif au point b5 n'a pu être mis en place pour cause d'inaccessibilité du point projeté.

Aucun autre incident particulier susceptible d'avoir agi sur les résultats n'a été recensé.

V.2 Analyse des résultats

Les teneurs obtenues aux points de type (b) sont comparables à celles du point témoin.

La teneur moyenne la plus élevée du réseau de mesures est obtenue au point c1 situé en limite de site, ce point est proche d'un stock en constitution puis en reprise au sol lors des campagnes de mesures.

V.3 Corrélation avec la météorologie


Les corrélations avec la météorologie sont non significatives. Il n'est pas observé de lien direct entre les teneurs en retombées atmosphériques et l'exposition des jauges aux vents en provenance de la carrière.

VI. Conclusion

1^{ère} série de 2 campagnes successives :

Les niveaux de retombées atmosphériques totales en moyenne annuelle sur l'année 2021 ne dépassent pas 500 mg/m²/j aux points de type (b) du réseau de surveillance. L'objectif fixé par l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 est respecté.


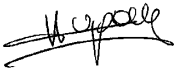
VII. Annexes
VII.1 Résultats analyses laboratoire – M_{DT} par campagne de mesure


 Ingénierie & mesures en géosciences de l'environnement 15 rue du Meunier - 44880 Sautron 02.40.63.63.51 - geoscop@geoscop.com	Client : Terreal	Date d'édition	18/10/2021
	Lieu : Roumazières-Loubert - les Vignauds		
	Type : Détermination des retombées atmosphériques totales NF X43-014	Opérateur :	A.LEGRAND

Procès-verbal d'essai

Date d'échantillonnage en laboratoire : 11/10/2021
 Température laboratoire : 18.6 °C
 Références méthodes : NF X43-014 - NF T90-029

Référence échantillon	Volume recueilli dans le bidon (mL)	Masse des retombées totales (mg)
point a1	305 mL	76.2 mg
point b1	323 mL	142.3 mg
point b2	310 mL	66.3 mg
point b3	338 mL	86.6 mg
point b4	284 mL	65.1 mg
point b5	-	-
point b6	384 mL	39.5 mg
point c1	309 mL	222.5 mg
point c2	323 mL	57.6 mg
point c3	360 mL	155.7 mg

Référence dossier : 21_MRT.301_ALE	Rédaction : Antoine LEGRAND 	Validation : Bruno DUPOUY 
------------------------------------	--	--

 <small>Ingénierie & mesures en géosciences de l'environnement</small> 15 rue du Meunier - 44880 Sautron 02.40.63.63.51 - geoscop@geoscop.com	Cliant : Terreal	Date d'édition	11/01/2022
	Lieu : Roumazières-Loubert - les Vignauds		
	Type : Détermination des retombées atmosphériques totales NF X43-014	Opérateur :	A.LEGRAND

Procès-verbal d'essai

Date d'échantillonnage en laboratoire : 07/01/2022
 Température laboratoire : 19.1 °C
 Références méthodes : NF X43-014 - NF T90-029

Référence échantillon	Volume recueilli dans le bidon (mL)	Masse des retombées totales (mg)
point a1	3 618 mL	49.8 mg
point b1	3 351 mL	42.8 mg
point b2	2 953 mL	52.4 mg
point b3	3 297 mL	83.2 mg
point b4	3 345 mL	40.7 mg
point b5	3 599 mL	118.9 mg
point b6	3 778 mL	43.9 mg
point c1	3 356 mL	46.5 mg
point c2	2 772 mL	33.0 mg
point c3	3 423 mL	43.6 mg

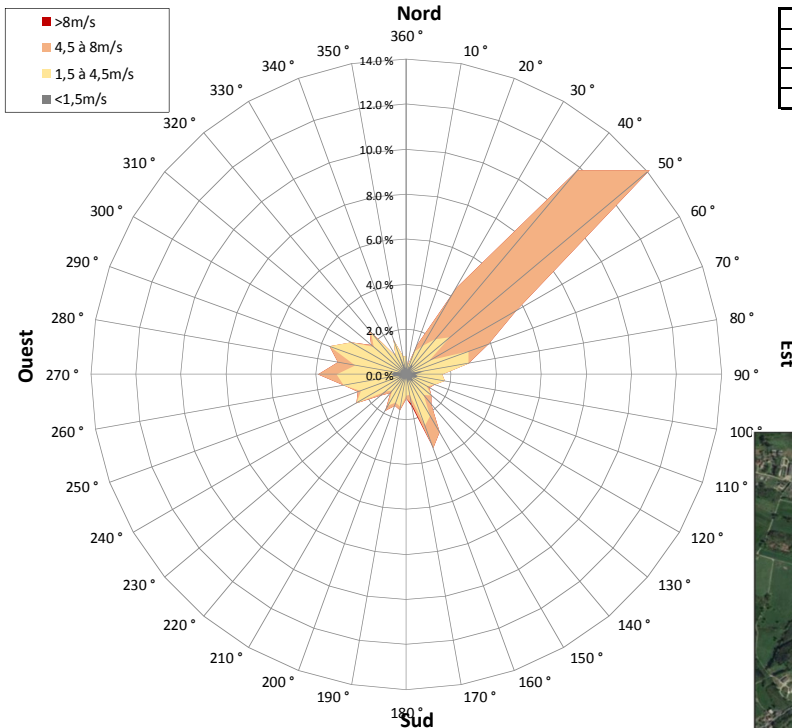
Référence dossier :	Rédaction : Antoine LEGRAND	Validation : Bruno DUPOUY
21_MRT.400_ALE		

VII.2 Tableaux de synthèse journalière des conditions météorologiques horaires durant les durées d'exposition des jauges

<i>Jour traité</i>	<i>Force du vent moyen quotidien (moyenne horaire) en m/s</i>	<i>Force du vent max quotidien (moyenne horaire) en m/s</i>	<i>Direction du vent max quotidien en degré</i>	<i>Précipitations en mm</i>	<i>Température moyenne en °C</i>
11/08/2021	1.8	2.9	40	0.0	21.2
12/08/2021	2.6	3.8	270	0.0	23.2
13/08/2021	1.8	3.3	50	0.0	21.2
14/08/2021	2.2	3.2	80	0.0	23.7
15/08/2021	4.2	6.3	280	0.0	19.9
16/08/2021	3.8	5.3	320	0.5	17.3
17/08/2021	2.7	4.0	310	0.0	16.2
18/08/2021	1.4	3.1	300	0.0	16.1
19/08/2021	1.6	2.6	290	0.0	16.9
20/08/2021	1.2	2.1	70	0.0	18.9
21/08/2021	2.8	4.0	290	0.0	20.0
22/08/2021	3.0	4.2	300	0.1	18.4
23/08/2021	4.2	6.6	30	0.0	17.5
24/08/2021	6.3	7.5	50	0.0	17.8
25/08/2021	6.2	7.6	50	0.0	17.8
26/08/2021	5.5	6.1	40	0.0	18.3
27/08/2021	5.6	6.4	40	0.0	15.3
28/08/2021	5.7	6.7	30	0.0	15.3
29/08/2021	5.7	7.1	40	0.0	14.5
30/08/2021	6.6	7.9	50	0.0	15.7
31/08/2021	6.6	8.0	40	0.0	16.3
01/09/2021	6.5	7.5	60	0.0	18.1
02/09/2021	4.0	8.4	170	2.6	19.1
03/09/2021	2.2	5.7	170	0.6	18.9
04/09/2021	2.2	3.5	210	0.1	18.4
05/09/2021	1.4	2.8	110	0.0	19.7
06/09/2021	2.6	4.3	80	0.0	21.5
07/09/2021	4.2	5.3	120	0.0	23.0
08/09/2021	5.4	7.5	160	0.2	22.3
09/09/2021	2.5	4.1	160	1.2	19.4
10/09/2021	3.4	5.6	280	1.7	17.4

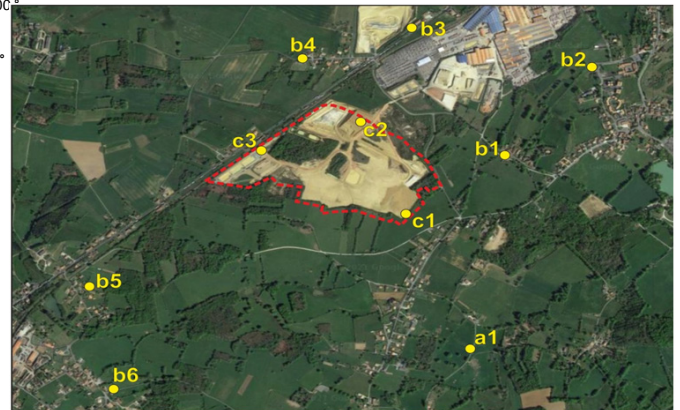
<i>Jour traité</i>	<i>Force du vent moyen quotidien (moyenne horaire) en m/s</i>	<i>Force du vent max quotidien (moyenne horaire) en m/s</i>	<i>Direction du vent max quotidien en degré</i>	<i>Précipitations en mm</i>	<i>Température moyenne en °C</i>
19/11/2021	2.2	5.3	60	0.0	6.9
20/11/2021	1.7	3.3	170	0.0	7.2
21/11/2021	2.9	7.9	30	0.3	6.1
22/11/2021	8.7	10.8	50	0.2	5.2
23/11/2021	9.5	11.8	60	0.0	5.0
24/11/2021	5.7	7.7	50	0.0	5.2
25/11/2021	7.4	9.0	30	3.0	3.8
26/11/2021	5.6	8.4	280	6.2	5.3
27/11/2021	7.7	11.0	310	1.4	4.3
28/11/2021	6.8	8.7	330	0.0	2.6
29/11/2021	1.6	3.3	350	1.3	1.0
30/11/2021	4.7	7.0	200	0.3	2.3
01/12/2021	7.1	10.8	190	16.6	8.0
02/12/2021	5.3	8.0	360	0.8	4.4
03/12/2021	6.1	10.8	250	13.2	3.8
04/12/2021	8.4	12.5	240	21.9	8.8
05/12/2021	6.8	10.1	310	9.4	5.0
06/12/2021	5.4	7.5	200	1.6	5.9
07/12/2021	7.4	14.5	180	11.6	7.1
08/12/2021	4.9	6.1	270	1.1	4.9
09/12/2021	5.1	9.7	190	10.0	3.0
10/12/2021	9.0	13.1	280	4.3	6.6
11/12/2021	2.6	5.4	310	0.1	4.3
12/12/2021	3.9	5.7	190	0.5	7.4
13/12/2021	2.2	3.3	100	0.0	6.2
14/12/2021	2.9	5.5	50	0.0	5.8
15/12/2021	5.1	6.9	50	0.0	7.7
16/12/2021	6.7	8.3	60	0.0	6.3
17/12/2021	5.3	8.7	50	0.0	6.0
18/12/2021	2.6	4.4	50	0.0	4.5
19/12/2021	2.5	3.4	40	0.0	2.9
20/12/2021	4.1	6.3	50	0.0	2.6

Données météorologiques corrigées sur la période de mesure



Provenance du vent			
Nord-Est	Sud-Est	Sud-Ouest	Nord-Ouest
46%	17%	18%	20%
Force du vent moyennée par secteur			
4.8 m/s	3.1 m/s	2.9 m/s	2.5 m/s

Température quotidienne		
Moy	Min	Max
18.7 °C	14.5 °C	23.7 °C
Précipitation cumulée		
7.0 mm		
Nombre de jour sans pluie (<1 mm)		
28		
Nombre de jours de pluie (>1 mm)		
3		



Nombre de cas observés : 744
Période couverte : du 11/08/21 au 10/09/21
Coordonnées du centre de la maille de calcul : Lat : 46.98919 ; Long : -0.917755
Données météorologiques corrigées selon modèle WRF fournies par la société Numtech

Résultats des retombées atmosphériques totales* (en mg/m²/jour) selon la norme NF X43-014 (2017)

N° des points du réseau de surveillance (jauges)	Historique des périodes précédentes		Résultats du trimestre	Moyenne annuelle glissante
			2021-T3	
point a1			63	63
point b1			117	117
point b2			55	55
point b3			71	71
point b4			54	54
point b5			-	-
point b6			33	33
point c1			183	183
point c2			47	47
point c3			128	128

point de type (a) : point témoin point de type (b) : point à proximité des habitations point de type (c) : point en limite de site

Objectif à atteindre pour les point de type (b) : 500 mg/m²/j en moyenne annuelle glissante :

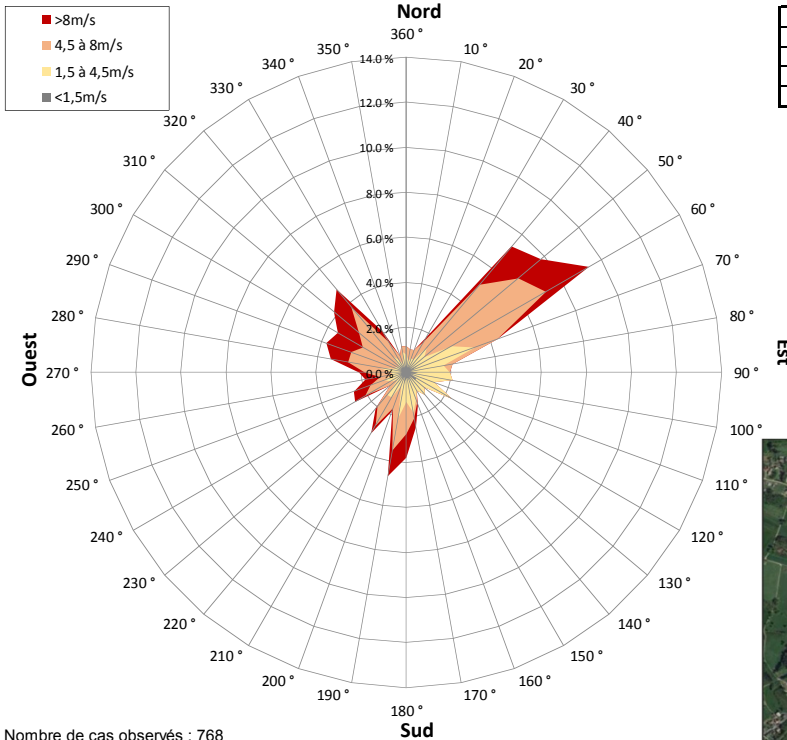
< 500	> 500
-------	-------

* Les mesures des retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles.

Remarques 2021-T3 : le point b5 n'a pu être mis en place pour cause d'inaccessibilité du point projeté.

Référence dossier :	Rédaction :	Validation :
21_MRT.301_ALE	Antoine LEGRAND 	Bruno DUPOUY

Données météorologiques corrigées sur la période de mesure



Provenance du vent			
Nord-Est	Sud-Est	Sud-Ouest	Nord-Ouest
37%	15%	23%	25%
Force du vent moyennée par secteur			
5.4 m/s	3.1 m/s	5.3 m/s	6.3 m/s

Température quotidienne		
Moy	Min	Max
5.2 °C	1.0 °C	8.8 °C
Précipitation cumulée		
103.8 mm		
Nombre de jour sans pluie (<1 mm)		
19		
Nombre de jours de pluie (>1 mm)		
13		



Nombre de cas observés : 768
Période couverte : du 19/11/21 au 20/12/21
Coordonnées du centre de la maille de calcul : Lat : 45.863834 ; Long : 0.552795
Données météorologiques corrigées selon modèle WRF fournies par la société Numtech

Résultats des retombées atmosphériques totales* (en mg/m²/jour) selon la norme NF X43-014 (2017)

N° des points du réseau de surveillance (jauges)	Historique des périodes précédentes		Résultats du trimestre		Moyenne annuelle glissante
		2021-T3	2021-T4		
point a1		63	40		51
point b1		117	34		76
point b2		55	42		48
point b3		71	66		69
point b4		54	32		43
point b5		-	95		95
point b6		33	35		34
point c1		183	37		110
point c2		47	26		37
point c3		128	35		81

point de type (a) : point témoin point de type (b) : point à proximité des habitations point de type (c) : point en limite de site

Objectif à atteindre pour les point de type (b) : 500 mg/m²/j en moyenne annuelle glissante :

< 500	> 500
-------	-------

* Les mesures des retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles.

Remarques 2021-T4 : RAS
Remarques 2021-T3 : le point b5 n'a pu être mis en place pour cause d'inaccessibilité du point projeté.

Référence dossier :	Rédaction :	Validation :
21_MRT.400_ALE	Antoine LEGRAND 	Bruno DUPOUY

MESURES D'ÉVALUATION DU RISQUE D'EXPOSITION AUX POUSSIÈRES

TERREAL

M. DOMIAR

Tuilerie briqueterie française

16270 ROUMAZIERES - LOUBERT

DÉFINITION DE LA PRESTATION

Objet :	Mesure de poussières alvéolaires
Réalisé :	Dans le cadre de l'évaluation du risque d'exposition des travailleurs aux poussières
Activité :	Extraction, transformation et vente de matériaux
Site concerné :	Carrière des VERGNES
Date de prélèvement :	24, 25 et 26 avril 2017
Réalisée par :	Julie DIDOUT
Interlocuteurs :	M. DOMIAR

DIFFUSION

Destinataire de la version papier : M. DOMIAR
Destinataire de la version informatique : romain.domiar@terreal.com

OBSERVATIONS

Mesures d'évaluation sur le GEH superviseur



A Toulouse,
Le 15 juin 2017

La Responsable d'essai,
Julie DIDOUT

SOMMAIRE

1- RAPPELS REGLEMENTAIRES RELATIFS AUX POUSSIÈRES	4
2- STRATEGIE DE PRELEVEMENT	5
2.1- Description de l'activité	5
2.2- Postes de travail soumis à prélèvement.....	5
3- CONDITIONS GÉNÉRALES DE PRÉLÈVEMENTS.....	6
3.1- Méthode de mesure	6
3.2- Conditions météorologiques.....	6
3.3- Conditions de production et de vente	6
3.4- Mesures de prévention existantes	6
4- RÉSULTATS DE MESURE.....	7
4.1- Tableau de synthèse des résultats	7
4.2- Conditions de prélèvements, résultats, avis, commentaires et conseils par GEH....	7
GEH 1 – SUPERVISEUR EXTRACTION	8
5- SUITES À DONNER.....	10

ANNEXES :

Annexe 1 : Méthodes utilisées

1- RAPPELS REGLEMENTAIRES RELATIFS AUX POUSSIÈRES

1.1- Evaluation des risques

L'évaluation des risques menée par l'employeur a pour objectif de déterminer si l'exposition est susceptible de présenter un risque pour les travailleurs.

Du résultat de cette évaluation dépend l'application de dispositions réglementaires et particulièrement :

- L'obligation de contrôle réglementaire des expositions aux poussières alvéolaires.
- L'obligation de contrôle technique des expositions aux poussières alvéolaires siliceuses définies comme Agent Chimique Dangereux.

Cette prestation permet d'argumenter l'évaluation des risques par des résultats de mesures.

Source : Code du travail article R4222-10, R4412-5 et décret 2013-797

1.2- Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle mesurées

La VLEP_{8h} est la Valeur Limite d'Exposition Professionnelle sur la période de référence de 8h00. Elle correspond à une concentration d'agent chimique dans l'atmosphère des lieux de travail.

Les VLEP_{8h} des composés mesurés sont réglementaires :

- Poussières alvéolaires : VLE_{8h} = 5 mg/m³
- Poussières inhalables : VLE_{8h} = 10 mg/m³
- Silice - poussières alvéolaires de quartz : VLEP_{8h} = 0,1 mg/m³
- Silice - poussières alvéolaires de cristobalite : VLEP_{8h} = 0,05 mg/m³
- Silice - poussières alvéolaires de tridymite : VLEP_{8h} = 0,05 mg/m³

Afin de faciliter la lecture des résultats, le code couleur suivant est appliqué :

	Poussières alvéolaires et inhalables <i>R4222-10 et suivants</i>	Poussières siliceuses <i>R4412-1 et suivants</i>
Tous résultats de la première campagne < 10 % de VLEP _{8h}	Sans objet <i>VLE définie dans R4222-10 et non dans R4412-149 : décret 2009-1570 non applicable</i>	
Résultat < VLEP _{8h}		
Résultat > VLEP _{8h}		

Source : Code du travail, articles R4222-10 et R4412-149, & décret 2009-1570 et son arrêté d'application du 15/12/2009

1.3- Appareils de Protection Respiratoire

Il est rappelé que l'employeur a l'obligation de réduire l'exposition au niveau le plus bas possible. L'Équipement de Protection Individuelle n'étant qu'un dernier recours au regard des Principes Généraux de Prévention imposés par le code du travail, les facteurs de protection qu'ils apportent ne sont en aucun cas retenus lors de l'évaluation des risques.

2- STRATEGIE DE PRELEVEMENT

2.1- Description de l'activité

Les activités de la société sont l'extraction d'argile pour la fabrication de produit en terre cuite.

L'exploitation du gisement est assurée de la manière suivante :

- Après extraction par campagne à la pelle, celle-ci charge les tombereaux à la mise en stock des matériaux.
- Un bull met en stock le sable.
- Les produits sont ensuite chargés dans des camions pour être transporté jusqu'à l'usine pour être incorporé dans les chaînes de production.

Des dispositifs techniques et organisationnels ont été mis en œuvre sur le site pour réduire les émissions de poussières et, le cas échéant, l'exposition des personnels. L'ensemble de ces mesures de prévention est décrit au paragraphe 3.4.

2.2- Postes de travail soumis à prélèvement

A la demande de l'employeur, les postes de travail suivants ont fait l'objet d'un prélèvement :

Mesure de l'exposition aux poussières alvéolaires :

- Superviseur extraction

3- CONDITIONS GÉNÉRALES DE PRÉLÈVEMENTS

3.1- Méthode de mesure

Conformément aux normes applicables et listées en annexe, l'exposition est mesurée au moyen d'un Capteur Individuel de Prélèvement (CIP 10) porté par les opérateurs et placé dans leur zone respiratoire (environ 30cm des voies respiratoires). Ces équipements font l'objet d'une maîtrise métrologique conforme à la norme NF X43-262 (mars 2012) et sont raccordés aux étalons nationaux.

3.2- Conditions météorologiques

Date : 24/04/2017

- Vent : faible
- Conditions météorologiques : temps beau

Date : 25/04/2017

- Vent :
- Conditions météorologiques : temps orageux avec des averses

Date : 26/04/2017

- Vent : faible
- Conditions météorologiques : temps nuageux avec des averses

3.3- Conditions de production et de vente

L'activité d'extraction a été jugée 'habituelle' lors des mesures.

3.4- Mesures de prévention existantes

Afin de réduire les émissions de poussières et l'exposition des personnels, des dispositifs sont en place sur le site :

- Tous engins climatisés,
- Arrosage des pistes,
- Informations régulières du personnel,
- Protections respiratoires à disposition.

4- RÉSULTATS DE MESURE

4.1- Tableau de synthèse des résultats

Les résultats de mesures par GEH présentent les expositions pondérées sur une période de référence de 8h00 afin de pouvoir être comparées aux VLEP_{8h00}.

Résultats des mesures de la fraction alvéolaire :

GEH	Poussières Alvéolaires (mg/m ³)	Quartz (mg/m ³)
1 SUPERVISEUR EXTRACTION 24/04/17	< 0,0833	0,004
1 SUPERVISEUR EXTRACTION 25/04/17	< 0,0833	< 0,0021
1 SUPERVISEUR EXTRACTION 26/04/17	< 0,0833	< 0,0021

On notera que ni la cristobalite, ni la tridymite n'ont été détectées sur la mesure réalisée le 24/04/2017. Ces résultats confirment ainsi l'hypothèse d'absence de ces composés dans les matériaux traités sur ce site.

Extrait du rapport ITGA n : KSP1705-0242-001_1 :

MASSE	LQ	I		CA 057 ⁽¹⁾
Poussières alvéolaires ^(C)	0,40	0,20	mg	< 0,40 (LQ)
Quartz ^(C)	0,010		mg	0,0203 ± 0,0042
Cristobalite ^(C)	0,010		mg	< 0,010 (LQ*)
Tridymite ^(C)			mg	N.D.
Poussières non silicogènes	0,40	0,20	mg	< 0,40 (LQ)

4.2- Conditions de prélèvements, résultats, avis, commentaires et conseils par GEH

L'ensemble des données relatives à chaque GEH est décrit par GEH dans les pages suivantes.

GEH 1 – SUPERVISEUR EXTRACTION**1- Description du GEH**

L'employé surveille le chantier d'extraction devant la pelle.
Selon déclarations TERREAL

2- Données relatives au prélèvement et résultats de mesureRésultats de la mesure alvéolaire

RESULTATS DE MESURE ALVEOLAIRE						Données techniques : Prélèvement 1	
Poste prélevé :		SUPERVISEUR EXTRACTION				Tâche(s) mesurée(s) :	
Opérateur :		LAURENT BERNARD		Date : 24/04/2017		Durée de la tâche (heure-décimal) :	
Durée du poste (Heures-décimal) :		8		Nombre de prélèvement(s) pour la mesure :		1	
EPI portés :		NON				N° de coupelle/tête :	
Dans le cadre de l'évaluation du risque, l'exposition à retenir n'est pas pondérée du facteur de protection des éventuels EPI portés. L'exposition tenant compte de l'EPI est néanmoins donnée pour information. Les mesures de contrôle permettront le cas échéant de confirmer le résultat tenant compte de la pondération de l'EPI.							
Agent mesuré	n° CAS	VLEP _{8h00} (mg/m ³)	RESULTAT : Exposition sur 8h (sans EPI - en mg/m ³)	Pour information : Exposition sur 8h avec EPI (mg/m ³)	Jugement de conformité		
Règle d'additivité (R4412-155)		1	0,0498	Sans Objet	Conforme		
Poussières alvéolaires		Hors R4412-149	< 0,0833	Sans objet	Conforme		
Quartz		14808-60-7	0,1	0,0042	Sans objet		
EPI utilisé :		Non		FPA de l'EPI utilisé :		Durée de port (Heures-décimal) :	
Masse prélevée (mg) (1)		Concentration (mg/m ³)		0,40		< 0,083	
0,0203 ± 0,0042		0,004 ± 0,001					
RESULTATS DE MESURE ALVEOLAIRE						Données techniques : Prélèvement 1	
Poste prélevé :		SUPERVISEUR EXTRACTION				Tâche(s) mesurée(s) :	
Opérateur :		LAURENT BERNARD		Date : 25/04/2017		Durée de la tâche (heure-décimal) :	
Durée du poste (Heures-décimal) :		8		Nombre de prélèvement(s) pour la mesure :		1	
EPI portés :		NON				N° de coupelle/tête :	
Dans le cadre de l'évaluation du risque, l'exposition à retenir n'est pas pondérée du facteur de protection des éventuels EPI portés. L'exposition tenant compte de l'EPI est néanmoins donnée pour information. Les mesures de contrôle permettront le cas échéant de confirmer le résultat tenant compte de la pondération de l'EPI.							
Agent mesuré	n° CAS	VLEP _{8h00} (mg/m ³)	RESULTAT : Exposition sur 8h (sans EPI - en mg/m ³)	Pour information : Exposition sur 8h avec EPI (mg/m ³)	Jugement de conformité		
Règle d'additivité (R4412-155)		1	0,0185	Sans Objet	Conforme		
Poussières alvéolaires		Hors R4412-149	< 0,0833	Sans objet	Conforme		
Quartz		14808-60-7	0,1	< 0,0021	Sans objet		
EPI utilisé :		Non		FPA de l'EPI utilisé :		Durée de port (Heures-décimal) :	
Masse prélevée (mg) (1)		Concentration (mg/m ³)		0,40		< 0,083	
0,01		0,002					
RESULTATS DE MESURE ALVEOLAIRE						Données techniques : Prélèvement 1	
Poste prélevé :		SUPERVISEUR EXTRACTION				Tâche(s) mesurée(s) :	
Opérateur :		MAURICE LEONARD		Date :		Durée de la tâche (heure-décimal) :	
Durée du poste (Heures-décimal) :		8		Nombre de prélèvement(s) pour la mesure :		1	
EPI portés :		NON				N° de coupelle/tête :	
Dans le cadre de l'évaluation du risque, l'exposition à retenir n'est pas pondérée du facteur de protection des éventuels EPI portés. L'exposition tenant compte de l'EPI est néanmoins donnée pour information. Les mesures de contrôle permettront le cas échéant de confirmer le résultat tenant compte de la pondération de l'EPI.							
Agent mesuré	n° CAS	VLEP _{8h00} (mg/m ³)	RESULTAT : Exposition sur 8h (sans EPI - en mg/m ³)	Pour information : Exposition sur 8h avec EPI (mg/m ³)	Jugement de conformité		
Règle d'additivité (R4412-155)		1	0,0185	Sans Objet	Conforme		
Poussières alvéolaires		Hors R4412-149	< 0,0833	Sans objet	Conforme		
Quartz		14808-60-7	0,1	< 0,0021	Sans objet		
EPI utilisé :		Non		FPA de l'EPI utilisé :		Durée de port (Heures-décimal) :	
Masse prélevée (mg) (1)		Concentration (mg/m ³)		0,40		< 0,083	
0,01		0,002					

(1) Valeurs reprises du rapport ITGA-PRYSM n° KSP1705-0242-001_1

v20161201

3- Conditions particulières de prélèvements

- Mesures réalisées sur le superviseur les 24 et 25 avril 2017 (LAURENT BERNARD) et le 26 avril (MAURICE LEONARD)
- Pistes de roulage à l'extraction arrosées le 24 avril
- Capteur porté par l'opérateur
- Activité de supervision de l'extraction du 24 au 26/04/2017

4- Avis, commentaires et conseils

Tous les résultats de l'exposition aux poussières alvéolaires sont inférieurs à la VLE_{8h00} de 5 mg/m^3 concernant les poussières alvéolaires.

Ils sont également tous inférieurs à la VLE_{8h00} de 0,1 mg/m^3 vis-à-vis des poussières alvéolaires siliceuses.

Les résultats du 25 et du 26 avril sont très faibles. Le temps pluvieux ces jours-là explique ces valeurs.

5- SUITES À DONNER

Toutes les expositions relevées sur le GEH superviseur sont inférieures à la VLEP_{8h00} pour l'exposition aux poussières alvéolaires fixée à 5mg/m³ ainsi qu'à la VLEP_{8h00} de 0,1mg/m³ sur l'exposition aux poussières alvéolaires siliceuses.

La cristobalite et la tridymite n'ont pas été détectés dans les matériaux extrait sur le site.

Tous ces résultats sont à intégrer à votre évaluation des risques empoussiéage.

ANNEXE 1 : Réglementation et méthodes utilisées

Conformément à la convention qui nous lie, la prestation a été réalisée en application des textes réglementaires et normes suivantes :

Exigences réglementaires

- Décret n°2009-1570 du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail.
- Arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles.
- Circulaire DGT 2010/03 du 13 avril 2010 relative au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail.
- Décret n°2013-797 du 30 août 2013 fixant certains compléments et adaptations spécifiques au code du travail pour les mines et carrières en matière de poussières alvéolaires.

Exigences normatives

- Norme NFX43-262 (mars 2012) : Qualité de l'air – Air des lieux de travail - Prélèvement d'aérosols solides à l'aide d'une coupelle rotative.
- Norme NFX43-298 (novembre 2013) : Air des lieux de travail – Conduite d'une intervention en vue d'estimer l'exposition professionnelle aux agents chimiques par prélèvement et analyse de l'air des lieux de travail.
- Norme NF X43-243 (mars 2002) : Air des lieux de travail - Dosage par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier de la silice cristalline - Echantillonnage par dispositif à coupelle tournante ou sur membrane filtrante.

Et/ ou :

Norme NFX43-295 (juin 1995) : Air des lieux de travail – Détermination par rayons X de la concentration de dépôt alvéolaire de silice cristalline.

EXPERTISE BRUIT



ORFEA
Cabinet de management de l'acoustique ®

RAPPORT D'ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE

COMIREM

ETUDE ACOUSTIQUE DU PROJET D'OUVERTURE D'UNE CARRIERE SUR LES COMMUNES DE ROUSSINES ET DE SACIERGES-SAINT- MARTIN (36)

Client : COMIREM

Contact : Monsieur Michaël KARST

Etabli par : Paul DURAND, Chargé d'études

Approbateur : Stéphane BEAUDET, Chargé d'Affaires

N° Rapport : RAP1-A2210-093

Version : 2

Type d'étude : ETUDE D'IMPACT ICPE

Date : 23/02/2023

Référence Qualité : R2-DOC-004-02-ICPE

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous la forme de facsimilé photographique intégral.
Ce rapport contient : 37 pages

www.orfea-acoustique.com

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	4
1.1 Introduction	4
1.2 Objectif de l'étude acoustique	4
1.3 Eléments transmis	4
2. REGLEMENTATION	5
2.1 Arrêté du 23 janvier 1997	5
3. DEFINITION DES GRANDEURS ACOUSTIQUES	6
3.1 Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A	6
3.2 Emergences	6
3.3 Niveau acoustique fractile	7
4. SITE A L'ETUDE	8
4.1 Environnement	8
5. CONSTAT SONORE INITIAL REALISE PAR LA SOCIETE COMIREM.....	9
5.1 Emplacements des mesures	9
5.2 Résultats des mesures du constat sonore initial établi par la société COMIREM.....	10
6. MODELISATION	11
6.1 Méthodologie	11
6.2 Méthode de calcul prévisionnel : norme ISO 9613	11
6.3 Logiciel de calcul prévisionnel : CadnaA.....	11
6.4 Le site.....	11
6.5 Les conditions météorologiques.....	11
6.6 Rappel des niveaux sonores retenus aux points de calculs	12
6.7 Sources de bruit.....	12
6.8 Données d'entrées.....	13
6.9 Simulations réalisées	15
7. SIMULATION 1 – Phase 4 – Extraction à T+20 ans avec remise en état progressive	16
7.1 Sources de bruit prises en compte	16
7.2 Cartographie sonore – Phasage 4 – T+20 ans : étude habitations.....	17
7.3 Résultats	18
8. SIMULATION 2 – Phase 6 – Extraction à T+30 ans avec remise en état progressive côté ouest	19
8.1 Sources de bruit prises en compte	19
8.2 Cartographie sonore – phase d'extraction et remise en état à T+30 ans côté ouest	20

8.3	Résultats	21
9.	SIMULATION 3 – Phase 6 – Extraction à T+30 ans avec remise en état progressive côté est	22
9.1	Sources de bruit prises en compte	22
9.2	Cartographie sonore – phase d’extraction et remise en état à T+30 ans côté est ...	23
9.3	Résultats	24
10.	SIMULATION 4 – Phase 4 – Extraction à T+20 ans avec MERLONS REHAUSSES A 6 METRES DE HAUTEUR	25
10.1	Cartographie sonore – Phasage 4 – T+20 ans : augmentation de la hauteur du merlon ouest	25
10.2	Résultats	26
11.	SIMULATION 5 – Phase 6 – Extraction à T+30 ans côté ouest avec MERLONS DE 7 METRES et Retrait d’une pelle.	27
11.1	Cartographie sonore – Phasage 6 – T+30 ans côté ouest : augmentation de la hauteur du merlon ouest et retrait d’une pelle	27
11.2	Résultats	28
12.	CONCLUSION.....	29
13.	ANNEXES.....	34
13.1	Conditions de propagation d’après la norme NF S 31-010	34
14.	GLOSSAIRE	36

1. CONTEXTE

1.1 Introduction

La société COMIREM SCOP a sollicité le bureau d'études ORFEA Acoustique pour la réalisation d'une étude d'impact acoustique dans le cadre du projet de création d'une carrière, pour le compte de la société TERREAL, sur les communes de Roussines et de Sacierges-Saint-Martin (36) dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) définie par l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997.

Le projet concerne une activité uniquement diurne incluant des engins spécifiques à cette activité telles qu'une pelle mécanique, un bouteur, des tombereaux, une chargeuse et des poids lourds d'évacuation.

1.2 Objectif de l'étude acoustique

L'étude acoustique consiste à :

- Construire un modèle numérique permettant de simuler l'impact acoustique du projet de carrière ;
- dimensionner les traitements et solutions acoustiques nécessaires à la diminution du bruit dans l'environnement.

1.3 Eléments transmis

La société a transmis les éléments suivants pour la réalisation de la présente étude :

- Dossier contenant les plans de l'état actuel du site, les plans des phases et les plans de coupes du projet en date du 18/11/2022 ;
- La description technique du projet en date de novembre 2022 ;
- La localisation des engins du projet pour les différentes phases en date du 16/11/2022 ;
- La localisation et la hauteur des merlons prévus sur des portions de la limite du site ;
- Les fichiers de mesures acoustiques issus des mesures acoustiques réalisées par la société COMIREM le 27/08/2021 ainsi que les conditions météorologiques régnant lors des mesures.

2. REGLEMENTATION

2.1 Arrêté du 23 janvier 1997

L'arrêté ministériel du 23 janvier 1997, relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), établit que le seuil admissible des émissions sonores émises par une installation au niveau des Zones à Emergence Réglementée (ZER) se détermine comme suit :

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	Emergence ¹ admissible pour la période allant de 7h à 22h, sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible pour la période allant de 22h à 7h ainsi que les dimanches et jours fériés
Sup à 35 dB(A) et inf ou égal à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Une zone à émergence réglementée étant définie comme :

- « L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'arrêté d'autorisation de l'installation et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- Les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'arrêté d'autorisation ;
- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont été implantés après la date de l'arrêté d'autorisation dans les zones constructibles [...] »

D'autre part, l'arrêté ministériel précise que « l'arrêté préfectoral d'autorisation fixe, pour chacune des périodes de la journée (diurne et nocturne), les niveaux de bruit à ne pas dépasser en limites de propriété de l'établissement, déterminés de manière à assurer le respect des valeurs d'émergence admissibles. Les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder **70 dB(A)** pour la période de jour et **60 dB(A)** pour la période de nuit, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite. »

Enfin, le critère de tonalité marquée est également à respecter. « La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau [ci-après] » :

Bandes de tiers d'octave	50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
Seuil de détection de tonalité marquée	10 dB	5 dB	5 dB

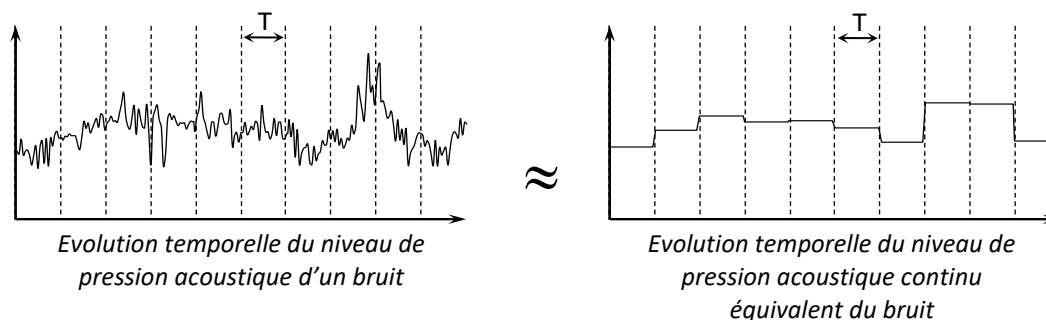
« Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée [...], de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne [...] »

¹ Émergence : « la différence entre les niveaux de pression continus équivalents pondérés A du bruit ambiant (établissement en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'établissement) »

3. DEFINITION DES GRANDEURS ACOUSTIQUES

3.1 Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A

Le niveau de pression acoustique continu équivalent d'un bruit est le niveau de pression acoustique d'un son continu et stable qui, sur une période T appelée durée d'intégration, a la même pression acoustique quadratique moyenne que le bruit considéré.



La pondération A appliquée à un spectre de pression acoustique, effectue une correction du niveau en fonction de la fréquence et permet de rendre compte de la sensibilité de l'oreille humaine qui n'est pas identique à toutes les fréquences.

Le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A est noté $L_{Aeq,T}$ et sa valeur est exprimée en dB(A).

3.2 Emergences

L'émergence est évaluée en calculant la différence entre :

le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A du **bruit ambiant** (bruit de l'environnement incluant le bruit de l'installation en marche, objet de l'étude, que l'on nomme le **bruit particulier**) ;

et le niveau de pression acoustique continu équivalent A du **bruit résiduel** (bruit de l'environnement en l'absence du bruit particulier, c'est à dire avec l'installation à l'arrêt).

Soit :

$$E = L_{Aeq, T_{part}} - L_{Aeq, T_{res}}$$

Avec :

- E : l'indicateur d'émergence de niveau en dB(A) ;
- $L_{Aeq, T_{part}}$: le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A du bruit ambiant, déterminé pendant les périodes d'apparition du bruit particulier et dont la durée cumulée est T_{part} ;
- $L_{Aeq, T_{res}}$: le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A du bruit résiduel, déterminé pendant les périodes d'absence du bruit particulier et dont la durée cumulée est T_{res} .

3.3 Niveau acoustique fractile

Par analyse statistique des niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés A obtenus sur des intervalles de temps t « courts », on peut déterminer le niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé pendant N % de la période de mesure : on le nomme le **niveau de pression acoustique fractile** et on le note $L_{AN,t}$.

Par exemple, $L_{A50,1s}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A dépassé pendant 50 % de la période de mesure, avec une durée d'intégration égale à 1 seconde.

Dans le cas général (voir définition de l'émergence), l'indicateur préférentiel est celui indiquant la différence entre les niveaux de pression continus équivalents pondérés A du bruit ambiant $L_{Aeq, Tpart}$ et du bruit résiduel $L_{Aeq, Tres}$, déterminés selon la norme NF S 31-010.

Dans certaines situations particulières, cet indicateur n'est pas suffisamment adapté et on préfère employer le niveau acoustique fractile.

Ces indicateurs sont utilisés lors de situations se caractérisant par la présence de bruits intermittents, porteurs de beaucoup d'énergie mais qui ont une durée d'apparition suffisamment faible pour ne pas présenter, à l'oreille, d'effet de masque du bruit d'une l'installation. Une telle situation se rencontre notamment lorsqu'il existe un trafic routier très discontinu.

Le choix sur les indicateurs de niveaux sonores est guidé par la réglementation (Annexe : Méthode de mesure des émissions sonores de l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997) : elle indique notamment que si la différence $L_{Aeq} - L_{A50}$ est supérieure à 5 dB(A), alors est utilisé comme indicateur d'émergence la différence entre les indices fractiles L_{A50} calculés sur le bruit ambiant et le bruit résiduel.

4. SITE A L'ETUDE

4.1 Environnement

Le projet d'ouverture de la carrière est situé sur les communes de Roussines et de Sacierges-Saint-Martin (36).

L'environnement du site est le suivant :

- Habitations les plus proches à environ 40 m du site au sud, et 20 m à l'ouest ;
- Site en zone rurale ;
- Trafic aérien faible ;
- Voie routière D10 à environ 20 m à l'ouest du site avec un trafic modéré continu ;

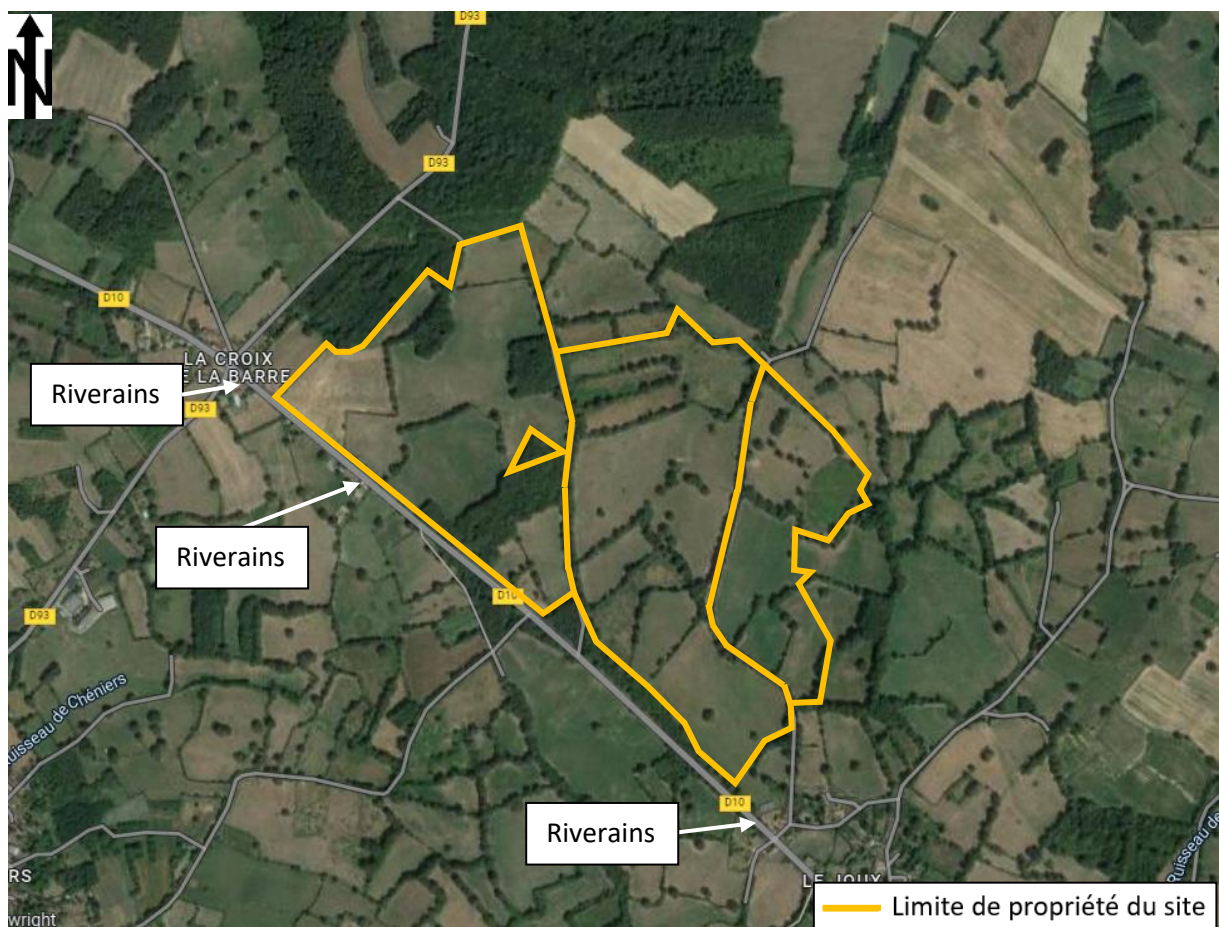


Figure 1 : Vue aérienne du site et de son environnement ²

² Source Google Earth : le site est susceptible d'avoir évolué depuis la date de la prise de vue

5. CONSTAT SONORE INITIAL REALISE PAR LA SOCIETE COMIREM

Ce chapitre présente le constat sonore qui a été réalisé par la société COMIREM. Ce constat servira de base pour l'étude d'impact acoustique concernant le projet d'ouverture de la carrière.

Les conditions de mesurages sont présentées dans le rapport « 20270_extrait_etude_impacts_bruit » établi par la société COMIREM.

Les mesures correspondantes ont été réalisées le 27 août 2021 au bord du site.

5.1 Emplacements des mesures

Les mesures ont été réalisées conformément à la localisation suivante :

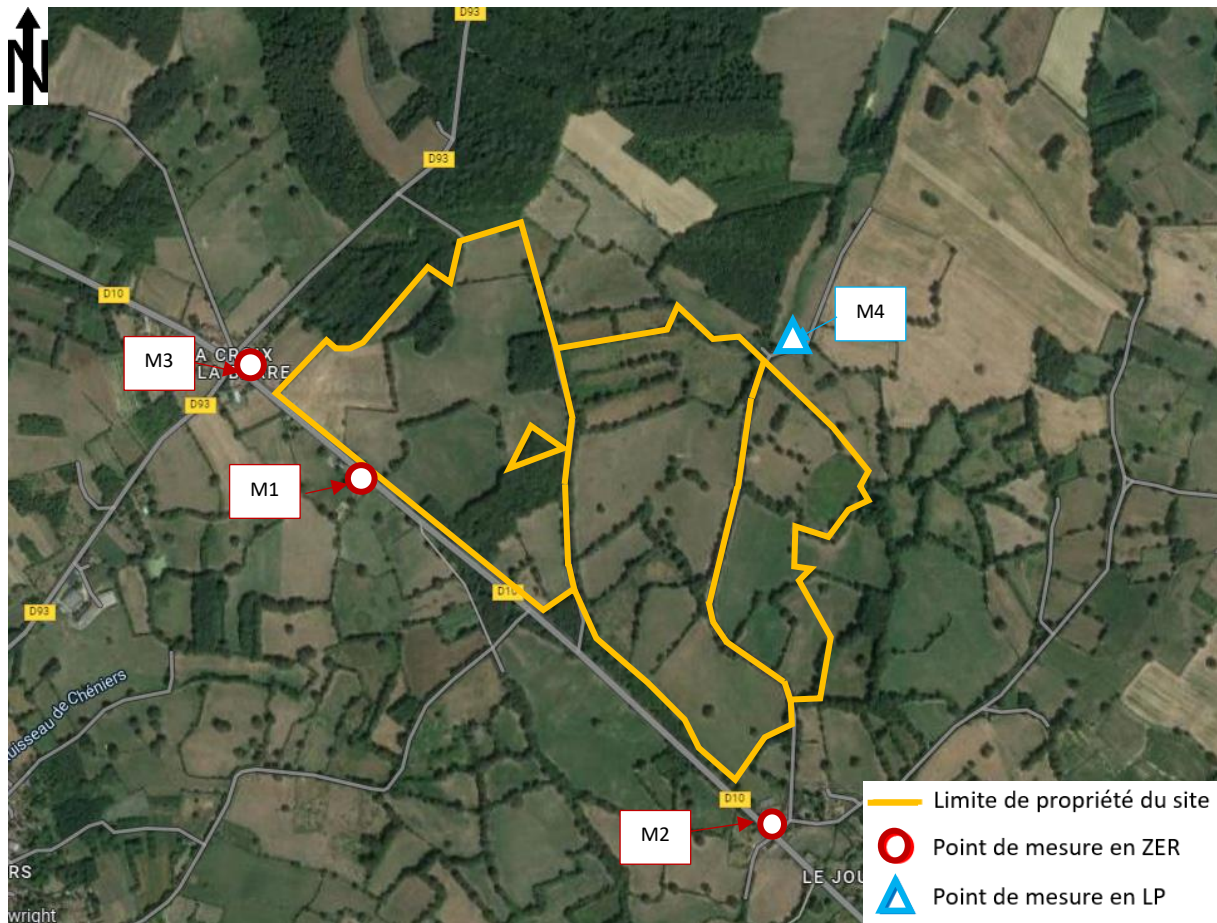


Figure 2 : Localisation des points de mesures

5.2 Résultats des mesures du constat sonore initial établi par la société COMIREM

Le tableau suivant présente les résultats des mesures réalisées par la société COMIREM en période jour. Les niveaux globaux L_{Aeq} , L_{A50} et L_{A90} sont exprimés en dB(A). Tous ces niveaux sont arrondis à 0,5 dB près conformément à la norme NF S 31-010. Des fiches de mesure détaillées sont présentées en annexe.

Point M1		Niveaux par bande d'octave en dB								NIVEAU GLOBAL dB(A)
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
Niveaux de bruit résiduel	L_{eq}	56,0	50,5	50,0	49,5	56,0	52,0	42,5	33,0	63,0
	L_{90}	28,0	21,5	19,0	19,0	18,5	16,0	14,5	11,5	29,5
	L_{50}	35,0	28,0	25,0	23,5	23,5	20,0	20,5	14,5	34,5

Point M2		Niveaux par bande d'octave en dB								NIVEAU GLOBAL dB(A)
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
Niveaux de bruit résiduel	L_{eq}	53,5	47,0	39,0	42,5	41,5	38,5	31,0	23,5	49,5
	L_{90}	33,0	28,0	22,5	20,0	18,0	16,0	16,0	13,0	31,0
	L_{50}	41,5	34,0	28,0	24,0	22,5	21,0	21,0	17,5	35,0

Point M3		Niveaux par bande d'octave en dB								NIVEAU GLOBAL dB(A)
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
Niveaux de bruit résiduel	L_{eq}	59,0	51,0	55,0	51,5	54,0	49,0	40,0	32,0	61,0
	L_{90}	31,5	23,0	20,0	21,0	21,0	18,5	16,0	11,5	32,0
	L_{50}	49,5	32,5	29,0	30,0	28,5	25,5	20,0	15,5	39,5

Point M4		Niveaux par bande d'octave en dB								NIVEAU GLOBAL dB(A)
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
Niveaux de bruit résiduel	L_{eq}	35,5	32,0	28,0	24,0	24,0	25,0	29,5	26,5	38,5
	L_{90}	29,5	21,5	19,5	17,5	16,0	15,0	20,0	14,5	30,5
	L_{50}	33,5	27,5	24,0	22,5	21,5	21,5	26,0	22,5	35,5

Dans la suite de l'étude, l'indice fractile L_{50} est retenu pour l'ensemble des points. En effet, cet indice permet de s'affranchir des bruits parasites présents lors des mesures.

6. MODELISATION

Afin de déterminer l'impact du projet, une modélisation de celui-ci et de son environnement proche a été réalisée. Celle-ci a été créée avec le logiciel CadnaA de la société DATAKUSTIK.

6.1 Méthodologie

Dans le but de définir un traitement acoustique adapté à la situation du site et permettant de respecter les exigences réglementaires au voisinage, la méthodologie suivante a été retenue :

- **Construire un modèle acoustique permettant de simuler l'impact sonore du site sur l'environnement.**

Ce modèle numérique réunit l'ensemble des données topographiques de la zone, les bâtiments et les données dimensionnelles et acoustiques des principales sources sonores ;

- **Dimensionner les solutions acoustiques nécessaires à la diminution du bruit dans l'environnement.**

Les solutions de traitements proposées sont intégrées au modèle numérique afin de vérifier leur efficacité dans l'environnement.

6.2 Méthode de calcul prévisionnel : norme ISO 9613

Le calcul des niveaux sonores s'appuie sur une méthode de calcul prévisionnel conforme aux exigences des réglementations actuelles : la norme ISO 9613 « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre, partie 2 : méthode générale de calcul ».

Cette méthode de calcul prend en compte le bâti, la topographie du site, ainsi que tous les phénomènes liés à la propagation des ondes sonores (réflexion, absorption, effets météorologiques, etc.).

6.3 Logiciel de calcul prévisionnel : CadnaA

Le logiciel CadnaA, développé par DATAKUSTIK, permet de modéliser la propagation acoustique en espace extérieur en utilisant l'ensemble des paramètres imposés par la méthode ISO 9613.

6.4 Le site

Le site a été modélisé à partir d'une digitalisation du site en s'appuyant sur un fond de plan Google Earth, sur les plans communiqués et sur les données IGN disponibles (bâtiments, topographie).

6.5 Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques jouent un rôle important sur la propagation du son. La norme ISO 9613-2 décrit une méthode pour le calcul des niveaux sonores dans des conditions météorologiques favorables à la propagation. Pour les simulations des effets du projet, les occurrences retenues sont 100 % favorables à la propagation des rayons sonores.

6.6 Rappel des niveaux sonores retenus aux points de calculs

Les niveaux de bruit résiduel au niveau des points de calculs ont été mesurés lors de la campagne de mesure réalisées le 27 août 2021.

Les niveaux de bruit résiduel retenus pour les différents points sont donnés dans le tableau ci-après :

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3	Point M4
Niveaux de bruit résiduel mesurés	34,5	35,0	39,5	35,5

Tableau 1 : Niveaux de bruit résiduel utilisés pour les calculs

6.7 Sources de bruit

Le modèle intègre les engins et camions du projet pour chacune des simulations.

Le tableau ci-après présente les sources de bruit (arrondies à 0,5 dB(A) considérées dans les simulations :

Nom	Détail	Puissance acoustique
Trafic de camions	4 mouvements par heure à une vitesse de 30 km/h	64,0 dB(A) / ml
Tombereaux	4 tombereaux pour l'acheminement des matériaux	98,0 dB(A)
Pelle	1 pelle pour les phases d'exploitation 1 pelle pour les phases de remise en état	103,5 dB(A)
Buteur	1 buteur pour les phases d'exploitation et de remise en état	103,0 dB(A)
Chargeuse sur pneus	1 chargeur pour le chargement des poids lourds	100,5 dB(A)
Tracteur avec cuve d'arrosage	1 tracteur pour l'arrosage des pistes si nécessaire	99,0 dB(A)
Groupe électrogène	1 groupe électrogène pour l'alimentation ponctuelle de la base vie	87,0 dB(A)

Tableau 2 : Listes des sources considérées dans la modélisation

Les puissances acoustique des sources Tombereaux, Pelle, Buteur et Chargeuse ont été calculées à partir de mesures réalisées sur la carrière des Vignauds, à Roumazières-Loubert (Haute Charente), le mardi 24/01/2023. Ci-dessous les références des sources étudiées :



Source 1 : Buteur KOMATSU D 61PXi



Source 2 : Pelle HITACHI Zaxis 350 lc



Source 3 : Tombereau CATERPILLAR 730C



Source 4 : Chargeuse VOLVO L180H

6.8 Données d'entrées

Les données d'entrées pour la réalisation de la modélisation sont issues :

- De vues aériennes issues de Google Maps ;
- De la position et de la forme des bâtiments issus d'une couche OSM (OpenStreetMap) ;
- Des informations relatives au site et aux engins utilisés transmises par la société COMIREM.

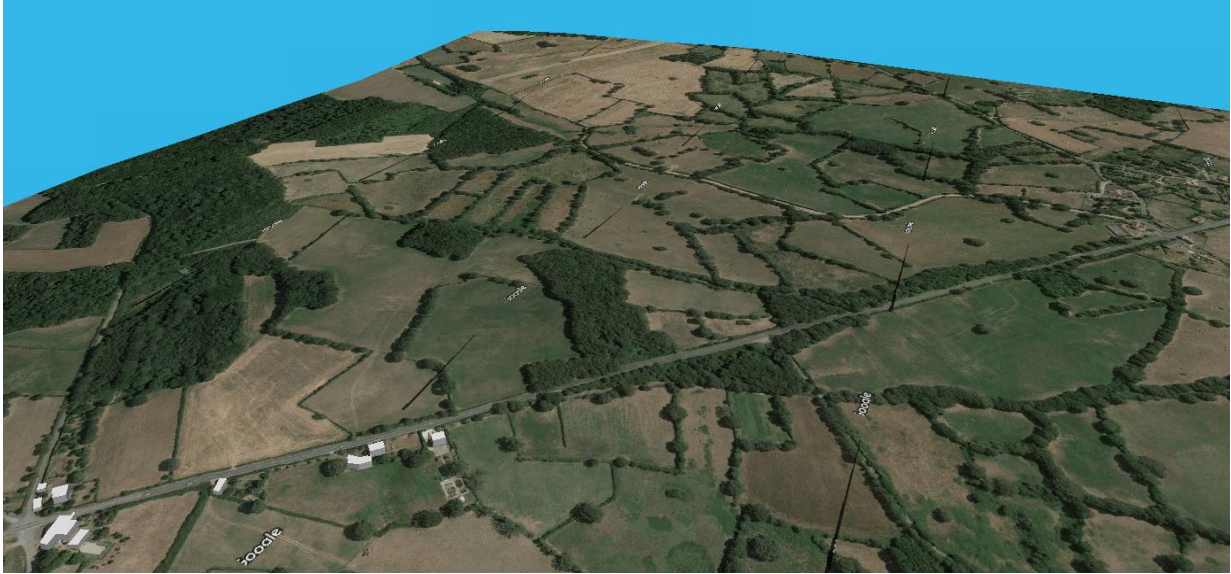


Figure 3 : Vue 3D du site dans son environnement

Des merlons sont également prévus sur des portions en limite de propriété du site. Ces éléments ont été pris en compte pour toutes les simulations. L'illustration ci-dessous présente la localisation et la hauteur des merlons prévus autour du site :

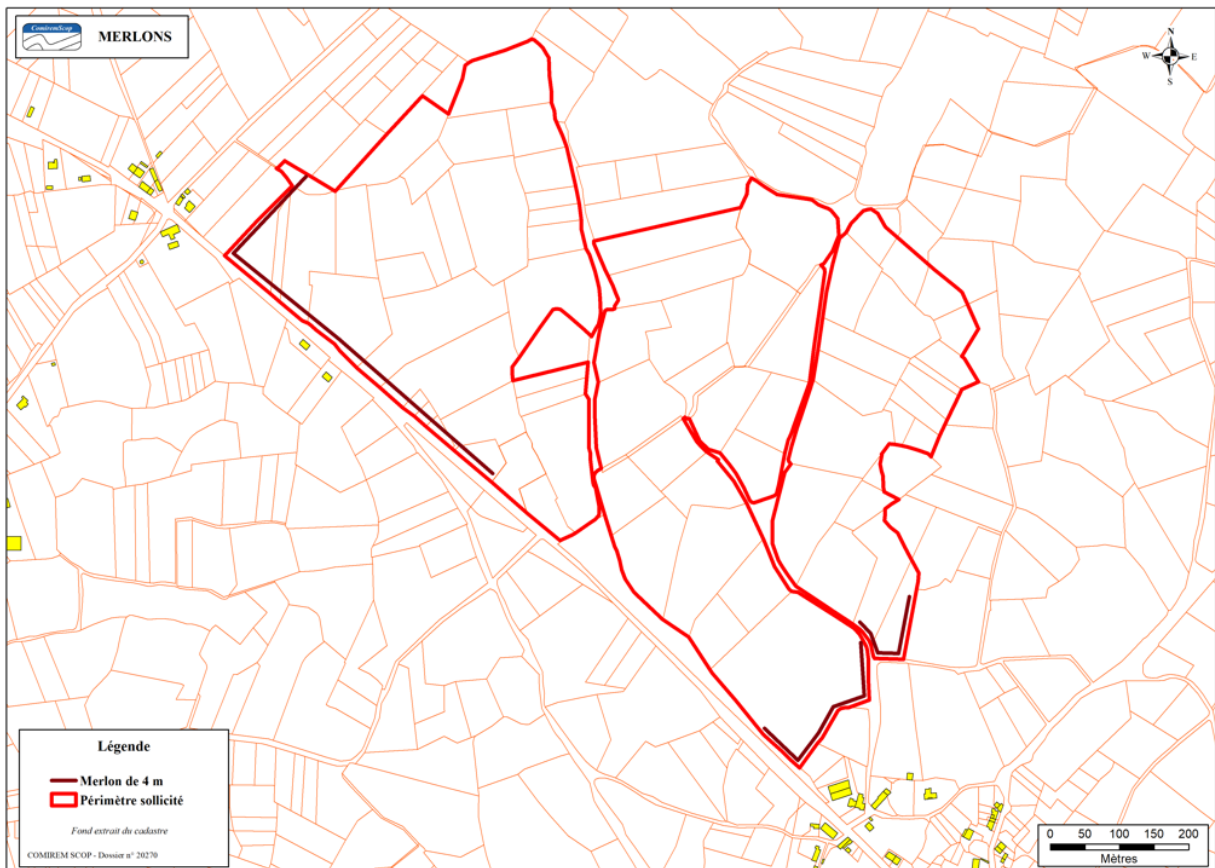


Figure 4 : Localisation des merlons autour du site

6.9 Simulations réalisées

Cette étude présente les résultats estimés au niveau des habitations les plus proches de la future carrière pour les différentes phases d'extraction, de décapage et de remise en état :

- Simulation 1 : Phase 4 - Extraction à T+20 ans avec remise en état progressive ;
- Simulation 2 : Phase 6 - Extraction à T+30 ans avec remise en état progressive côté ouest.
- Simulation 3 : Phase 6 - Extraction à T+30 ans avec remise en état progressive côté est.

Les deux simulations complémentaires suivantes ont été réalisées afin de réduire l'impact sonore de la carrière sur les habitations voisines :

- Simulation 4 : Phase 4 - Extraction à T+20 ans avec merlon de 6 mètres.
- Simulation 5 : Phase 6 - Extraction à T+30 ans ouest avec merlon de 7 mètres et retrait d'une source (pelle).

Remarque : Les simulations d'extraction et de remise en état à T+20 ans, et T+30 ans ont été choisies, car elles sont potentiellement les plus impactantes, notamment pour les 3 points proches des habitations (Point M1, M2 et M3). En effet, toutes les simulations ont été réalisées sur des périodes d'exploitation de la carrière où les opérations de préparation ou de remise en état se chevauchent avec les opérations d'extraction.

Il en va de même pour les autres sources sonores telles que le tracteur avec cuve d'arrosage et le groupe électrogène. Le tracteur avec cuve d'arrosage servira à arroser les pistes si nécessaire et le groupe électrogène sur la plateforme de stockage permettra de manière ponctuelle à alimenter la base vie. Afin de se positionner dans la situation potentiellement la plus contraignante, ces sources de bruit ont été modélisées pour l'ensemble des simulations.

7. SIMULATION 1 – PHASE 4 – EXTRACTION A T+20 ANS AVEC REMISE EN ETAT PROGRESSIVE

7.1 Sources de bruit prises en compte

Pour la simulation des phases de découverte, d'extraction et de remise en état à T+20 ans, les sources sonores suivantes sont considérées :

Nom	Détail	Puissance acoustique
Trafic de camions	4 mouvements par heure à une vitesse de 30 km/h	64,0 dB(A) / ml
Tombereaux	4 tombereaux pour l'acheminement de la roche	98,0 dB(A)
Pelle	1 pelle pour les phases d'exploitation 1 pelle pour les phases de remise en état	103,5 dB(A)
Bouteur	1 bouteur pour les phases d'exploitation et de remise en état	103,0 dB(A)
Chargeur sur pneus	1 chargeur pour le chargement des poids lourds	100,5 dB(A)
Tracteur avec cuve d'arrosage	1 tracteur pour l'arrosage des pistes si nécessaire	99,0 dB(A)
Groupe électrogène	1 groupe électrogène pour l'alimentation ponctuelle de la base vie	87,0 dB(A)

Tableau 3 : Listes des sources considérées dans la modélisation à T+20 ans

La localisation des sources sonores considérées est donnée ci-après :

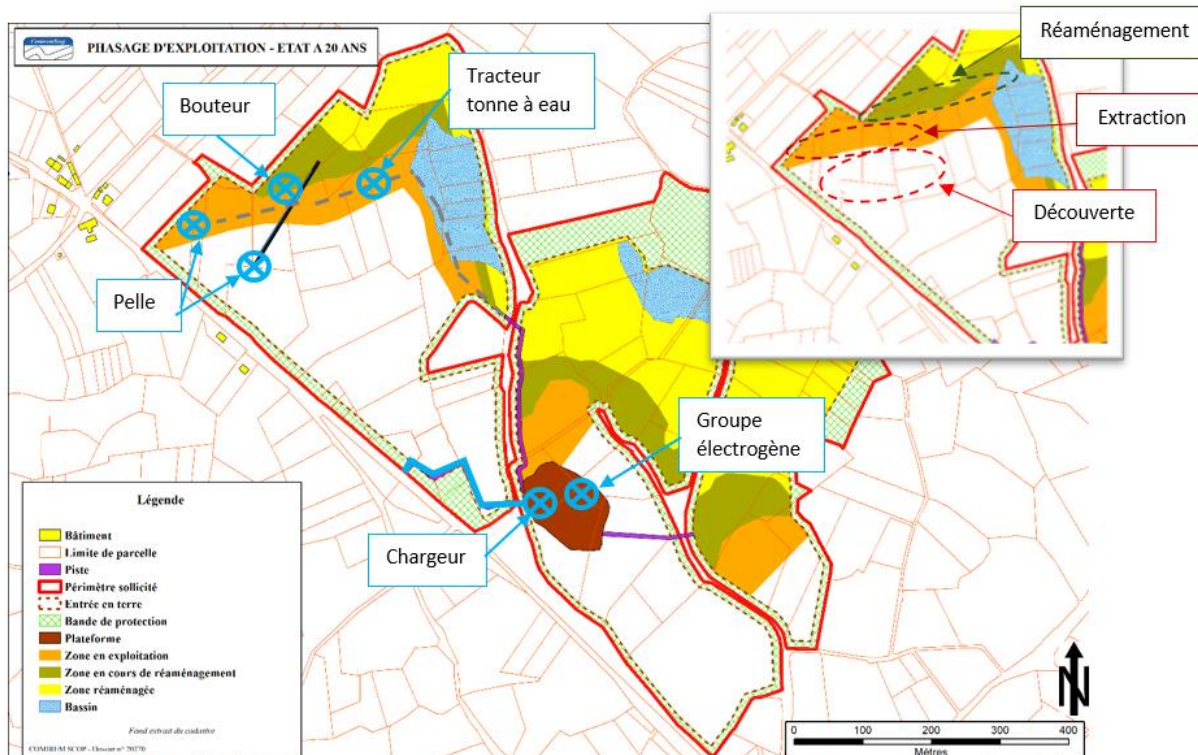


Figure 5 : Localisation des sources de bruit considérées dans la modélisation à T+20 ans

7.2 Cartographie sonore – Phasage 4 – T+20 ans : étude habitations

La cartographie suivante présente les niveaux sonores particuliers en dB(A) engendrés à 1,5 mètre de hauteur par le site lors des calculs de la phase d'extraction et de remise en état à T+20 ans avec toutes les sources en fonctionnement et avec un maillage de 5 mètres par 5 mètres.

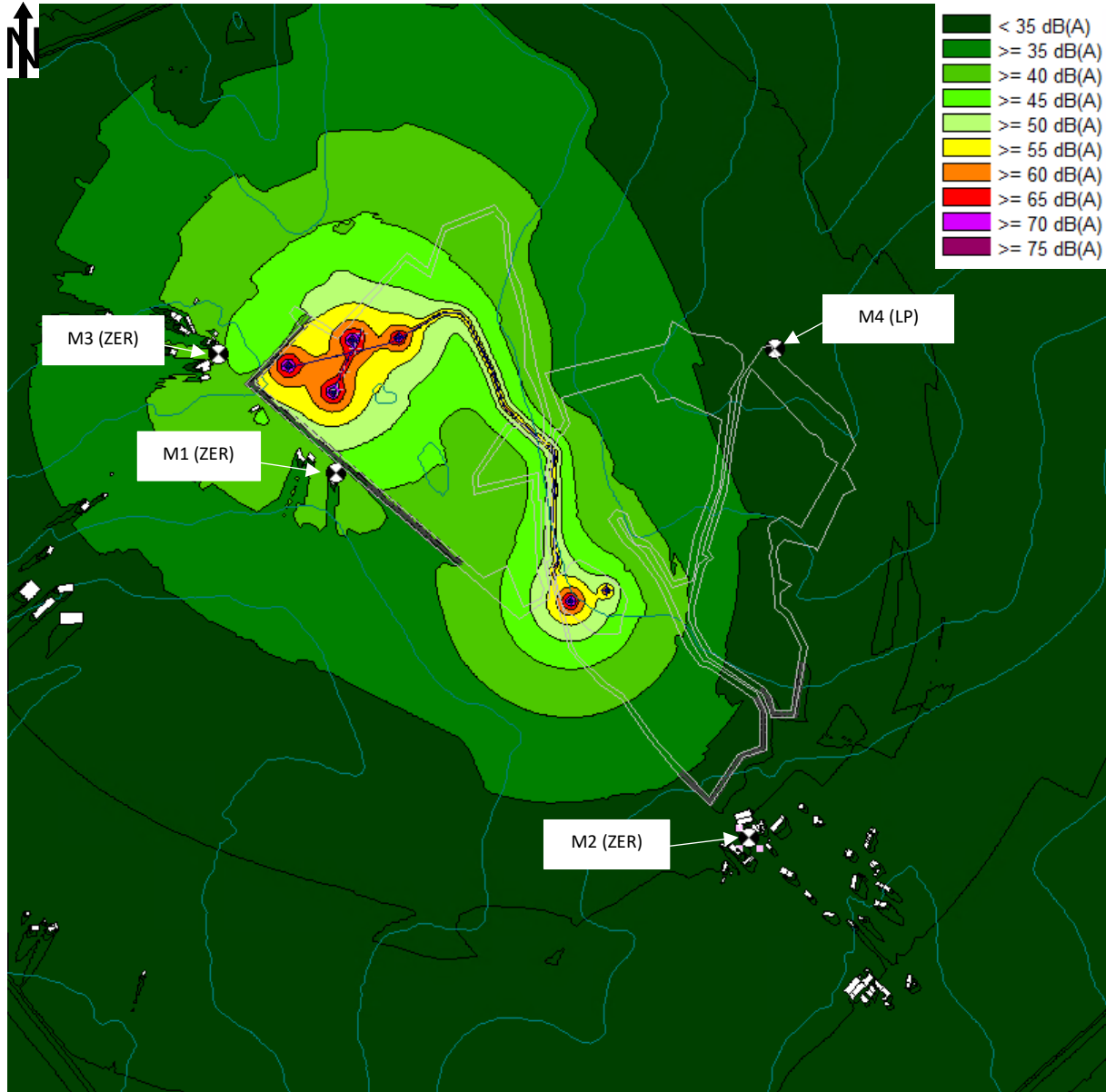


Figure 6 : Cartographie sonore à 1,5 mètre de hauteur en état à T+20 ans

7.3 Résultats

7.3.1 Limite de propriété

D'après les calculs, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est constaté en limite de propriété.

7.3.2 Zones à Emergence Réglementée

Les niveaux de bruit simulés aux points de calculs en ZER sont donnés dans le tableau ci-après et arrondis à 0,5 dB(A) près.

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3
Niveaux de bruit particulier simulés	42,5	30,5	45,0
Niveaux de bruit résiduel diurne mesurés	34,5	35,0	39,5
Niveaux de bruit ambiant calculés (Niveau de bruit résiduel + Niveau de bruit particulier)	43,5	36,5	46,0
Emergences calculées	9,0	1,5	6,5
Emergence réglementaire	6,0	6,0	5,0
Dépassement	OUI	NON	OUI

Tableau 4 : Résultats prévisionnels en Zones à Emergences Réglementées à T+20 ans

D'après les calculs, des dépassements sont observés aux points M1 et M3. Les principales sources de bruit sont liées aux activités du boteur, de la pelle et aux trafics des tombereaux sur site. De plus, le niveau de bruit résiduel mesuré est relativement faible.

8. SIMULATION 2 – PHASE 6 – EXTRACTION A T+30 ANS AVEC REMISE EN ETAT PROGRESSIVE COTE OUEST

8.1 Sources de bruit prises en compte

Pour la simulation des phases de découverte, d'extraction et de remise en état à T+30 ans côté ouest, les sources de bruit suivantes sont considérées :

Nom	Détail	Puissance acoustique
Trafic de camions	4 mouvements par heure à une vitesse de 30 km/h	64,0 dB(A) / ml
Tombereaux	4 tombereaux pour l'acheminement de la roche	98,0 dB(A)
Pelle	1 pelle pour les phases d'exploitation 1 pelle pour les phases de remise en état	103,5 dB(A)
Bouteur	1 bouteur pour les phases d'exploitation et de remise en état	103,0 dB(A)
Chargeur sur pneus	1 chargeur pour le chargement des poids lourds	100,5 dB(A)
Tracteur avec cuve d'arrosage	1 tracteur pour l'arrosage des pistes si nécessaire	99,0 dB(A)
Groupe électrogène	1 groupe électrogène pour l'alimentation ponctuelle de la base vie	87,0 dB(A)

Tableau 5 : Listes des sources considérées dans la modélisation à T+30 ans côté ouest

La localisation des sources de bruit considérées est donnée ci-après :

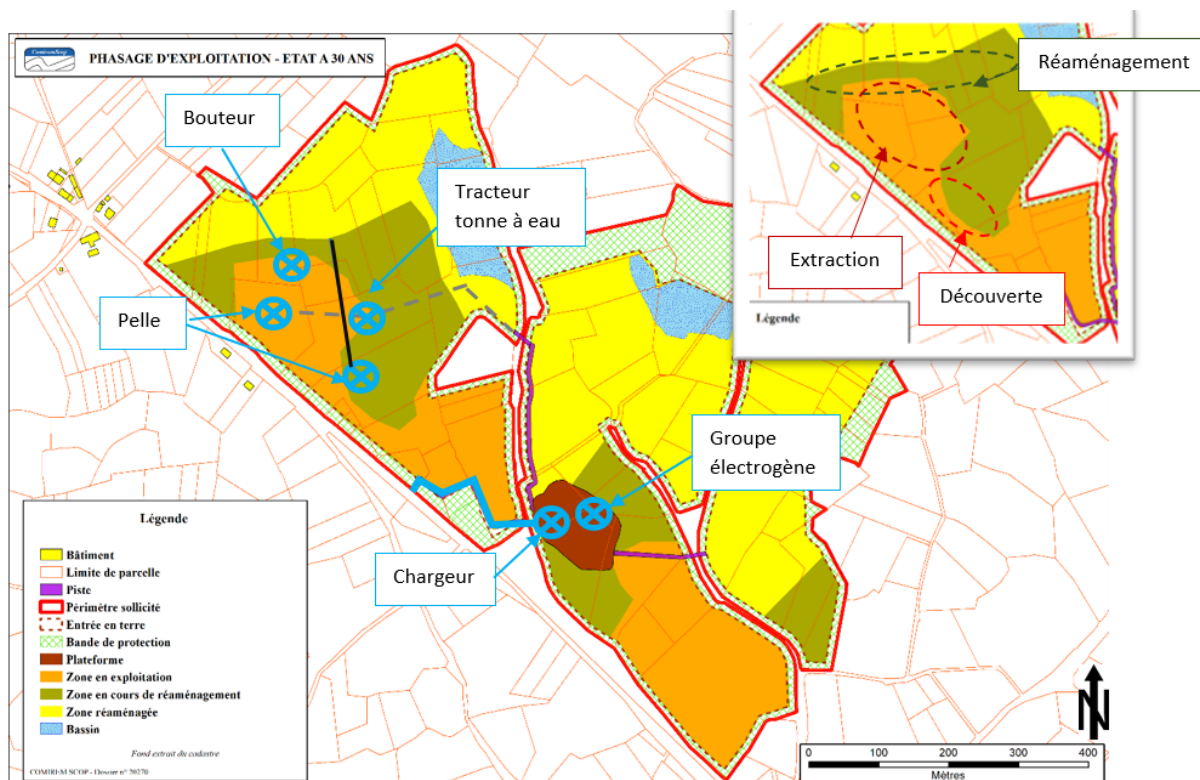


Figure 7 : Localisation des sources de bruit considérées dans la modélisation à T+30 ans côté ouest

8.2 Cartographie sonore – phase d’extraction et remise en état à T+30 ans côté ouest

La cartographie suivante présente les niveaux sonores particuliers en dB(A) engendrés à 1,5 mètre de hauteur par le site lors des calculs de la phase d’extraction et de remise en état à T+30 ans côté ouest avec toutes les sources en fonctionnement et avec un maillage de 5 mètres par 5 mètres.

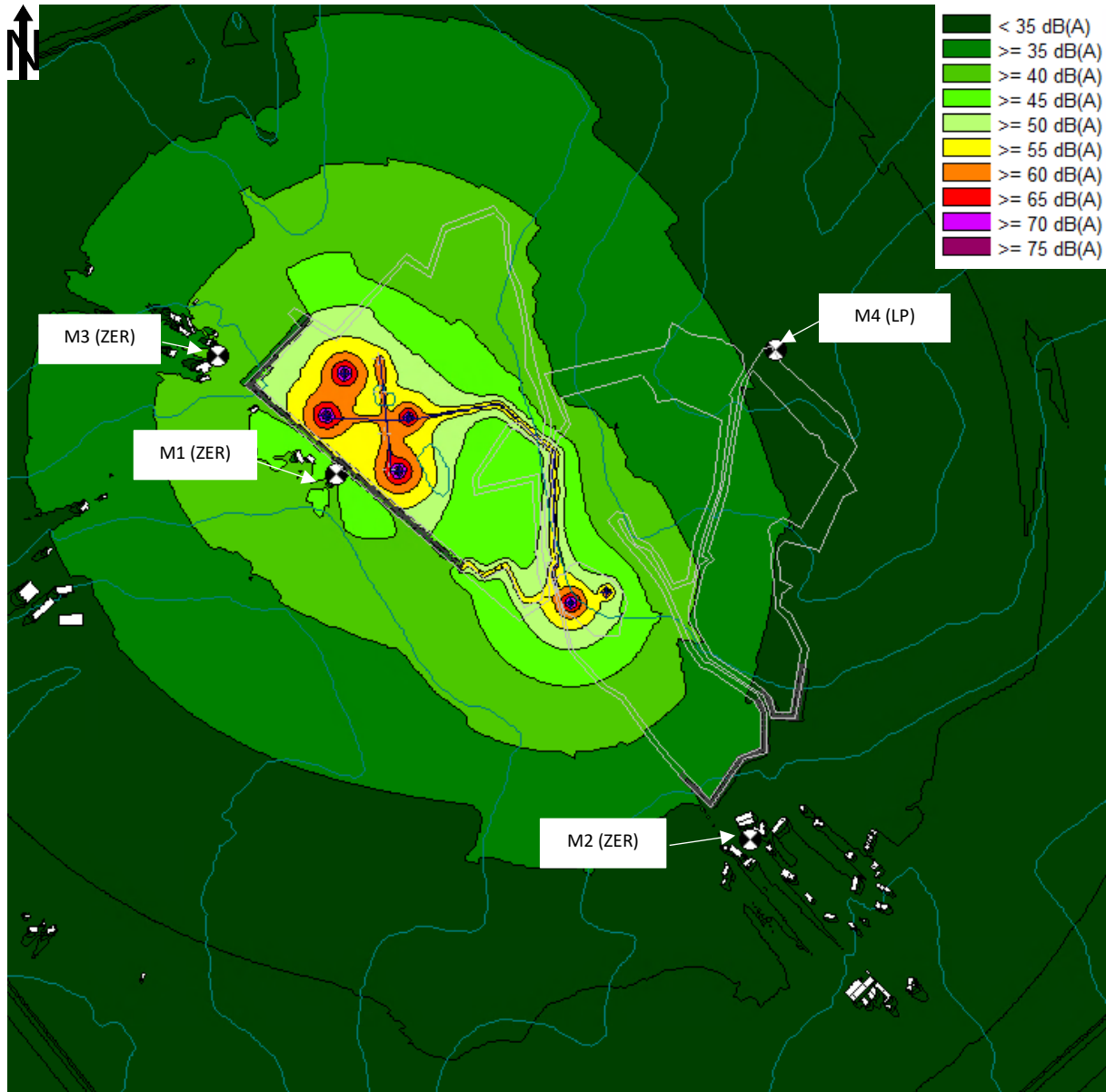


Figure 8 : Cartographie sonore à 1,5 mètre de hauteur en état à T+30 ans côté ouest

8.3 Résultats

8.3.1 Limite de propriété

D'après les calculs, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est constaté en limite de propriété.

8.3.2 Zones à Emergence Réglementée

Les niveaux de bruit simulés aux points de calculs en ZER sont donnés dans le tableau ci-après et arrondis à 0,5 dB(A) près.

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3
Niveaux de bruit particulier simulés	46,5	31,0	42,0
Niveaux de bruit résiduel diurne mesurés	34,5	35,0	39,5
Niveaux de bruit ambiant calculés (Niveau de bruit résiduel + Niveau de bruit particulier)	46,5	36,5	44,0
Emergences calculées	12,0	1,5	4,5
Emergence réglementaire	5,0	6,0	6,0
Dépassement	OUI	NON	NON

Tableau 6 : Résultats prévisionnels en Zones à Emergences Réglementées à T+30 ans côté ouest

D'après les calculs, un dépassement est observé au point M1. Les principales sources de bruit sont liées aux activités du boueur, de la pelle et aux trafics des tombereaux sur site. De plus, le niveau de bruit résiduel mesuré est relativement faible.

9. SIMULATION 3 – PHASE 6 – EXTRACTION A T+30 ANS AVEC REMISE EN ETAT PROGRESSIVE COTE EST

9.1 Sources de bruit prises en compte

Pour la simulation des phases de découverte, d'extraction et de remise en état à T+30 ans côté est, les sources de bruit suivantes sont considérées :

Nom	Détail	Puissance acoustique
Trafic de camions	8 mouvements par heure à une vitesse de 30 km/h	64,0 dB(A) / ml
Tombereaux	4 tombereaux pour l'acheminement de la roche	98,0 dB(A)
Pelle	1 pelle pour les phases d'exploitation 1 pelle pour les phases de remise en état	103,5 dB(A)
Buteur	1 buteur pour les phases d'exploitation et de remise en état	103,0 dB(A)
Chargeur sur pneus	1 chargeur pour le chargement des poids lourds	100,5 dB(A)
Tracteur avec cuve d'arrosage	1 tracteur pour l'arrosage des pistes si nécessaire	99,0 dB(A)
Groupe électrogène	1 groupe électrogène pour l'alimentation ponctuelle de la base vie	87,0 dB(A)

Tableau 7 : Listes des sources considérées dans la modélisation à T+30 ans côté est

La localisation des sources de bruit considérées est donnée ci-après :

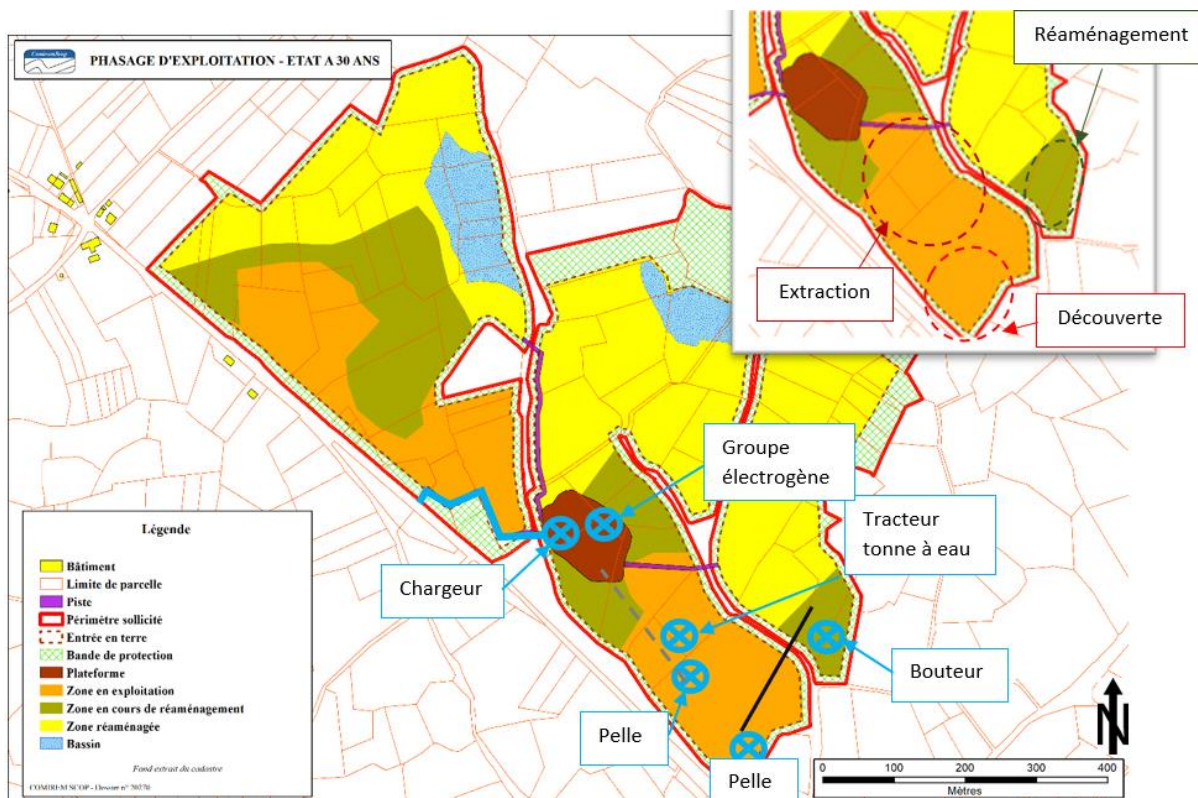


Figure 9 : Localisation des sources à T+30 ans côté est

9.2 Cartographie sonore – phase d’extraction et remise en état à T+30 ans côté est

La cartographie suivante présente les niveaux sonores particuliers en dB(A) engendrés à 1,5 mètre de hauteur par le site lors des calculs de la phase d’extraction et de remise en état à T+30 ans côté est avec toutes les sources en fonctionnement et avec un maillage de 5 mètres par 5 mètres.

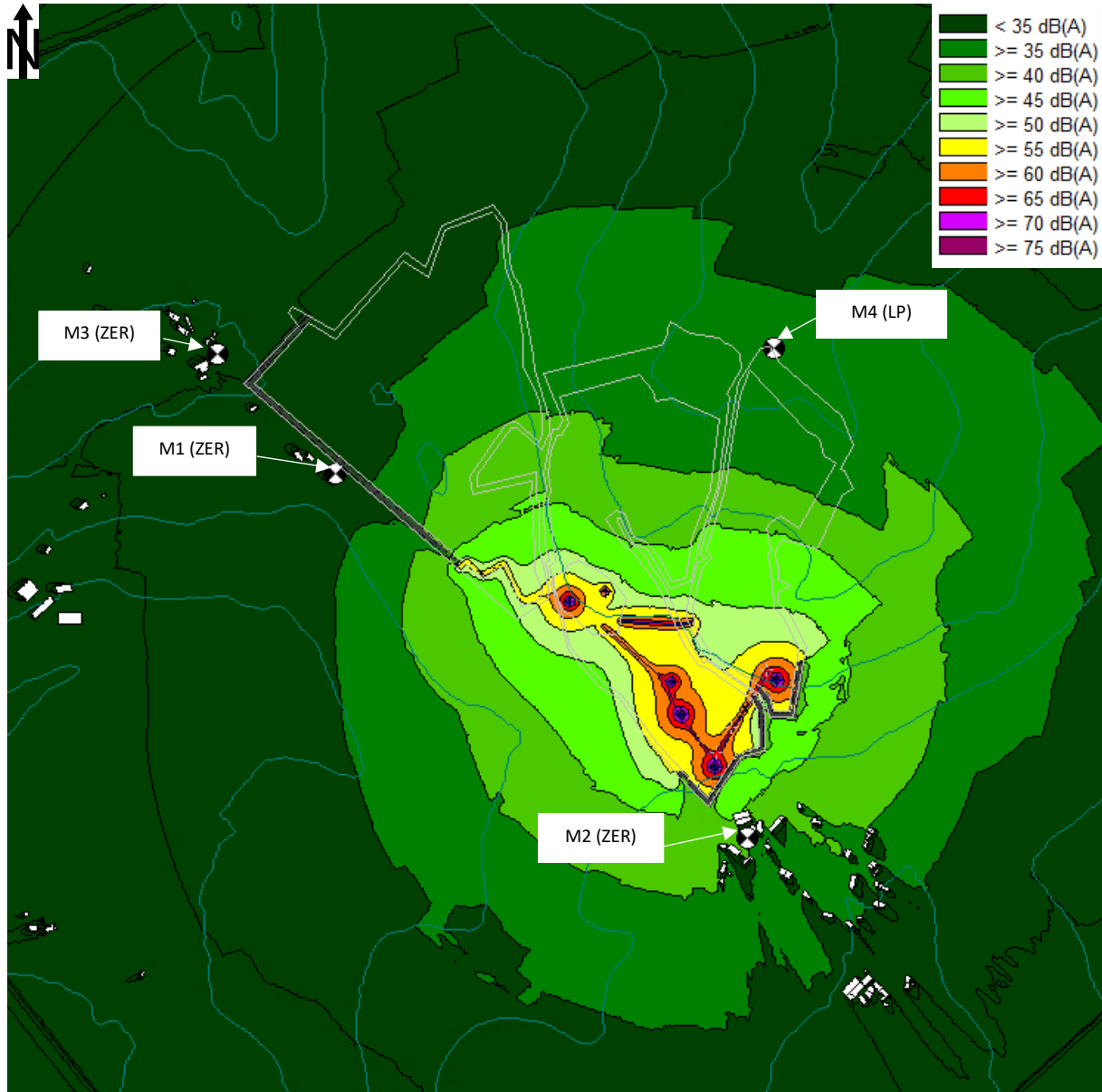


Figure 10 : Cartographie sonore à 1,5 mètre de hauteur en état à T+30 ans côté est

9.3 Résultats

9.3.1 Limite de propriété

D'après les calculs, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est constaté en limite de propriété.

9.3.2 Zones à Emergence Réglementée

Les niveaux de bruit simulés aux points de calculs en ZER sont donnés dans le tableau ci-après et arrondis à 0,5 dB(A) près.

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3
Niveaux de bruit particulier simulés	33,0	38,5	29,5
Niveaux de bruit résiduel diurne mesurés	34,5	35,0	39,5
Niveaux de bruit ambiant calculés (Niveau de bruit résiduel + Niveau de bruit particulier)	37,0	40,0	40,0
Emergences calculées	2,5	5,0	0,5
Emergence réglementaire	6,0	6,0	6,0
Dépassement	NON	NON	NON

Tableau 8 : Résultats prévisionnels en Zones à Emergences Réglementées à T+30 ans côté est

D'après les calculs, aucun dépassement n'est observé.

10. SIMULATION 4 – PHASE 4 – EXTRACTION A T+20 ANS AVEC MERLONS REHAUSSES A 6 METRES DE HAUTEUR

10.1 Cartographie sonore – Phasage 4 – T+20 ans : augmentation de la hauteur du merlon ouest

La cartographie suivante présente les niveaux sonores particuliers en dB(A) engendrés à 1,5 mètre de hauteur par le site lors des calculs de la phase d'extraction et de remise en état à T+20 ans avec toutes les sources en fonctionnement et un merlon de 6 mètres au lieu des 4 mètres prévus initialement.

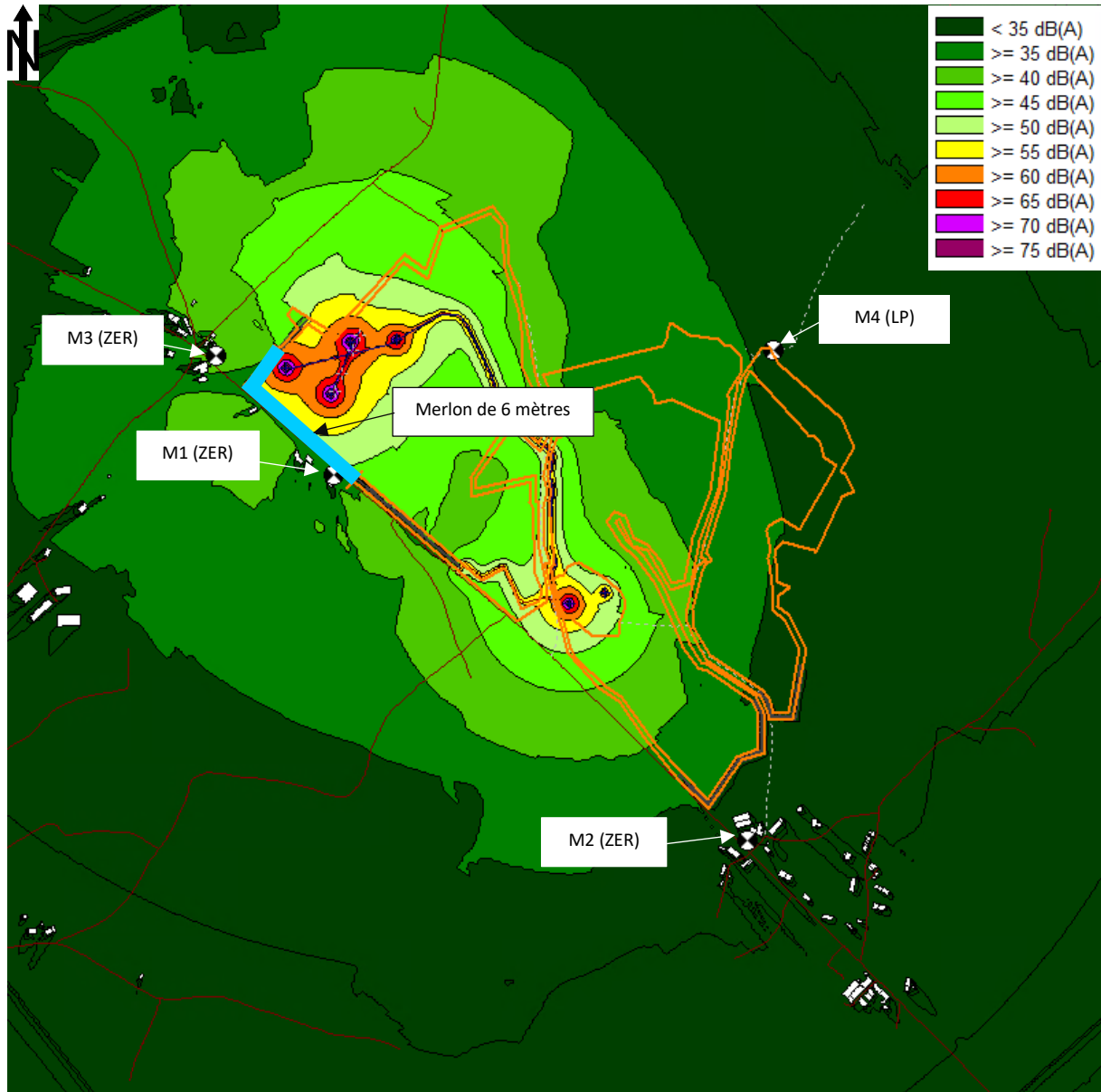


Figure 11 : Cartographie sonore à 1,5 mètre de hauteur en état à T+20 ans et merlon de 6 mètres

10.2 Résultats

10.2.1 Limite de propriété

D'après les calculs, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est constaté en limite de propriété.

10.2.2 Zones à Emergence Réglementée

Les niveaux de bruit simulés aux points de calculs en ZER sont donnés dans le tableau ci-après et arrondis à 0,5 dB(A) près.

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3
Niveaux de bruit particulier simulés	38,5	30,5	41,0
Niveaux de bruit résiduel diurne mesurés	34,5	35,0	39,5
Niveaux de bruit ambiant calculés (Niveau de bruit résiduel + Niveau de bruit particulier)	40,0	36,5	43,5
Emergences calculées	5,5	1,5	4,0
Emergence réglementaire	6,0	6,0	6,0
Dépassement	NON	NON	NON

Tableau 9 : Résultats prévisionnels en Zones à Emergences Réglementées à T+20 ans et merlon de 6 mètres

D'après les calculs, aucun dépassement n'est observé.

Le merlon de 6 mètres simulé permet d'atteindre la conformité réglementaire aux différents points.

Remarque : Il est à noter que la simulation a été faite avec les engins à hauteur du terrain naturel, mais que dans la réalité des fait, les engins pourront être à un niveau plus bas que le terrain naturel, et donc les effets de masque sonore liés au dénivelé seront plus importants.

11. SIMULATION 5 – PHASE 6 – EXTRACTION A T+30 ANS COTE OUEST AVEC MERLONS DE 7 METRES ET RETRAIT D'UNE PELLE.

11.1 Cartographie sonore – Phasage 6 – T+30 ans côté ouest : augmentation de la hauteur du merlon ouest et retrait d'une pelle

La cartographie suivante présente les niveaux sonores particuliers en dB(A) engendrés à 1,5 mètre de hauteur par le site lors des calculs de la phase d'extraction et de remise en état à T+30 ans côté ouest avec toutes les sources en fonctionnement, un merlon de 7 mètres de hauteur au lieu des 4 mètres prévus du côté de point M1 (environ 100 mètres de longueur) et la suppression d'une pelle.

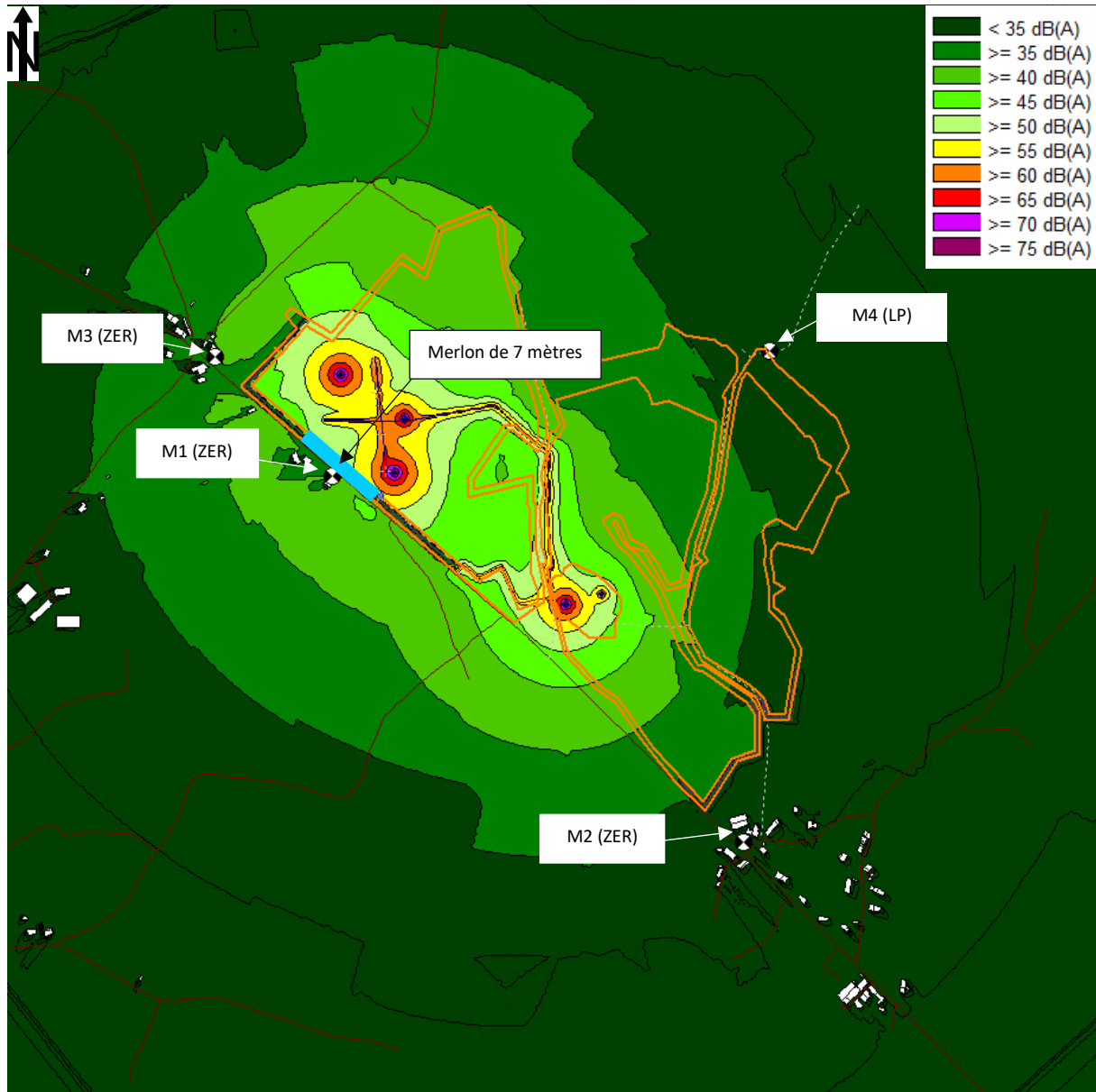


Figure 12 : Cartographie sonore à 1,5 mètre de hauteur en état à T+30 ans côté ouest et merlon de 7 mètres

11.2 Résultats

11.2.1 Limite de propriété

D'après les calculs, aucun dépassement des seuils réglementaires n'est constaté en limite de propriété.

11.2.2 Zones à Emergence Réglementée

Les niveaux de bruit simulés aux points de calculs en ZER sont donnés dans le tableau ci-après et arrondis à 0,5 dB(A) près.

Résultats en dB(A)	Point M1	Point M2	Point M3
Niveaux de bruit particulier simulés	38,0	30,0	40,0
Niveaux de bruit résiduel diurne mesurés	34,5	35,0	39,5
Niveaux de bruit ambiant calculés (Niveau de bruit résiduel + Niveau de bruit particulier)	39,5	36,0	42,5
Emergences calculées	5,0	1,0	3,0
Emergence réglementaire	6,0	6,0	6,0
Dépassement	NON	NON	NON

Tableau 10 : Résultats prévisionnels en Zones à Emergences Réglementées à T+30 ans côté ouest et merlon de 7 mètres

D'après les calculs, aucun dépassement n'est observé.

Le merlon de 7 mètres sur une longueur de 100 mètres et la suppression d'une source (pelle) simulé permet d'atteindre la conformité réglementaire aux différents points.

Remarque : Il est à noter que la simulation a été faite avec les engins à hauteur du terrain naturel, mais que dans la réalité des fait, les engins pourront être à un niveau plus bas que le terrain naturel, et donc les effets de masque sonore liés au dénivelé seront plus importants.

12. CONCLUSION

La société COMIREM a sollicité le bureau d'études ORFEA Acoustique pour la réalisation d'une étude d'impact acoustique pour le projet d'ouverture d'une carrière, pour le compte de la société TERREAL, sur les communes de Roussines et de Sacierges-Saint-Martin (36), dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) définie par l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997.

Un constat sonore, réalisé en août 2021 par la société COMIREM, a permis d'établir les niveaux de bruit résiduel de la zone.

Les données du projet ont permis de construire un modèle numérique permettant de calculer les niveaux de bruit prévisionnels en limite de propriété et en Zones à Emergence réglementée, notamment lors des phases les plus impactantes du projet (opération de décapage, d'extraction et de remise en état réalisées de façon concomitante à hauteur du terrain naturel pour toutes les simulations).

Les simulations ont permis d'établir :

- Pour la phase 4 à T+20 ans : D'après les calculs, des dépassements sont observés aux points M1 et M3. Les principales sources de bruit sont liées aux activités du boueur, de la pelle et aux trafics des tombereaux sur site.
- Pour la phase 6 à T+30 ans côté ouest : D'après les calculs, un dépassement est observé au point M1. Les principales sources de bruit sont liées aux activités du boueur, de la pelle et aux trafics des tombereaux sur site.
- Pour la phase 6 à T+30 ans côté est : D'après les calculs, aucun dépassement n'est observé.

Des simulations complémentaires suivantes ont été réalisées afin de réduire l'impact sonore de la carrière sur les habitations voisines :

- Phase 4 - Extraction à T+20 ans avec merlon de 6 mètres sur une longueur de 300 mètres côté ouest (entre le point M1 et M3): aucun dépassement n'est observé.
Phase 6 - Extraction à T+30 ans ouest avec merlon de 7 mètres sur une longueur de 100 mètres en face du point M1et suppression d'une source (pelle) : aucun dépassement n'est observé.

Il est à noter que les simulations ont toutes été faites avec les engins à hauteur du terrain naturel, mais que dans la réalité des fait, les engins pourront être à un niveau plus bas que le terrain naturel, et donc les effets de masque sonore liés au dénivelé seront plus importants.

Rédacteur	Approbateur
Paul DURAND	Stéphane BEAUDET

Point M1	Mesure en Zone à Emergence Réglementée Sud-ouest du site Période Diurne	Fiche N° 1
----------	--	------------

POINT DE MESURE	LOCALISATION	PARAMETRES DE MESURAGE
-----------------	--------------	------------------------

Non disponible

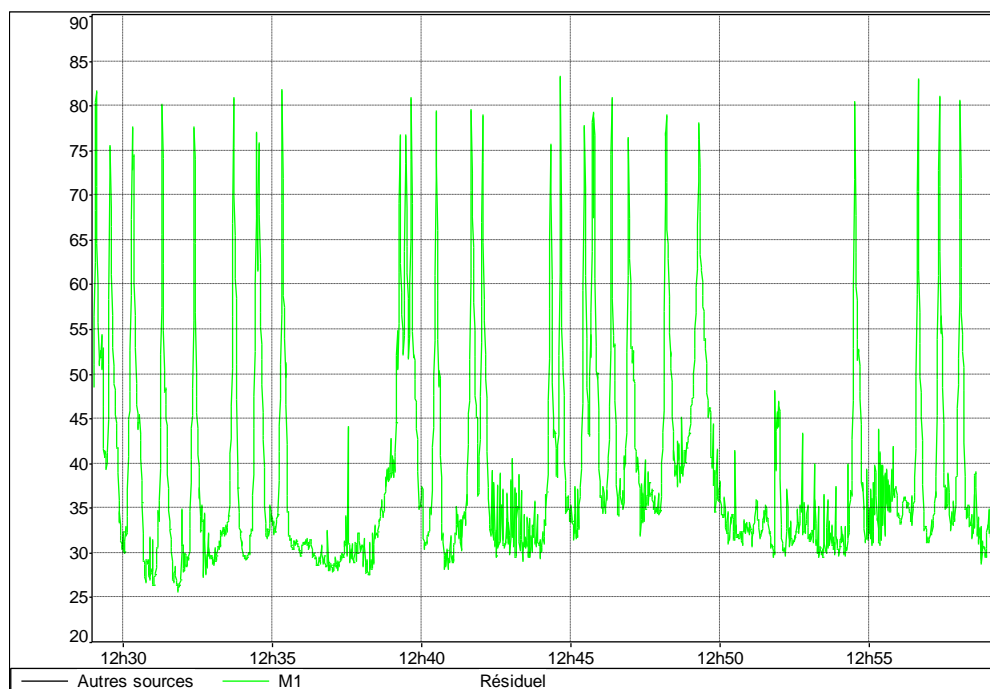


Appareil de mesure : Sonomètre FUSION N° 10501 Classe 1
 Période de mesure : Le 27/08/2021 à partir de 12:30
 Durée : 0:30
 Emplacement : En ZER Sud-ouest du site A 1,5m au-dessus du sol
 Coordonnées GPS : 46.4761304412356, 1.3472210516704937

CONDITIONS METEOROLOGIQUES (selon NF S 31-010)

Période Diurne U3/T1 Conditions défavorables pour la propagation sonore

EVOLUTION TEMPORELLE DU NIVEAU SONORE (L_{Aeq,1s} EN dB(A))



Sources de bruit / Observations

Le point M1 est impacté de manière prépondérante par la route D10

RESULTATS

Période	Indice	Niveaux sonores par bandes d'octaves (dB)								Global (dB(A))
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
Jour	L _{eq}	55,9	50,6	50,1	49,6	56,1	52,2	42,4	32,9	63,2
	L ₉₀	28,2	21,4	19,1	19	18,5	15,8	14,6	11,4	29,5
	L ₅₀	35,2	28,2	25	23,3	23,7	20,2	20,3	14,4	34,4

POINT DE MESURE

LOCALISATION

PARAMETRES DE MESURAGE

Non disponible

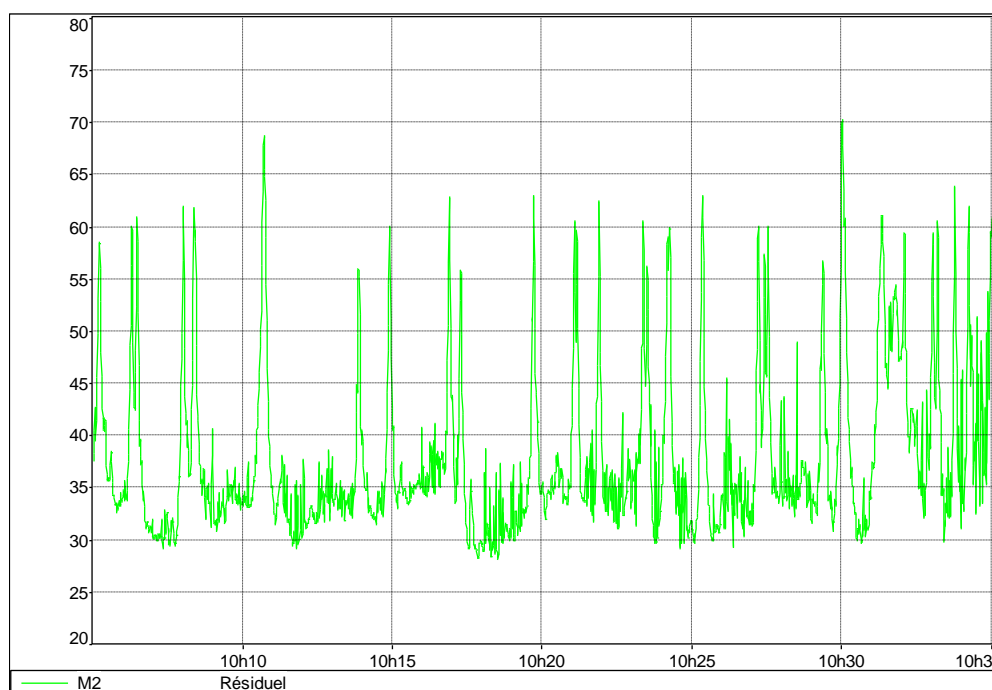


Appareil de mesure : Sonomètre FUSION N° 10501 Classe 1
 Période de mesure : Le 27/08/2021 à partir de 10:05
 Durée : 0:30
 Emplacement : En Zone à Emergence Réglementée Sud du site A 1,5m au-dessus du sol
 Coordonnées GPS : 46.4700420133312, 1.3575596786648576

CONDITIONS METEOROLOGIQUES (selon NF S 31-010)

Période Diurne U3/T1 Conditions défavorables pour la propagation sonore

EVOLUTION TEMPORELLE DU NIVEAU SONORE (L_{Aeq,1s} EN dB(A))




Sources de bruit / Observations

Le point M2 est impacté de manière prépondérante par la route D10

RESULTATS

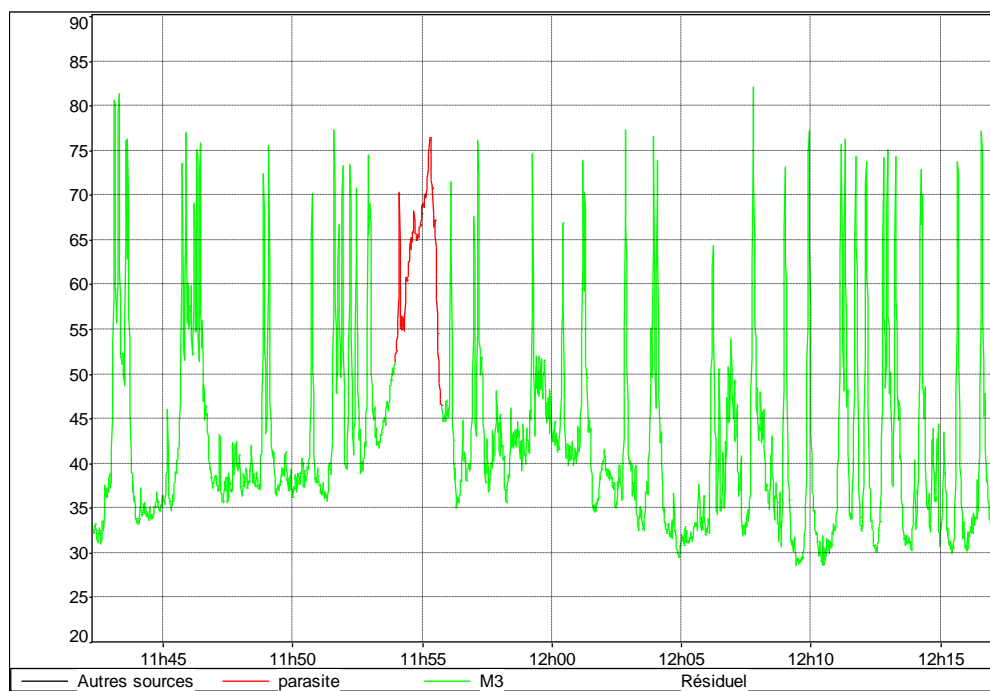
Période	Indice	Niveaux sonores par bandes d'octaves (dB)								Global (dB(A))
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
Jour	L _{eq}	53,6	46,8	39,1	42,5	41,7	38,3	31,2	23,5	49,7
	L ₉₀	32,9	28,2	22,3	20,2	18,1	16	16,1	12,8	30,9
	L ₅₀	41,6	34,2	28,2	23,8	22,7	20,8	20,8	17,3	35

Point M3	Mesure en Zone à Emergence Réglementée Ouest du site Période Diurne	Fiche N° 3
----------	--	------------

POINT DE MESURE	LOCALISATION	PARAMETRES DE MESURAGE	
Non disponible		Appareil de mesure :	Sonomètre FUSION N° 10501 Classe 1
		Période de mesurage :	Le 27/08/2021 à partir de 11:45
		Durée :	0:30
		Emplacement :	En Zone à Emergence Réglementée Ouest du site A 1,5m au-dessus du sol
		Coordonnées GPS :	46.47745733605718, 1.3448148427789255

CONDITIONS METEOROLOGIQUES (selon NF S 31-010)		
Période Diurne	U3/T1	Conditions défavorables pour la propagation sonore

EVOLUTION TEMPORELLE DU NIVEAU SONORE (L_{Aeq,1s} EN dB(A))



Sources de bruit / Observations

Le point M3 est impacté de manière prépondérante par la route D10

RESULTATS										
Période	Indice	Niveaux sonores par bandes d'octaves (dB)								Global (dB(A))
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
Jour	L _{eq}	58,8	51	54,8	51,5	54	48,9	40,1	31,9	61,2
	L ₉₀	31,6	23,1	20,2	21	21,2	18,7	16	11,5	32,1
	L ₅₀	49,7	32,5	29,1	30,2	28,5	25,3	20,2	15,6	39,3

Point M4

Mesure en Limite de Propriété Nord-est du site
Période Diurne

Fiche N° 4

POINT DE MESURE

LOCALISATION

PARAMETRES DE MESURAGE

Non disponible

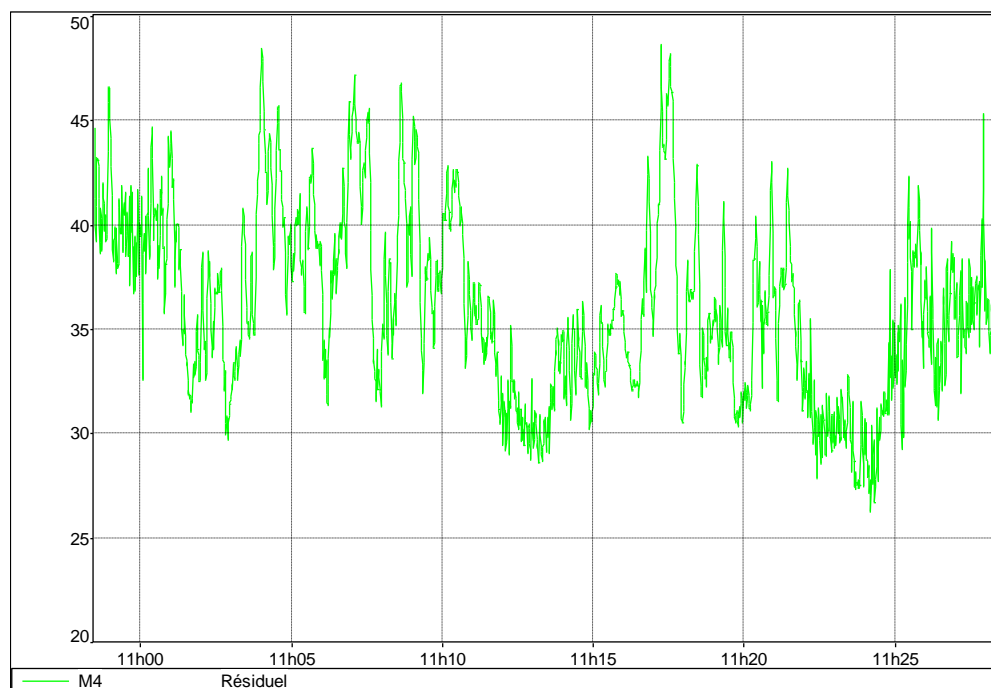


Appareil de mesure : Sonomètre FUSION N° 10501 Classe 1
Période de mesurage : Le 27/08/2021 à partir de 11:00
Durée : 0:30
Emplacement : En Limite de Propriété du site
A 1,5m au-dessus du sol
Coordonnées GPS : 46.477910831475555, 1.357489279384527

CONDITIONS METEOROLOGIQUES (selon NF S 31-010)

Période Diurne U3/T1 Conditions défavorables pour la propagation sonore

EVOLUTION TEMPORELLE DU NIVEAU SONORE (L_{Aeq,1s} EN dB(A))



Sources de bruit / Observations

Le point M4 est impacté de manière prépondérante par la faune et la flore

RESULTATS

Période	Indice	Niveaux sonores par bandes d'octaves (dB)								Global (dB(A))
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
Jour	L _{eq}	35,3	32	27,9	23,9	23,8	24,8	29,6	26,7	38,4
	L ₉₀	29,6	21,6	19,5	17,6	16,1	15	20	14,3	30,5
	L ₅₀	33,3	27,6	24,2	22,5	21,5	21,6	25,8	22,4	35,6

13. ANNEXES

13.1 Conditions de propagation d'après la norme NF S 31-010

Afin d'évaluer les effets des conditions météorologiques sur la propagation sonore pendant la durée de mesurage pour une source et un récepteur donné, la norme NF S 31-010 et l'amendement A1 de décembre 2008 définissent une méthodologie permettant de catégoriser les conditions de mesurage.

L'influence des conditions météorologiques sur la propagation sonore est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la source.

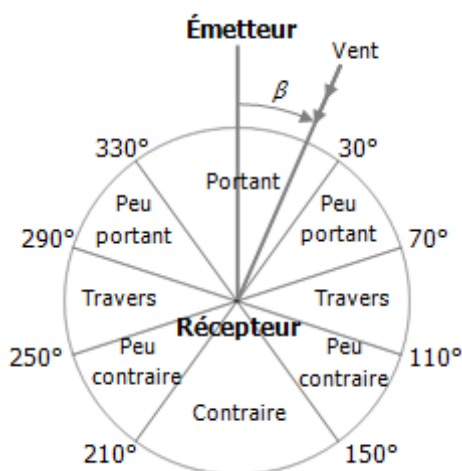
13.1.1 Définitions des conditions aérodynamiques

	Contraire	Peu contraire	De travers	Peu Portant	Portant
Vent fort	U1	U2	U3	U4	U5
Vent moyen	U2	U2	U3	U4	U4
Vent faible	U3	U3	U3	U3	U3

La vitesse du vent est caractérisée de façon conventionnelle à 2 m au-dessus du sol par les termes suivants :

- vent fort : vitesse du vent > 3m/s ;
- vent moyen : 1 m/s < vitesse du vent < 3m/s ;
- vent faible : vitesse du vent < 1 m/s.

Les différentes catégories de vent sont définies par référence au secteur d'où vient le vent :



13.1.2 Définition des conditions thermiques

Période	Rayonnement	Humidité en surface	Vent	Ti
Jour	Fort	Surface sèche	Faible ou moyen	T1
			Fort	T2
	Moyen à faible	Surface humide	Faible ou moyen ou fort	T2
			Faible ou moyen	T2
Période de lever ou de coucher du soleil				T3

Période	Couverture nuageuse	Vent	Ti
Nuit	Ciel nuageux	Faible ou moyen ou fort	T4
	Ciel dégagé	Moyen ou fort	T4
		Faible	T5

Les indices « jour » et « nuit » ont ici le sens courant et ne renvoient pas à une période réglementaire.

Le rayonnement est fonction de l'intensité de l'énergie solaire qui arrive au sol.

- un fort rayonnement se rencontre au moment où le soleil est au voisinage du zénith ($\pm 3h$) avec une absence totale de nuages, dans la période allant de l'équinoxe de printemps à celui d'automne ;
- un rayonnement moyen se rencontre dans l'une des circonstances suivantes :
 - soleil à $\pm 3h$ par rapport au zénith mais avec une couverture nuageuse au moins égale à 6 octas ;
 - 1h après le lever du soleil jusqu'à 3h avant le zénith avec une couverture nuageuse au plus égale à 4 octas ;
 - 3h après le zénith jusqu'à 1h avant le coucher du soleil avec une couverture nuageuse au plus égale à 4 octas.

La couverture nuageuse est appréciée de façon conventionnelle selon les deux catégories suivantes :

- ciel nuageux : correspond à plus de 20% du ciel caché (entre 3 et 8 octas) ;
- ciel dégagé : correspond à plus de 80% du ciel dégagé (inférieure ou égale à 2 octas).

L'humidité en surface peu se définir ainsi :

- surface sèche : il n'y a pas eu de pluie dans les 48h précédant le mesurage et pas plus de 2 mm dans le courant de la semaine précédant le mesurage ;
- surface humide : il est tombé au moins 4 mm à 5 mm d'eau dans les dernières 24h.

Ces états correspondent à des états particuliers. En réalité, la surface du sol passe de façon continue d'un état à l'autre. La description donnée consiste à préciser l'état dont elle est le plus proche.

13.1.3 Définition des conditions de propagation Grille U_i/T_i :

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	++	++
T5		+	+	++	

- Conditions défavorables pour la propagation sonore
- Conditions défavorables pour la propagation sonore
- Z Conditions homogènes pour la propagation sonore
- + Conditions favorables pour la propagation sonore
- ++ Conditions favorables pour la propagation sonore

14. GLOSSAIRE

Bruit ambiant

Bruit total composé de l'ensemble des bruits émis par les sources proches et éloignées existantes, dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné.

Bruit particulier

Bruit émis par une source identifiée spécifiquement.

Bruit résiduel

Bruit ambiant d'un site sans l'activité et sans les sources de bruit incriminées influençant son niveau.

Emergence

L'émergence est la différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant (avec source de bruit incriminée) et le niveau de bruit résiduel (sans source de bruit incriminée) au cours d'un intervalle d'observation.

Décibel

Le décibel est une unité de mesure logarithmique en acoustique. C'est un terme sans dimension. Il est noté **dB**.

Bandes d'Octaves, de Tiers d'Octaves et Niveau Global

Deux fréquences sont dites séparées d'une octave si le rapport de la plus élevée à la plus faible est égal à 2. Dans le cas du tiers d'octave, ce rapport est de 2 à la puissance 1/3.

Le niveau global correspond à la somme énergétique de toutes les bandes d'octaves. Il est noté **L**.

Niveau sonore

Le niveau sonore d'un bruit est évalué par l'amplitude de la variation de pression par rapport à la pression atmosphérique moyenne.

Le niveau sonore est généralement exprimé en décibel dB et calculé comme suit :

$$L_p = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

Avec :

$p_0 = 2.10^{-5}$ Pascal (pression de référence : seuil d'audibilité)

p = pression acoustique

Cette grandeur est dépendante de l'environnement de la source.

Afin de caractériser un bruit fluctuant par une seule valeur, on calcule le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} . Le niveau sonore équivalent représente le niveau sonore qui contiendrait autant d'énergie que le niveau réel fluctuant sur la durée de l'intervalle considéré. Cet indicateur pondéré A s'écrit L_{Aeq} et s'exprime en dB(A).

Spectre sonore

Un spectre sonore est la décomposition fréquentielle d'un son. Cette décomposition est couramment réalisée en octave ou tiers d'octave.

Pondération A

La pondération A est un filtre particulier dont l'objet est de corriger un signal afin de tenir compte de la non-linéarité de perception de l'oreille humaine.

Lorsqu'on applique cette correction sur un niveau sonore, celui-ci s'exprime en dB(A).

Il existe d'autres pondérations moins courantes qui peuvent être utilisées dans des cas particuliers, les pondérations B et C.

Indices statistiques (ou indices fractiles)

Cet indice représente le niveau de pression acoustique dépassé pendant X% de l'intervalle de temps considéré. Les indices les plus souvent utilisés sont les suivants:

- L_{10} : niveau sonore atteint ou dépassé pendant 10 % du temps de la mesure,
- L_{50} : niveau sonore atteint ou dépassé pendant 50% du temps de la mesure,
- L_{90} : niveau sonore atteint ou dépassé pendant 90% du temps de la mesure.

Tonalité marquée

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre une bande de fréquence et les quatre adjacentes atteint ou dépasse 10 dB pour les bandes de tiers d'octave 50 à 315Hz et 5 dB pour les bandes de tiers d'octave 400 à 1250 Hz et 1600 à 8000 Hz. Dans le cas d'un bruit à tonalité marquée, le bruit ne peut dépasser 30% de la durée de fonctionnement sur les périodes diurnes et nocturnes.

Agence de PARIS
11 rue des Cordelières
75013 Paris
T : 01 55 06 04 87
agence.paris@orfea-acoustique.com

Agence de CAEN
Centre Odysée - Bât. F.
4 avenue de Cambridge
14200 Hérouville Saint Clair
T : 02 31 24 33 60
agence.caen@orfea-acoustique.com

Agence de METZ
29 rue de Sarre
Quartier des Entrepreneurs
57071 Metz
T : 01 55 06 04 87
agence.metz@orfea-acoustique.com

Agence de RENNES
Rue de la Terre Victoria
Parc d'affaires Edonia - Bât. B
35760 Saint Grégoire
T : 02 23 40 06 06
agence.rennes@orfea-acoustique.com

Agence de CLERMONT-FERRAND
Bâtiment Le Triangle - 1er étage
21 rue de Sarliève
63800 Cournon-d'Auvergne
T : 04 73 83 58 34
agence.clermont@orfea-acoustique.com

Agence de LIMOGES
22 rue Atlantis,
Immeuble Antarès, Parc d'Ester
87069 Limoges Cedex
T : 05 55 56 31 25
agence.limoges@orfea-acoustique.com

Agence de LYON
66 boulevard Niels Bohr
69100 Villeurbanne
T : 04 78 36 35 30
agence.lyon@orfea-acoustique.com

Agence de BORDEAUX
8 rue du Pr. André Lavignolle - Bât. 3
33049 Bordeaux Cedex
T : 05 56 07 38 49
agence.bordeaux@orfea-acoustique.com

Agence de VALENCE
28 rue Paul Henri Spaak
26000 Valence
T : 04 75 25 50 18
agence.valence@orfea-acoustique.com

Agence de BRIVE et Siège social
33 rue de l'Île du Roi - BP 40098
19103 Brive Cedex
T : 05 55 86 34 50
agence.brive@orfea-acoustique.com

ORFEA Acoustique FRANCE - T : 05 55 86 34 50 - contact@orfea-acoustique.com

www.orfea-acoustique.com

ORFEA Acoustique - SAS au capital de 163 236 €
SIRET 414 127 092 000 16 | RCS BRIVE 414 127 092
TVA intra-communautaire FR 50 414 127 092
NACE 7112B | NAF 742C | TVA payée sur les encaissements

Une société du Groupe LACORT

**PLAN DE GESTION DES DECHETS D'EXTRACTION ET DES TERRES NON
POLLUEES**

PLAN DE GESTION DES DECHETS INERTES ET DES TERRES NON POLLUEES DE LA CARRIERE TERREAL DU JOUX (Roussines et Sacierges-Saint-Martin)

**Application de l'article 16bis de l'arrêté ministériel
du 22 septembre 1994 modifié**

SOMMAIRE

1	Introduction.....	2
1.1	<i>Cadre réglementaire général</i>	<i>2</i>
1.2	<i>Autorisation d'exploiter la carrière.....</i>	<i>3</i>
2	Description du fonctionnement de la carrière : contexte géologique, extraction, process, déchets.....	4
2.1	<i>Informations géologiques sur le contexte du gisement à exploiter.....</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Fonctionnement de la carrière.....</i>	<i>5</i>
2.3	<i>Terres non polluées et déchets inertes résultant du fonctionnement de la carrière ...</i>	<i>6</i>
2.4	<i>Tableau de synthèse comparatif avec la liste des déchets inertes dispensés de caractérisation</i>	<i>7</i>
3	Gestion des déchets	9
3.1	<i>Modalités de stockage</i>	<i>9</i>
3.2	<i>Valorisation pour la remise en état du site</i>	<i>9</i>
3.3	<i>Actions de réduction des quantités de déchets (valorisation – élimination)</i>	<i>9</i>
4	Environnement – sécurité : contrôles et surveillance.....	10
4.1	<i>Effets sur l'environnement.....</i>	<i>10</i>
4.2	<i>Stabilité des stockages</i>	<i>11</i>

1 Introduction

1.1 *Cadre réglementaire général*

L'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et leurs installations de premier traitement a été modifié par arrêté ministériel du 5 mai 2010 (JORF du 27 août 2010) à titre de transposition de la directive européenne n°2006/21/CE relative aux déchets de l'industrie extractive pour ce qui concerne la gestion des terres non polluées et des déchets inertes.

Cette modification :

- fixe les critères de détermination du caractère inerte des déchets d'extraction et de traitement des ressources minérales exploitées ;
- impose à l'exploitant d'établir un plan de gestion des déchets inertes et des terres non polluées ;
- établit des prescriptions d'exploitation des installations de stockage de déchets inertes en matière d'environnement de sécurité, de contrôle et de surveillance.

L'exigence relative au plan de gestion des déchets inertes et des terres non polluées résultant du fonctionnement de la carrière est établie par un nouvel article 16bis de l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994. Ce plan de gestion doit être établi par l'exploitant avant le début d'exploitation. Les dispositions de l'article 16 bis sont applicables depuis le 27 août 2010 aux nouvelles installations et pour le 1^{er} juillet 2011 pour les installations existantes autorisées avant le 27 août 2010, date de publication de l'arrêté modificatif du 5 mai 2010.

Pour la détermination du caractère inerte des déchets, le présent plan de gestion s'appuie sur la note d'instruction du MEDDTL aux DREAL du 22 mars 2011 (réf BSSS/2011-35/TL) qui fixe les principes applicables et établit une liste nationale de déchets inertes dispensés de caractérisation.

Le présent plan de gestion des déchets inertes et des terres non polluées de la carrière de Cahaignes est établi pour répondre à ces exigences.

1.2 Autorisation d'exploiter la carrière

Bénéficiaire de l'autorisation :	Société TERREAL SAS
Autorisation :	<i>En cours d'instruction</i>
Commune(s) d'implantation :	Roussines et Sacierges-Saint-Martin
Lieu dit :	Le Lateix, Les Avenaux, Le Pré Arthaud, La Chinaux, Le Pré de la Combe, Parmoret, Le Fond de Feve, Le Pré Laulas, Champ de Perouse, Les Essards, Champ Bugeaud, Champ de la Roie, Les Coutelles, Sous la Croix de la Barre
Surface autorisée :	En cours d'instruction 50,5038 hectares
Durée d'autorisation sollicitée :	30 ans
Ressource exploitée :	Argile
Traitement :	Aucun
Activité exercée :	Extraction d'argile pour production de Tuiles et accessoires de couverture en terre cuite

2 Description du fonctionnement de la carrière : contexte géologique, extraction, process, déchets

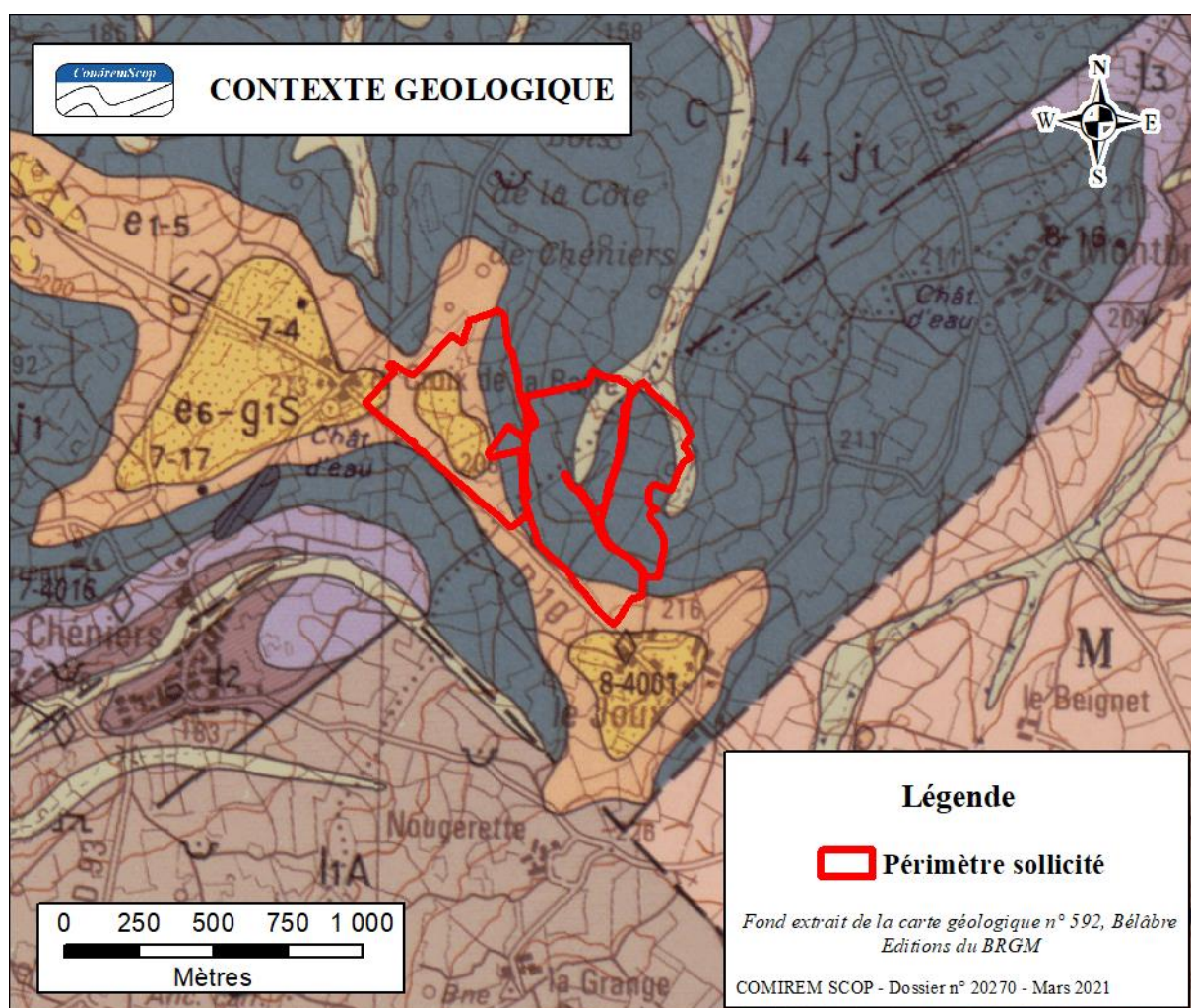
Exigence art 16bis

- la description de l'exploitation générant ces déchets et des traitements ultérieurs auxquels ils sont soumis ;
- la caractérisation des déchets et une estimation des quantités totales de déchets d'extraction qui seront stockés durant la période d'exploitation ;

2.1 Informations géologiques sur le contexte du gisement à exploiter

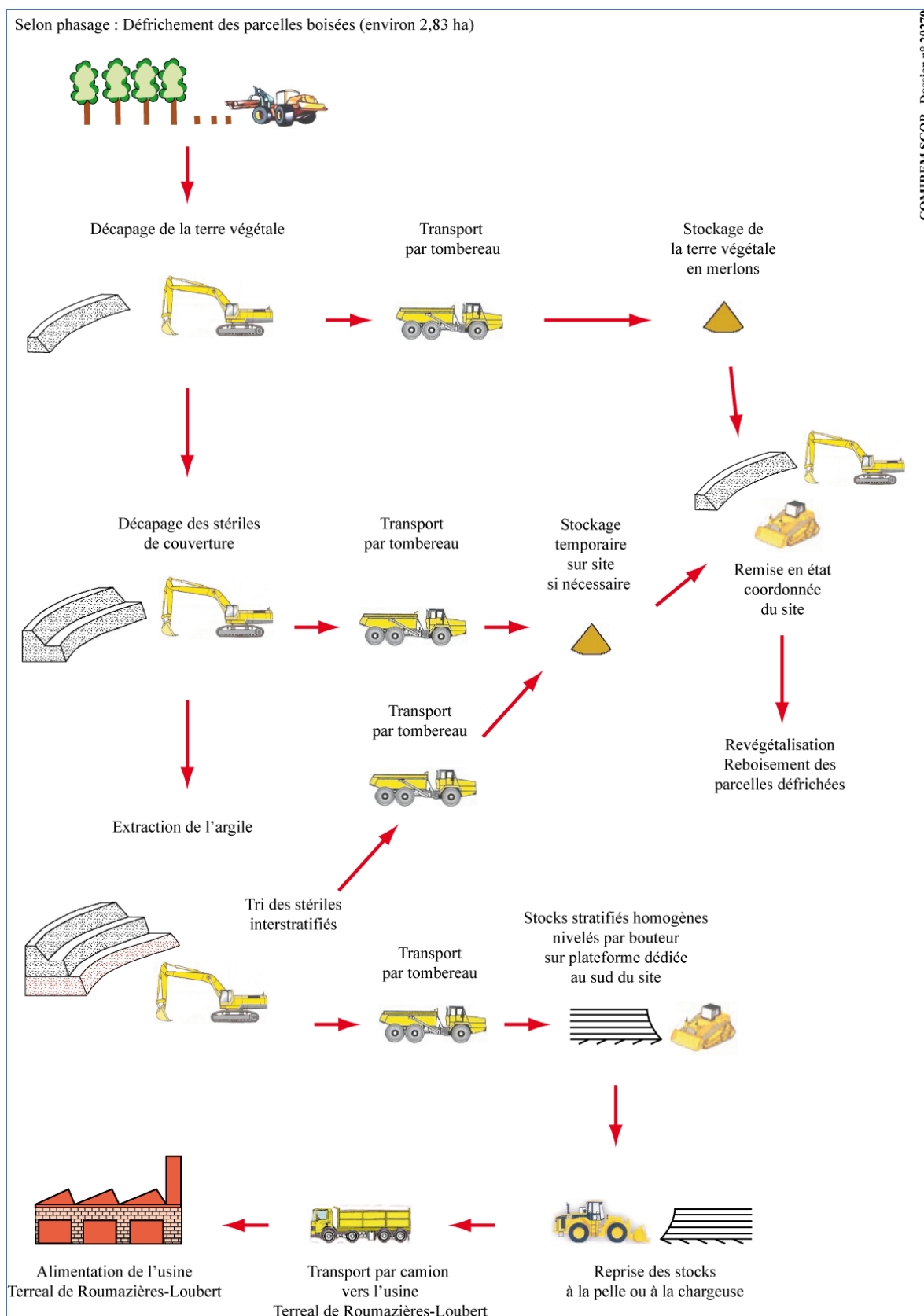
Gisement :

- Argiles du Toarcien-Aalénien (Jurassique inférieur)
- Gisement de type sub-stratiforme de l'ordre de 3 à 5 mètres d'épaisseur en moyenne



2.2 Fonctionnement de la carrière

Méthode d'extraction et procédé de traitement appliqué :



- Travaux de défrichage (2,8298 ha à défricher)
- Travaux de décapage et de découverte : ils sont utilisés pour la réalisation des merlons de protection ou directement en réaménagement coordonné de la carrière ou éventuellement stockés temporairement sur le site. La terre végétale est stockée sélectivement en attente d'étalement sur le réaménagement.
- Travaux d'extraction : extraction du niveau sous-jacent d'argile avec mise en stock sur la plateforme de stockage, stériles d'extraction intégrés dans le réaménagement coordonné ou stockés temporairement
- Aucun traitement sur le site
- Aucun produit chimique utilisé sur le site
- Une surface est réservée au nord de chaque fosse pour le traitement des eaux de ruissellement. L'exutoire final des ouvrages est le ru de l'Etang au nord.

2.3 Terres non polluées et déchets inertes résultant du fonctionnement de la carrière

Terre végétale :

Nature : matériau solide issu des travaux de décapage
 Quantité : environ 275 000 tonnes sur l'ensemble du site
 Stockage prévu : temporairement en cordon autour de l'exploitation et dépôt de surface en une couche de 40 cm environ
 Classification : 01 01 02
 Caractère inerte : OUI En référence à la liste des déchets dispensés de caractérisation

Stérile de découverte et d'exploitation argileux à sableux :

Nature : matériau solide issu des travaux de découverte et d'extraction
 Quantité : environ 485 000 tonnes sur l'ensemble du site
 Stockage prévu : remblaiement du fond de carrière en épaisseur variable et couverture des matériaux inertes externes au site importés dans le cadre de la remise en état
 Classification : 01 01 02
 Caractère inerte : OUI En référence à la liste des déchets dispensés de caractérisation

Matériau de décantation argilo-silteux à sableux :

Nature : matériau boueux à solide issu des travaux d'entretien des ouvrages de décantation
 Quantité : environ 4 000 tonnes sur l'ensemble du site
 Stockage prévu : remblaiement du fond de carrière en épaisseur inférieure à 1 m recouvert de stérile de découverte
 Classification : 01 01 02
 Caractère inerte : OUI En référence à la liste des déchets dispensés de caractérisation

2.4 Tableau de synthèse comparatif avec la liste des déchets inertes dispensés de caractérisation

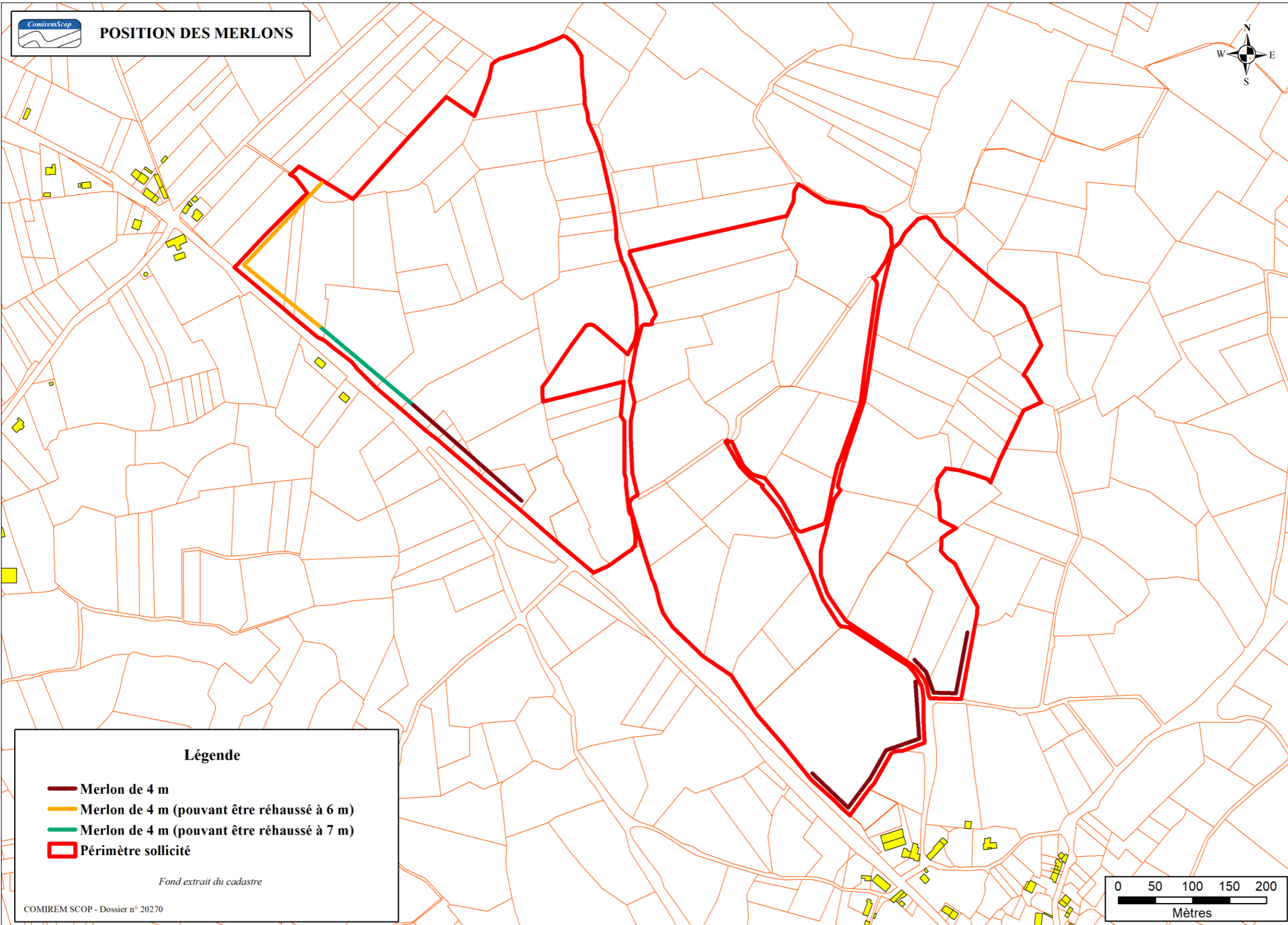
Nom de la carrière		Le Joux			
Activité		Production d'argile			
Roches concernées		Découverte	Argile, sable, sable argileux		
		Gisement	Argile		
Déchets et Terres non polluées					
Code déchet	Nature	Procédés	Quantité totale estimée sur la durée d'exploitation	Quantité déjà stockée	Type de stockage
01 01 02	Terre végétale	Extraction mécanique	Environ 275 000 tonnes	Sans objet	Réaménagement de surface/remblais
01 01 02	Argile silteuse/sable	Extraction mécanique	Environ 485 000 tonnes	Sans objet	Remblaiement en réaménagement de carrière
01 01 02	Matériau de curage des bassins de décantation argilo-silteux à sableux	Extraction mécanique	Environ 4 000 tonnes	Sans objet	Remblaiement fond de carrière avec couvert argilo sableux

Les zones de stockage temporaires des matériaux stériles correspondant aux merlons sont reportées sur la figure suivante. Il s'agit de stockages en merlon destinés à atténuer les impacts de l'exploitation (bruit, paysage). Une partie des stériles pourra être stockée temporairement sur les zones en chantier (zones en orange sur les plans de phasage). La majorité des stériles sera utilisée directement pour la remise en état et non stockés.

Concernant les merlons de terre végétale, ils seront constitués le long des limites de site suivant l'avancée de l'exploitation et fonction des plans de phasage. Leur emplacement sera évolutif. La terre végétale sera stockée en merlons de 2 m maximum.



POSITION DES MERLONS

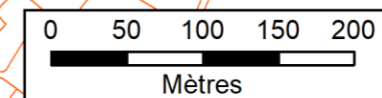


Légende

- Merlon de 4 m
- Merlon de 4 m (pouvant être réhaussé à 6 m)
- Merlon de 4 m (pouvant être réhaussé à 7 m)
- Périmètre sollicité

Fond extrait du cadastre

COMIREM SCOP - Dossier n° 20270



3 Gestion des déchets

Exigence art 16bis
<ul style="list-style-type: none">- la description des modalités d'élimination ou de valorisation de ces déchets ;- le plan proposé en ce qui concerne la remise en état de l'installation de stockage de déchets ;

3.1 Modalités de stockage

L'ensemble des matériaux sont utilisés dans le réaménagement de la carrière par remblaiement des excavations avec les matériaux stériles de découverte et d'exploitation.

3.2 Valorisation pour la remise en état du site

Les matériaux issus de l'exploitation de la carrière et jugés stériles sont intégrés dans les remblais de réaménagement du site :

La terre végétale est régalée en couche superficielle pour favoriser la reprise de la végétation,

Les stériles de découverte et d'extraction sont utilisés pour reprofiler le terrain avant régalage de la terre végétale. Il ne sera pas importé de matériaux d'origines externes au site.

3.3 Actions de réduction des quantités de déchets (valorisation – élimination)

100% des matériaux jugés stériles issus de la découverte et de l'extraction sont réutilisés dans le cadre du réaménagement du site.

4 Environnement – sécurité : contrôles et surveillance

Exigence art 16bis
<i>- en tant que de besoin, la description de la manière dont le dépôt des déchets peut affecter l'environnement et la santé humaine, ainsi que les mesures préventives qu'il convient de prendre pour réduire au minimum les incidences sur l'environnement ;</i>
<i>- les procédures de contrôle et de surveillance proposées ;</i>
<i>- en tant que de besoin, les mesures de prévention de la détérioration de la qualité de l'eau et en vue de prévenir ou de réduire au minimum la pollution de l'air et du sol ;</i>
<i>- une étude de l'état du terrain de la zone de stockage susceptible de subir des dommages dus à l'installation de stockage de déchets ;</i>
<i>- les éléments issus de l'étude de danger propres à prévenir les risques d'accident majeur en conformité avec les dispositions prévues par l'arrêté du 19 avril 2010 relatif à la gestion des déchets des industries extractives et applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation et aux installations de gestion de déchets provenant des mines ou carrières.</i>

4.1 Effets sur l'environnement

Le seul risque environnemental est la remise en suspension dans les eaux de ruissellement des matériaux remblayés et l'étouffement en conséquence du milieu récepteur. En effet, les stériles d'exploitation correspondent à des argiles, argiles silteuses, sables argileux et sables contenant parfois une teneur en carbonates ou en sulfate incompatible avec le process de l'usine TERREAL de Roumazières-Loubert. Ces matériaux sont inertes et ne présentent aucun risque pour l'environnement et les populations proches.

Ce risque est annulé par le mode de stockage décrit ci-dessous qui empêche les glissements des remblais en grande masse associé à la séquence de remblaiement qui prévoit le régalage de terre végétale sur la partie supérieure et une reprise de la végétation qui empêche l'érosion de surface.

Par ailleurs, pendant la durée de vie de la carrière et avant réaménagement complet du site, les eaux de ruissellement des surfaces collectées sont dirigées vers des ouvrages de rétention et de décantation. En règle générale, un premier bassin est aménagé en fond de carrière. Il permet ainsi une première décantation des eaux. Il est ensuite pompé et les eaux sont dirigées vers d'autres ouvrages de rétention / décantation dont le rejet final est dirigé vers le ru de l'Etang.

Les ouvrages de rétention / décantation feront l'objet de curages dès que nécessaire.

Au regard du caractère inerte des matériaux concernés par le présent plan, il n'est pas prévu de mesures de contrôle et de surveillance des dépôts.

4.2 Stabilité des stockages


Les stockages sont réalisés de façon à n'entraîner aucun glissement. Les stockages sont confinés dans les anciennes excavations. De part ce fait, ils sont confinés par du matériau en place et ne présentent aucun risque de glissement. La cote initiale des terrains ne sera pas rattrapée. Le raccordement des terrains remblayés au terrain naturel sera réalisé de façon harmonieuse et de manière à ne pas créer de glissements.

FICHE INTERNATIONALE DE SECURITE – QUARTZ
FICHE TOXICOLOGIQUE I.N.R.S. – SILICE CRISTALLINE

Fiches internationales de sécurité chimique

QUARTZ

ICSC: 0808

 <p style="text-align: center;"> QUARTZ Silice, cristalline SiO_2 Masse moléculaire : 60.1 </p> <p> N° CAS : 14808-60-7 N° RTECS : VV7330000 N° ICSC : 0808 </p>			
TYPES DE RISQUES/ EXPOSITIONS	RISQUES/ SYMPTOMES AIGUS	PREVENTION	PREMIER SECOURS/ AGENTS D'EXTINCTION
INCENDIE	Non combustible.		En cas d'incendie à proximité: tous les agents d'extinction sont autorisés.
EXPLOSION			
CONTACT PHYSIQUE		EVITER LA DISPERSION DE POUSSIERE!	
• INHALATION	Toux.	Ventilation, aspiration locale ou protection respiratoire.	
• PEAU			
• YEUX		Lunettes de protection, ou protection oculaire associée à une protection respiratoire.	
• INGESTION			
DEVERSEMENTS & FUTES	STOCKAGE	CONDITIONNEMENT & ETIQUETAGE	
Humecter complètement la substance répandue et la récupérer dans des récipients. (protection individuelle spéciale: appareil de protection respiratoire à filtre P2 pour particules nocives).			
VOIR IMPORTANTES INFORMATIONS AU DOS			
ICSC: 0808		Préparé dans le cadre de la coopération entre le Programme International sur la Sécurité Chimique et la Commission Européenne (C) 1993	

Fiches internationales de sécurité chimique

QUARTZ

ICSC: 0808

D O N N E E S I M P O R T A N T E S	ASPECT PHYSIQUE; APPARENCE: CRISTAUX TRANSPARENTS OU POUDRE CRISTALLINE.	VOIES D'EXPOSITION: La substance peut être absorbée par l'organisme par inhalation.
	DANGERS PHYSIQUES:	RISQUE D'INHALATION: L'évaporation à 20°C est négligeable; une concentration dangereuse de particules en suspension dans l'air peut cependant être atteinte rapidement par dispersion.
	DANGERS CHIMIQUES:	EFFETS DES EXPOSITIONS DE COURTE DUREE:
	LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE (LEP): TLV: 0.1 mg/m ³ (fraction inhalable) (ACGIH 1995-1996).	EFFETS DES EXPOSITIONS PROLONGEES OU REPETEES: Risque d'atteinte pulmonaire lors d'une exposition répétée ou prolongée, entraînant une pneumoconiose (silicose). Cette substance est probablement cancérigène pour l'homme.
PROPRIETES PHYSIQUES	Point d'ébullition : 2230°C Point de fusion : 1610°C	Densité relative (eau = 1) : 2.635 Solubilité dans l'eau : nulle
DONNEES ENVIRONNEMENTALES		
NOTES		
Suivant le niveau de l'exposition, une surveillance médicale périodique est recommandée.		
AUTRES INFORMATIONS		
ICSC: 0808		QUARTZ
© PISSC, CEC, 1993		
NOTICE LEGALE IMPORTANTE:	La CE de même que le PISSC ou toute personne agissant au nom de la CE ou du PISSC ne sauraient être tenues pour responsables de l'utilisation qui pourrait être faite de ces informations. Cette fiche exprime l'avis du comité de révision du PISSC et peut ne pas toujours refléter les recommandations de la législation nationale en la matière. L'utilisateur est donc invité à vérifier la conformité des fiches avec les prescriptions en usage dans son pays. Traduction autorisée de l'International Chemical Safety Card (ICSC), publié par l'UNEP/ILO/WHO dans le cadre de la coopération entre le PISSC et la CE. Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques - Commission Européenne, 1993.	

Silice cristalline

Fiche toxicologique n°232

Généralités

Edition _____ 1997

Formule :SiO₂

Substance(s)

Nom	Détails	
Quartz	Numéro CAS	14808-60-7
	Numéro CE	238-878-4
Tridymite	Numéro CAS	15468-32-3
	Numéro CE	239-487-1
Cristobalite	Numéro CAS	14464-46-1
	Numéro CE	238-455-4

SILICE CRISTALLINE

- Cette substance doit être étiquetée conformément au règlement (CE) n° 1272/2008 dit "règlement CLP".

La silice existe à l'état libre sous différentes formes cristallines ou amorphes. On trouve également la silice à l'état combinée dans les silicates (les groupes SiO₂ sont liés à d'autres atomes Al, Fe, Mg, Ca, Na, K...). Du point de vue des effets pathogènes, il est important de faire la distinction entre ces différentes formes. Ce document ne traite que de la silice cristalline dont les trois principales variétés sont le quartz, la tridymite et la cristobalite.

Caractéristiques

Fabrication

[1 à 4, 11]

Le quartz est l'un des minéraux les plus abondants de l'écorce terrestre (12 % du poids de celle-ci). Il est un composant majeur de très nombreuses roches ignées (granit, pegmatites), métamorphiques (quartzite) ou sédimentaires (sable). Il est présent à l'état d'impureté dans de nombreuses roches siliceuses.

La quasi-totalité du quartz utilisé est extrait de roches sédimentaires. En dehors de ce quartz d'origine naturelle, l'industrie produit des cristaux de quartz synthétique de très haute qualité.

La tridymite et la cristobalite sont rares à l'état naturel. On les trouve dans certaines roches volcaniques et - surtout la tridymite - dans certaines météorites pierreuses. Contrairement au quartz, ces minéraux ne sont pas exploités comme tels.

La cristobalite se forme par chauffage du quartz lors de la production et à l'utilisation de matériaux réfractaires (en particulier la céramique). La transformation du quartz en tridymite ne se produit qu'en présence d'un minéralisateur (sels alcalins ou alcalinoterreux).

La cristobalite se forme également lorsque la silice amorphe (kieselguhr ou diatomite, tripoli...) ou la silice vitreuse est chauffée à haute température. C'est pourquoi elle est présente à un pourcentage plus ou moins élevé dans les diatomites calcinées du commerce.

[1 à 4, 11]

A côté de ses utilisations comme matière première dans certains procédés industriels, la silice cristalline peut apparaître comme contaminant de l'atmosphère lors de très nombreux travaux. Les principaux secteurs d'activité exposant à l'inhalation de poussières de silice cristalline sont les suivants :

- travaux dans les mines et les carrières de minerais ou de roches renfermant de la silice libre (houille, or, étain, ardoise, talc, mica, schiste, etc.) ;
- extraction et préparation de sables industriels ;
- travaux publics, particulièrement les travaux souterrains ;
- industrie de la pierre et de la construction : taillage et polissage des pierres de taille riches en silice (grès, granite), discage du béton, etc. ;

- fonderies : fabrication des moules de sable, décochage, ébarbage et dessablage ;
- fabrication du carborundum, de porcelaine, faïence, céramique et de produits réfractaires ;
- verreries, cristalleries ;
- fabrication et utilisation de produits abrasifs renfermant de la silice libre ;
- démolitions et réparations des fours industriels en briques réfractaires ;
- bijouterie (taillage et polissage de pierres et travaux de fonderie) ;
- fabrication de prothèses dentaires (sablage, ponçage, meulage) ;
- fabrication des cristaux de quartz synthétique et utilisation en optique et surtout en électronique.

Propriétés physiques

[2, 3, 11]

La silice cristalline présente une structure tridimensionnelle régulière ; le motif de base est un tétraèdre dont chacun des sommets est occupé par un atome d'oxygène et le centre par un atome de silicium. Les atomes d'oxygène sont communs aux tétraèdres voisins et l'ensemble a pour formule $(\text{SiO}_2)_n$.

Les différentes formes cristallines de la silice correspondent à des domaines de stabilité thermodynamique différents. Quand on la chauffe, des transformations polymorphiques font passer la silice d'une forme à l'autre, entraînant des modifications des propriétés cristallographiques et de densité : à pression atmosphérique, le passage du quartz à la tridymite se produit vers 870 °C ; le passage de la tridymite à la cristobalite a lieu à 1 470 °C. En outre, chacune des formes principales peut subir, à l'intérieur de son domaine de stabilité, des transformations paramorphiques moins importantes (transition α - β). Différentes formes peuvent toutefois coexister dans les conditions ordinaires de température et de pression.

La silice cristalline est insoluble dans l'eau et dans les solvants organiques.

Nom Substance	Détails	
Silice cristalline	Formule	SiO₂
	Etat Physique	Solide
	Masse molaire	60,09
	Densité	2,65 (quartz) 2,26 (tridymite) 2,33 (cristobalite)

Propriétés chimiques

[2, 3]

La silice cristalline est un produit très peu réactif. Elle n'est pas attaquée par les acides, à l'exception de l'acide fluorhydrique avec lequel elle forme de l'acide fluosilicique.

Elle peut être attaquée par les bases anhydres (et les carbonates alcalins et alcalinoterreux), plus facilement à l'état fondu qu'en solution, pour donner des silicates. L'attaque du quartz par les bases aqueuses est légère à température ambiante.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites **contraignantes** dans l'air des locaux de travail ont été établies pour la silice. Le code du travail fixe également une valeur limite d'exposition professionnelle pour les mélanges de poussières de silice et d'autres natures (articles R.4412-154 et R.4412-155). Le contrôle du respect de ces valeurs limites réglementaires est réalisé par un organisme accrédité.

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)
Quartz	France	-	0,1
Cristobalite	France	-	0,05
Tridymite	France	-	0,05

En présence de poussières alvéolaires contenant de la silice cristalline et d'autres poussières non silicogènes, la valeur limite d'exposition au mélange est fixée par la formule $Cns/Vns + Cq/0,1 + Cc/0,05 + Ct/0,05$ où Cns représente la concentration en poussières alvéolaires non silicogènes en mg/m^3 , Vns la valeur limite de moyenne d'exposition prescrite pour les poussières alvéolaires sans effet spécifique ($5 \text{ mg}/\text{m}^3$), Cq, Cc et Ct les concentrations respectives en quartz, cristobalite et tridymite en mg/m^3 .

Pour les mines et les carrières, se reporter au décret du 2 septembre 1994 qui fixe des règles particulières d'empoussiérage.

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

Comme ce sont les particules de silice cristalline les plus fines qui sont susceptibles de se déposer dans le poumon profond (alvéoles et zones non ciliées), l'estimation du risque passe par la détermination de la concentration en silice cristalline dans la fraction alvéolaire des poussières [5], conformément à l'arrêté du 10 avril 1997.

Le prélèvement de cette fraction peut être effectué au moyen d'une pompe portable à faible débit associée à un cyclone [6] ou par l'intermédiaire d'un dispositif à coupelle rotative [7]. Dans le premier cas, les poussières sont recueillies sur une membrane filtrante, dans le second cas sur une mousse polyuréthane.

L'analyse des poussières collectées est généralement effectuée par diffraction de rayons X [8, 9] ou par spectroscopie infrarouge [10]. Ces méthodes permettent de détecter dans les situations les plus favorables (dosage sur la raie de diffraction la plus intense ou sur la bande d'absorption principale) quelques microgrammes de silice cristalline.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

La silice cristalline est essentiellement absorbée par voie inhalatoire. Les particules se déposent dans les voies respiratoires et y persistent. Une faible part est solubilisée dans les liquides biologiques et excrétée dans les urines. Par voie orale, l'absorption est faible et les particules sont excrétées sous forme inchangée.

Chez l'animal

La voie essentielle de pénétration de la silice cristalline dans l'organisme est la voie pulmonaire. Les particules se déposent dans la trachée, les bronches et les poumons et y persistent, si bien qu'une exposition unique à forte dose peut produire des effets durables.

Chez le rat, les particules fines de silice, de diamètre aérodynamique médian en masse < 3 µm, se déposent dans les conduits alvéolaires les plus proches des bronchioles terminales. La clairance alvéolaire précoce est importante (82 % des particules disparaissent en 24 h). Les particules de silice sont rapidement phagocytées par les macrophages alvéolaires qui les transportent vers l'épithélium muco- liaire ou à travers l'épithélium alvéolaire vers le tissu interstitiel pulmonaire et vers le tissu lymphoïde (ganglions médiastinaux, thymus) où elles sont éliminées du poumon [11]. Lorsque les macrophages sont saturés en particules, ils s'immobilisent puis meurent en libérant les particules et des médiateurs de l'inflammation dans le milieu pulmonaire extracellulaire. Les particules ainsi libérées sont à nouveau phagocytées, d'où leur persistance in situ jusqu'à 11 mois après une seule instillation intratrachéale [12]. On observe une rétention moyenne de 0,91 mg par poumon après une exposition pendant 2 ans à 1 mg/m³ de quartz DQ12 (diamètre aérodynamique médian en masse = 1,3 µm) [13]. Les particules de silice sont, pour une faible part, solubilisées dans les liquides biologiques, avec formation d'acide silicique, excrété dans les urines.

Par voie orale, la plupart des particules de silice ne sont pas absorbées et sont excrétées sous forme inchangée.

Chez l'homme, l'inhalation de particules de silice entraîne, comme chez l'animal, leur dépôt dans les voies respiratoires en fonction de la taille. Les particules dont le diamètre aérodynamique médian en masse est compris entre 5 et 30 µm se déposent principalement dans la région nasopharyngée et sont éliminées. Les particules « respirables », de diamètre aérodynamique médian en masse de 0,5 à 5 µm, atteignent la trachée, les bronches et les zones alvéolaires. La clairance trachéobronchique est rapide (24 h) et augmentée en cas de silicose. Des particules de quartz sont retrouvées dans les macrophages alvéolaires et dans les ganglions lymphatiques. Le contenu pulmonaire total en quartz ne dépasse pas 5 g, même en cas d'exposition massive. L'acide silicique est retrouvé dans le sang et l'urine des personnes exposées [14].

Mode d'action

Les mécanismes impliqués dans les effets toxiques de la silice cristalline ne sont que partiellement élucidés. Diverses hypothèses sont actuellement explorées en vue d'expliquer la toxicité pulmonaire chez le rat.

Les études *in vitro* ont mis en évidence le lien entre la cytotoxicité du quartz et sa capacité d'endommager les membranes ; la liaison se ferait entre des groupements hydrogènes membranaires et des groupements silanols ionisés présents à la surface de la silice. Ces groupements silanols seraient également à l'origine de la formation de radicaux libres oxygénés à la surface des particules et dans les cellules.

L'interaction de la surface du quartz avec des groupements phosphates de l'ADN isolé a aussi été montrée [23].

Les tumeurs induites par la silice apparaissent dans les poumons où préexistent inflammation chronique active, hyperplasie et métaplasie épithéliale et, dans la majorité des cas, fibrose. La différence de réponse entre les espèces met en évidence le rôle critique de facteurs spécifiques dans la réponse cancérogène induite. Le facteur de croissance transformante (TGF-β1) semble être le médiateur principal de la fibrogenèse ; son rôle a été établi dans les lésions pulmonaires y compris l'inflammation, les processus de réparation post-inflammatoires et la stimulation de la formation de collagène et de tissu conjonctif [12]. Les intermédiaires réactifs oxydants présents sur la surface de la silice ou libérés par les macrophages alvéolaires ont une capacité importante à endommager l'ADN et provoquer des mutations (stress oxydatif, effet génotoxique) [20]. Une mutation sur certains gènes, dont le gène ras p21 ou le gène suppresseur de tumeur p53, entraîne une prolifération incontrôlée des cellules et leur transformation. Des cytokines (facteur tumoral nécrosant α (TNF-α), Interleukines 1 et 6), libérées pendant la fibrogenèse, joueraient un rôle dans la prolifération des cellules épithéliales alvéolaires adjacentes [24].

Les résultats de l'ensemble des tests *in vitro* et *in vivo* suggèrent que la réponse tumorale pulmonaire observée chez le rat serait due à une inflammation prononcée et persistante et à une prolifération cellulaire épithéliale.

L'hypothèse d'un rôle joué par les oxydants générés sur la surface de la silice cristalline ou d'un effet génotoxique direct ne peut être éliminée bien que, dans l'état actuel des connaissances, il n'y ait pas d'argument convaincant en faveur de ces modes d'action [11].

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

La toxicité aiguë de la silice cristalline varie selon les espèces, le rat étant le plus sensible. Après exposition, il se développe une inflammation avec formation de granulome silicotique suivi éventuellement d'une fibrose et d'un développement de tumeurs.

Chez le rat, l'instillation intrabronchique de silice (1,25 mg de Min-U-Sil [12]) ou l'inhalation d'α-quartz ou de cristobalite (10 mg/m³, 6 h/j, 3j [15] ; α-quartz, 20 mg/m³, 5 h/j, 5 j/sem, 2 sem [16]) induisent une réponse biphasique :

- une réaction inflammatoire aiguë révélée par la présence de granulocytes, principalement neutrophiles, et de biomarqueurs de cytotoxicité pulmonaire dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire (lactico-déshydrogénase, protéines et N-acétylglycosaminidase). Ces paramètres augmentent dans les premières 24 h et persistent à un taux élevé jusqu'à 3 mois après la fin de l'exposition [15, 16] ;
- un processus chronique de réparation caractérisé par le développement d'un granulome silicotique, composé de macrophages ayant phagocyté des particules, de lymphocytes et de fibroblastes, puis l'installation progressive d'une fibrose. Des foyers hyperplasiques épars apparaissent dans la périphérie pulmonaire, adjacents aux granulomes silicotiques et aux bronchioles ou aux vaisseaux. Un nombre croissant d'adénomes et de carcinomes apparaissent à partir de 11 mois après instillation intrabronchique de 1,25 mg de Min-U-Sil ; ils sont plus fréquents chez les femelles que chez les mâles [12].

L'intensité des lésions fibrotiques dépend de la taille des particules (les plus fibrogènes ont un diamètre aérodynamique médian en masse de 1 - 2 µm) et du type de silice utilisé (tridymite > cristobalite > quartz > coesite > stishovite [11]). Les nodules silicotiques induits par la tridymite atteignent un degré de fibrose maximum après 60 jours alors que ceux induits par le quartz l'atteignent en 240 jours [11]. Les particules de quartz fraîchement broyées induisent une cytotoxicité et une inflammation plus importante que celles conservées plusieurs mois avant expérimentation. Cette différence serait liée à la formation, sur le plan de clivage, de radicaux oxygénés réactifs ; ils provoquent des lésions membranaires et cellulaires, un recrutement de leucocytes et la production d'oxydants par les macrophages alvéolaires [16]. La souris développe des granulomes avec une fibrose minimale ; mais, contrairement au rat, elle ne développe ni hyperplasie épithéliale, ni induction tumorale [12]. Le hamster développe une réponse macrophagique extensive avec phagocytose des particules de silice mais pas de fibrose, d'hyperplasie ou de tumeur [11, 12].

Toxicité subchronique, chronique

L'effet d'une exposition prolongée à la silice cristalline varie selon les espèces ; seul le rat présente la symptomatologie la plus marquée associant inflammation, fibrose, hyperplasie, tumeurs.

Chez le rat Fisher, l'inhalation de quartz DQ12 (diamètre aérodynamique médian en masse : 1,3 µm, 1 mg/m³, 6 h/j, 5 j/sem, 2 ans) induit :

- une réaction inflammatoire caractérisée par un doublement du poids des poumons, des modifications cytologiques du liquide de lavage broncho-alvéolaire, une lipoprotéinose multifocale associée à des zones fibrotiques et une infiltration intra-alvéolaire et interstitielle de cellules inflammatoires. Une fibrose modérée est observée dans la région subpleurale et péribronchiolaire chez 92 % des animaux exposés ; le contenu pulmonaire en collagène est doublé ;
- des hyperplasies broncho-alvéolaires, focales et multifocales, caractérisées par des pneumocytes de type II (95 % des animaux), des cellules Clara et des cellules ciliées (80 % des animaux), ou des nodules fibrotiques (13 % des animaux). Des cellules squameuses métaplasiques ont aussi été observées ;
- des tumeurs pulmonaires (détaillées dans le § « Cancérogénèse ») [13],

Chez la souris (Min-U-Sil (diamètre aérodynamique médian en masse < 2,1 µm, 1,47-1,95 mg/m³, 8 h/j, 5 j/sem, 150 à 570 j), on observe une réaction inflammatoire assez sévère et le développement de plaques granulomateuses au niveau subpleural et des ganglions lymphatiques médiastinaux mais pas d'hyperplasie ni d'augmentation du taux de tumeurs pulmonaires [17].

Le hamster (Min-U-Sil, 3 ou 7 mg, instillation intratrachéale, 1 fois/sem, 10sem) ne développe que peu [18] ou pas [14] de lésions fibrotiques, pas d'hyperplasie alvéolaire ni de tumeur pulmonaire.

Chez le singe macaque, l'inhalation de quartz (100 mg/m³, 4 h/j, 5 j/sem, 18 sem) entraîne des modifications cytologiques et biochimiques du liquide de lavage bronchoalvéolaire et l'apparition de nodules silicotiques et de granulomes à cellules inflammatoires entre 21 et 64 semaines après la fin de l'exposition. Les variations individuelles sont importantes tant du point de vue du moment d'apparition des lésions que des modifications biochimiques [19].

Les infections pulmonaires, virales ou bactériennes, peuvent exacerber les effets de la silice inhalée. Par ailleurs, l'exposition à la silice est un élément favorisant le développement ultérieur de pathologies pulmonaires liées à des infections par voie aérienne, notamment la tuberculose [11].

Effets génotoxiques

Les tests in vitro conventionnels sont négatifs mais une action transformante et la formation de micronoyaux sont observées à fortes doses. Aucun effet n'est observé dans un test du micronoyau in vivo.

In vitro, les tests conventionnels sont négatifs ; toutefois, à forte dose, sur le même type de cellules, on observe une action transformante et la formation de micronoyaux mais pas d'aberrations chromosomiques.

In vivo, l'action génotoxique de la silice cristalline n'a que peu été explorée ; aucun effet n'a été observé dans un test du micronoyau,

La silice n'est pas mutagène dans les tests bactériens. Elle n'augmente pas la fréquence des échanges entre chromatides sœurs (cellules V79 de hamster ou lymphocytes humains) et n'induit ni aberration chromosomique ni aneuploidie (cellules embryonnaires de hamster syrien [20], cellules V79 de hamster ou cellules Hel 299 de poumon embryonnaire humain [21]).

En revanche, seules de fortes doses de quartz (30 mg/ml) incubées avec de l'ADN isolé induisent des cassures de brins. Des cellules inflammatoires (cellules du liquide de lavage bronchoalvéolaire ou monocytes), provenant de rats traités par de l' α -quartz, peuvent, *in vitro*, se révéler mutagènes ou induire des échanges entre chromatides sœurs ; ces effets pourraient être attribués à la formation de radicaux oxygénés réactifs, soit directement au niveau des particules, soit par les monocytes activés [20]. Le quartz induit une augmentation de la fréquence des micronoyaux dans les cellules d'embryon de hamster syrien [20], les cellules V79 et les cellules Hel 299 (l'auteur émet l'hypothèse d'une action sur le fuseau) [21] et de la transformation morphologique des cellules embryonnaires de hamster syrien [20].

L'acide silicique, produit par solubilisation du quartz dans les liquides biologiques, réagit avec les bases de l'ADN [11].

In vivo, la silice n'augmente pas le nombre de micronoyaux dans les érythrocytes de la moelle osseuse de souris (quartz, 500 mg/kg, per os) [11].

Effets cancérogènes

[11]

Diverses formes et préparations de silice cristalline ont été testées par différentes voies d'exposition. L'apparition d'adénocarcinomes pulmonaires, associés à une fibrose localisée, est observée chez le rat uniquement, d'avantage chez les femelles que chez les mâles.

L'instillation intratrachéale unique (Min-U-Sil ou Novaculite, 20 mg) ou répétée (Min-U-Sil, 7 mg, 1 fois/sem, 10 sem) et l'inhalation courte (6 ou 30 mg/m³, 6 h/j, 5 j/sem, 29 j) ou prolongée (quartz DQ12, 1 mg/m³ [13] ou Min-U-Sil, 12 et 50 mg/m³, 6 h/j, 5 j/sem, environ 2 ans) induisent des tumeurs pulmonaires chez le rat de diverses souches. Il est à noter que l'étude récente de Muhle [13] a été réalisée à des doses largement inférieures aux précédentes. Les premières tumeurs pulmonaires apparaissent après 11 à 22 mois ; elles sont de type épithélial : adénocarcinomes, carcinomes à cellules squameuses, carcinomes broncho-alvéolaires ou formes mixtes [18].

La présence d'adénocarcinomes pulmonaires est souvent associée à des aires de fibrose. Les relations entre la dose, la durée ou le mode d'exposition et l'incidence tumorale n'ont pu être établies [18].

L'injection intrapleurale (quartz, cristobalite, tridymite, 20 mg) ou intrapéritonéale (quartz, 20 mg), induit le développement de lymphomes malins thoraciques et abdominaux ; ils sont accompagnés de lésions fibrotiques pleurales ou péritonéales [22].

Les expériences menées avec d'autres espèces de rongeurs (hamster, souris, cobaye) par voie intratrachéale, inhalatoire, intraveineuse ou intrathoracique sont négatives même avec des souches dont la sensibilité aux cancérogènes pulmonaires est reconnue (souris « A ») [11, 18].

Comme d'autres particules, la silice peut agir indirectement sur la cancérogénèse d'autres xénobiotiques comme les hydrocarbures polycycliques aromatiques, soit en les adsorbant, soit en modifiant leur clairance pulmonaire, ce qui augmente la durée de l'exposition ou la dose effective [25].

Effets sur la reproduction

Aucune donnée n'est disponible chez l'animal.

Toxicité sur l'Homme

L'exposition aiguë à des poussières de silice peut être responsable d'une irritation des yeux et du tractus respiratoire. Une exposition chronique par inhalation peut entraîner une silicose ou pneumoconiose fibrosante ; un lien avec la survenue de certaines affections auto-immunes est également envisagé sans que le mécanisme soit élucidé. Le rôle de la silice cristalline dans l'augmentation du nombre de cancers broncho-pulmonaire est certain chez les sujets silicotiques ; les résultats sont contradictoires en l'absence de silicose. Aucune donnée n'existe sur les effets mutagènes ou sur la reproduction.

Toxicité aiguë

[26]

Les poussières de silice peuvent provoquer une irritation des yeux et du tractus respiratoire.

Toxicité chronique

Atteinte pulmonaire : la silicose [26, 27, 31]

La silicose est une pneumoconiose fibrosante secondaire à l'inhalation de particules de silice libre, Cette maladie est grave et encore fréquente. En France, 48 000 sujets bénéficiaient de rentes en 1980 ; un peu moins de 300 nouveaux cas sont recensés chaque année.

Les manifestations cliniques sont tardives et fonction de la durée d'exposition ainsi que de la concentration en silice dans l'air. Classiquement, la maladie passe par quatre stades :

- phase de latence : asymptomatique, pouvant aller jusqu'à 30 ans alors que des opacités radiologiques existent déjà ;
- phase d'état : avec apparition progressive d'une bronchopneumopathie chronique non spécifique avec toux matinale, expectoration, dyspnée d'effort discrète émaillée d'épisodes de surinfection bronchique ;
- phase d'insuffisance respiratoire : avec dyspnée d'effort de plus en plus marquée ;
- phase d'hypertension artérielle pulmonaire : stade ultime de l'évolution associant dyspnée de repos et signes de cœur pulmonaire chronique.

Deux examens sont importants pour porter le diagnostic de silicose, suivre son évolution et évaluer l'incapacité résultante :

- la radiographie, dont les anomalies font l'objet d'une classification du Bureau international du travail, les lésions caractéristiques de la silicose sont de type nodulaire. Ces opacités prédominent classiquement dans la partie supérieure des deux champs pulmonaires. Il existe très souvent des adénopathies hilaires qui lorsqu'elles sont calcifiées « en coquille d'œuf » sont quasi pathognomoniques de l'affection. Des signes d'emphysème pulmonaire peuvent être observés aux bases.

Au cours de l'évolution de l'affection, les lésions nodulaires confluent pour former des masses pseudo-tumorales.

Le scanner thoracique (sans injection de produit de contraste) permet de diagnostiquer des formes débutantes.

- les épreuves fonctionnelles respiratoires : les résultats ne sont pas forcément corrélés à ceux de la radiologie. Elles montrent un trouble ventilatoire mixte avec diminution progressive de la capacité vitale, du VEMS, de la capacité pulmonaire totale et des débits distaux. Des troubles de la diffusion de l'oxyde de carbone sont également constatés. L'aggravation du trouble ventilatoire porte principalement sur sa part obstructive. Une désaturation en oxygène apparaît lors de l'analyse des gaz du sang.

Dans les formes atypiques et/ou dont l'exposition est mal documentée, la présence de silice dans le poumon peut être recherchée et quantifiée par lavage broncho-alvéolaire avec analyse en microscopie électronique.

On peut rencontrer les formes évolutives suivantes :

- aigus, en cas d'exposition massive, évoluant en 1 à 3 ans vers la mort par insuffisance respiratoire ;
- précoces, apparaissant dans un délai d'exposition de moins de 5 ans ;
- retardées, qui ne se manifestent qu'après plusieurs années d'exposition, voire parfois après l'arrêt de celle-ci ;
- asymptomatiques, de diagnostic radiologique.

Ces deux dernières formes sont aujourd'hui les plus fréquentes.

L'affection se complique souvent de surinfections bronchopulmonaires à germes banals, à mycobactérie tuberculeuse ou non (la tuberculose est une complication très fréquente de la silicose) ou à aspergillus pouvant provoquer des hémoptysies.

Les autres complications sont des épisodes de pneumothorax spontané se développant sur des bulles d'emphysème sous-pleurales, des nécroses aseptiques de masses pseudo-tumorales entraînant des hémoptysies dramatiques parfois mortelles et des épisodes d'insuffisance respiratoire aiguë ; l'évolution peut se faire vers le cœur pulmonaire chronique dans un tableau d'insuffisance cardiaque droite (hépatomégalie, œdème des membres inférieurs, etc.)

Atteintes auto-immunes

Le lien entre l'exposition à la silice et la survenue de certaines affections auto-immunes est envisagé dans de nombreux cas ; le mécanisme de ces affections n'est actuellement pas élucidé [38]. Il s'agit :

- d'une glomérulonéphrite extracapillaire proliférative ou non [28, 37] chez des personnes dont l'exposition à la silice a été longue et importante. L'évolution est grave vers l'insuffisance rénale chronique ;
- d'une association silicose et polyarthrite rhumatoïde (syndrome de Caplan-Colinet [30]) ; on retrouve, chez des sujets exposés à la silice, une prévalence accrue de facteurs rhumatoïdes et d'anticorps antinucléaires ;
- d'une association silicose et sclérodémie généralisée (syndrome d'Erasmus [29, 35]) ;
- plus rarement, de lupus systémique, de connectivité mixte, d'anémie hémolytique auto-immune, de myélome et de gammopathie monoclonale [27],

Certaines de ces affections peuvent être observées avant le développement d'une silicose et régresser alors dans certains cas à l'arrêt de l'exposition à la silice [36].

Effets cancérigènes

[11, 32 à 34]

La silice cristalline joue un rôle certain dans l'apparition de cancers chez l'homme. Les résultats de plusieurs études épidémiologiques montrent de façon cohérente qu'il existe un risque accru de cancer broncho-pulmonaire parmi les sujets silicotiques. Le mécanisme de survenue de cette association n'est pas actuellement élucidé. Le processus de fibrose entraînant une multiplication cellulaire est certainement un élément important dans la genèse de ces tumeurs.

Par contre, en l'absence de silicose, les résultats des études épidémiologiques sont contradictoires. Une augmentation du taux de cancers broncho-pulmonaires a été signalée chez les travailleurs de mines d'or, de carrières et de fonderies, mais ceux-ci étaient aussi exposés à d'autres substances potentiellement cancérigènes.

En 1996, la silice cristalline inhalée sous forme de quartz ou de cristobalite de source professionnelle a été classée comme cancérigène pour l'homme (Groupe 1) par le CIRC [11].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : **1997**

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail.
- Articles R. 4412-154 à R. 4412-155 du Code du travail (mélanges de poussières de silice et d'autres natures).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 25.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) **substance** silice cristalline

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. Le phtalate de diisononyle n'est pas inscrit à l'annexe VI du règlement CLP et ne possède pas d'étiquetages officiels harmonisés au niveau de l'Union européenne.

Cependant, certains fournisseurs proposent l'auto-classification suivante :

- pour les formes Quartz et Cristobalite :
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition répétée, catégorie 1 ; H372
- pour la forme Tridymite :
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles (poumons) – Exposition répétée (inhalation), catégorie 2 ; H373

Pour plus d'informations, se reporter au site de l'ECHA (<http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>)

b) des **mélanges** contenant de la silice cristalline :

- arrêté du 21 février 1990 modifié du 24 mars 1990,
- arrêté du 14 janvier 1987 du 22 janvier 1987) relatif à l'information des utilisateurs d'abrasifs destinés aux opérations de décapage, de dépolissage ou de dessablage au jet, contenant plus de 5 % en poids de silice libre.

Mesures particulières de prévention

- Décret du 10 avril 1997 (J.O. du 12 avril 1997) relatif à la protection de certains travailleurs exposés aux poussières siliceuses : valeurs limites d'exposition, surveillance médicale.
- Arrêté du 10 avril 1997 (J.O. du 12 avril 1997) relatif au contrôle de l'exposition aux poussières de silice cristalline.
- Arrêté portant agrément d'organismes habilités à procéder à des contrôles d'empoussièragement.
- Décret du 6 juin 1969 (J.O. du 11 juin 1969) et circulaire T.E. du 8 mars 1972 (non parue au J.O.) concernant les mesures particulières de protection applicables aux travaux de décapage, de dépolissage ou de dessablage au jet.

Hygiène et sécurité du travail dans les mines et carrières

Se reporter notamment aux textes suivants :

- Décret du 7 mai 1980 modifié (J.O. du 10 mai 1980) instituant le Règlement général des industries extractives, complété par le décret du 2 septembre 1994 (J.O. du 8 septembre 1994) relatif à l'empoussièragement.
- Arrêtés du 11 juillet 1995 (J.O. du 1^{er} août 1995) relatifs à la valeur du coefficient K de nocivité des poussières et aux appareils de prélèvement des poussières.
- Décret du 24 décembre 1954 modifié (J.O. du 28 décembre 1954 et du 18 mars 1955), arrêté du 30 novembre 1956 (J.O. du 11 décembre 1956) et arrêtés du 18 mars 1958 (J.O. du 26 mars 1958) : prévention médicale de la silicose.

Protection de la population

- Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73 et articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :
 - détention dans des conditions déterminées (art. R 5132-66) ;
 - étiquetage (cf. § Classif. & étiquetage) ;
 - cession réglementée (art. R 5132-58 et 5132-59).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure

téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html).

Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit "Accord ADR") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr-Transport-des-marchandises-.html).

Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Chaque fois que l'usage et le procédé le permettent, il est souhaitable d'utiliser des produits de substitution reconnus moins dangereux après évaluation des risques encourus : par exemple, les meules en carborundum, en corindon ou en matière plastique pour remplacer les meules en grès, la grenaille d'acier ou d'autres produits sans silice pour le dessablage... Quand l'utilisation de produits générant une exposition à la silice cristalline reste inévitable, des mesures sévères de prévention et de protection adaptées aux risques s'imposent, en particulier celles prévues par les textes réglementaires.

Les dispositions réglementaires peuvent être différentes selon le régime considéré. Seules les recommandations essentielles dans les établissements relevant de l'article L. 231-1 du Code du Travail sont rappelées ci-dessous.

Au point de vue technique

Stockage

- Procéder à une évaluation des risques portant notamment sur le procédé mis en œuvre, les niveaux d'exposition collective et individuelle et les méthodes envisagées pour les réduire.
- Instruire le personnel du risque silicotique auquel il est exposé et des moyens mis en œuvre pour l'éviter.
- Effectuer en appareil clos et étanche toute opération industrielle qui s'y prête. Lorsqu'on ne pourra travailler dans ces conditions, utiliser autant que possible des méthodes de travail non génératrices de poussières (humidification des procédés). Enfin, si cela est impossible, effectuer les travaux dans des locaux séparés des autres ateliers et équiper les postes de travail d'un dispositif d'aspiration des poussières à leur source d'émission.
- Vérifier régulièrement les installations et les appareils de protection collective pour les maintenir en parfait état de fonctionnement.
- Lorsque les conditions de travail le nécessitent, mettre à la disposition du personnel des équipements de protection individuelle : vêtements, lunettes, capuches, appareils de protection respiratoire adaptés aux risques. En dehors des périodes de travail, ces équipements seront entreposés dans un local particulier sec et propre (exempt de poussières) ; ils seront maintenus en bon état de fonctionnement et désinfectés avant d'être attribués à un nouveau titulaire.
- Contrôler régulièrement l'empoussièragement de l'atmosphère : il est recommandé d'effectuer des contrôles au moins une fois par trimestre et chaque fois qu'un changement notable est apporté aux installations ou aux procédés de travail.
- Maintenir les locaux et postes de travail en parfait état de propreté ; le nettoyage sera effectué si possible en dehors des heures de travail, soit par lavage, soit par aspiration mécanique, par du personnel muni d'un équipement de protection individuelle.
- Le décret du 6 juin 1969 prescrit des mesures particulières pour les travaux de décapage, de dépolissage et de dessablage au jet :
 - sauf impossibilité technique, les travaux doivent être effectués en appareil clos étanche ou en cabine, maintenu en légère dépression pour ne pas polluer l'environnement ;

- en dehors des travaux exécutés à l'air libre par projection conjointe d'abrasif et d'eau (ravalement de façades), l'abrasif utilisé pour les travaux en cabine ou à l'air libre ne doit pas contenir plus de 5 % en poids de silice libre. Pour ces travaux, un équipement de protection individuelle complet, comprenant notamment une cagoule alimentée en air pur et tempéré à raison de 165 l au minimum par minute, est indispensable.

Au point de vue médical

- Aucun salarié ne doit être affecté aux travaux exposés, ni occupé de façon habituelle dans les locaux ou chantiers où s'effectuent ces travaux, sans une attestation du médecin du travail estimant qu'il est apte à les accomplir.
- L'examen d'aptitude doit permettre de ne pas exposer des personnes prédisposées au risque silicotique, à savoir ceux présentant des lésions pulmonaires chroniques ou des séquelles d'affections pulmonaires, en particulier tuberculeuses, des lésions organiques ou fonctionnelles susceptibles d'augmenter la ventilation pulmonaire ou d'altérer la perméabilité des voies aériennes supérieures. Ne peuvent être reconnus aptes que les travailleurs présentant l'intégrité de leurs appareils respiratoires et cardiovasculaires,
- Avant l'admission, le médecin réalisera un interrogatoire sur les antécédents du sujet, l'existence de signes fonctionnels et un examen clinique complet. Un examen radiographique des poumons doit être effectué. Afin notamment de posséder un élément de référence, il est souhaitable de réaliser une exploration fonctionnelle respiratoire.
- Ultérieurement, l'attestation d'aptitude devra être renouvelée 6 mois après la visite d'admission puis ensuite une fois par an. En plus des examens clinique et radiographique, il est recommandé de réaliser une épreuve fonctionnelle respiratoire avec étude de la boucle débit-volume. Les résultats de ces examens seront consignés dans le dossier médical et un registre spécial.
- En cas d'inhalation massive de poussière de silice, évacuer la victime de la zone polluée. En cas de gêne respiratoire, la transférer en milieu hospitalier, pour surveillance et traitement symptomatique.
- En cas de projection oculaire, laver à grande eau afin d'éliminer toutes les poussières. Si une gêne persiste, consulter un spécialiste.

Bibliographie

- 1 | Lauwerys R. - Les poussières. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Paris, Masson, 1990, pp. 446-493.
- 2 | Pascal P. - Nouveau traité de chimie minérale. « Silicium », tome VIII, 2^e fascicule. Paris, Masson, 1965, pp. 2-90 et 423-445.
- 3 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology, 3^e éd., vol. 20. New York, John Wiley and sons, pp. 748-766 et 818-825.
- 4 | VLE/VME - Valeurs admises pour les concentrations de certaines substances dangereuses dans l'atmosphère des lieux de travail. Paris, Ministère du travail/INRS, 1985, pp. 173-177.
- 5 | NF X 43-276 - Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air. Paris-La Défense, AFNOR, 1993.
- 6 | NF X 43 259 - Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Prélèvement individuel ou à poste fixe de la traction alvéolaire de la pollution particulaire. Méthode de séparation par cyclone 10 mm. Paris-La Défense, AFNOR, 1990.
- 7 | NF X 43-262 - Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination gravimétrique du dépôt particulaire de la pollution particulaire. Méthode de la coupelle rotative. Paris-La Défense, AFNOR, 1990.
- 8 | NF X 43-295 - Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination par rayons X de la concentration de dépôt alvéolaire de silice cristalline. Echantillonnage par dispositif à coupelle rotative. Paris-La Défense, AFNOR, 1995.
- 9 | NF X 43-296 - Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination par rayons X de la fraction conventionnelle alvéolaire de silice cristalline. Echantillonnage sur membrane filtrante. Paris-La Défense, AFNOR, 1995.
- 10 | Pickard K.J., Walker R.F., West N.G. - A comparison of X-ray diffraction and infra-red spectrophotometric methods for the analysis of alpha-quartz in airborne dusts. *Annals of Occupational Hygiene*, 1985, 29, 2, pp. 149-167.
- 11 | IARC - Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. Lyon, Centre international de recherche sur le cancer, 1997, vol. 68, pp. 149-242.
- 12 | WILLIAMS A.O., KNAPTON A.D., SAFFIOTTI U. - Growth factors and gene expression in silica-induced fibrogenesis and carcinogenesis. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1995, 10, 12, pp. 1089-1098.
- 13 | Muhle H. et coll. - Neoplastic lung lesions in rats after chronic exposure to crystalline silica. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1995, 21, suppl. 2, pp. 27-29.
- 14 | Schultz C.O. - Crystalline silica. *Patly's industrial hygiene and toxicology*, 4^e éd., vol. IIA, New-York, Wiley Interscience, pp. 843-847.
- 15 | warheit D.B., McHugh T.A., Hartsky M.A. - Differential pulmonary responses in rats inhaling crystalline, colloidal or amorphous silica dusts. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1995, 21, suppl. 2, pp. 19-21.
- 16 | Shoemaker D.A. et coll. - Particle activity and in vivo pulmonary response to freshly milled and aged alpha-quartz. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1995, 21, suppl. 2, pp. 15-18.
- 17 | WILSON T. et coll. - Comparative pathological aspects of chronic olivine and silica inhalation in mice. *Environmental Research*, 1986, 39, pp. 331-344.
- 18 | Holland L.M. - Animal studies of crystalline silica : results and uncertainties. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1995, 10, 12, pp. 1099-1103.
- 19 | Hannoniaux M.H. et coll. - An attempt to evaluate lung aggression in monkey silicosis : hydrolases, peroxydase and anti proteases activities in serial bronchoalveolar lavages. *European Respiratory Journal*, 1991, 4, pp. 191-204.
- 20 | Driscoll K.E. - The toxicology of crystalline silica studied in vitro. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1995, 10, 12, pp. 1118-1125.
- 21 | Nagalakshmi R. et coll. - Silica-induced micronuclei and chromosomal aberrations in Chinese hamster lung (V79) and human lung (HEL 299) cells. *Mutation Research*, 1995, 335, 1, pp. 27-33.
- 22 | PAIRON J.C. et coll. - Silica and lung cancer : a controversial issue. *European Respiratory Journal*, 1991, 4, pp. 730-744.
- 23 | Mao Y. et coll. - Protective effects of silanol group binding agents on quartz toxicity to rat lung alveolar cells. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1995, 10, 12, pp. 1132-1137.

- 24 | WILLIAMS A.O., SAFFIOTTI U. - Transforming growth factor 131, ras and p53 in silica-induced fibrogenesis and carcinogenesis. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1995, 21 suppl. 2, pp. 30-34.
- 25 | LAKOWICZ J.R., BEVAN D.R. - Benzo(a)pyrene uptake into rat liver microsomes : effects of adsorption of benzo(a)pyrene to asbestos and non-fibrous mineral particulates. *Chemico-Biological Interactions*, 1980, 29, 2, pp. 129-138.
- 26 | Balmes J. - Silica exposure and tuberculosis. *Journal of Occupational Medicine*, 1990, 32, 2, pp. 114-115.
- 27 | Choudat D., Brochard P. - Maladies respiratoires professionnelles dues aux particules minérales. Encyclopédie médico- chirurgicale, Intoxications- pathologie du travail. Paris, Editions Techniques, 1989, 16519 A 10, pp. 1-11.
- 28 | DraCON M. et coll. - Glomérulonéphrites rapidement progressives chez les mineurs de charbon pneumoconiotiques. *Néphrologie*, 1990, 11,2, pp. 61-65.
- 29 | Hausteil U.F. et coll. - Silica-induced scleroderma. *American Academy of Dermatology. Journal* 1990, 22, pp. 444-448.
- 30 | Klockars M. et coll. - Silica exposure and rheumatoid arthritis : a follow-up study of granite workers 1940-81. *British Medical Journal*, 1987, 294, pp. 997-1000.
- 31 | Landrigan P.J. et coll. - Silicosis in a grey iron foundry. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1986, 12, pp. 32-39.
- 32 | Merlo F. et coll. - Mortality from specific causes among silicotic subjects : a historical prospective study. Occupational Exposure to silica and cancer risk. Lyon, CIRC, Scientific Publication n° 97, 1990.
- 33 | Mur J.M. - Epidemiology of respiratory hazards : recent advances. *Revue Epidémiologique et de Santé Publique*, 1992, 40, pp. 27-541
- 34 | Paireon J.C. et coll. - Exposition professionnelle à la silice cristalline e1 cancer bronchopulmonaire. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1992, 53, pp 257-274.
- 35 | Amoudru C. - Sclérodémie généralisée et Inhalation de poussières mixtes contenant de la silice libre. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1991, 46, pp. 101-106.
- 36 | Kdeger A.C. - Responsabilité de l'exposition à la silice dans les connectivités. *La Presse Médicale*, 1994, 23, 1. pp. 11-14.
- 37 | Goldsmith J.R., Goldsmith d.f. - Fiberglass or silica exposure and increased nephritis or ERSD (end-stage renal disease). *American Journal of Industrial Medicine*, 1993, 23, pp. 873-881.
- 38 | Steeland K., Goldsmith D.F. - Silica exposure and autoimmune diseases. *American Journal of Industrial Medicine*, 1995, 28, pp. 603-608.

Auteurs

M. T. Brondeau, T. Clavel, M. Falcy, A. Hesbert, D. Jargot, M. Reynier, O. Schneider.

FICHE TOXICOLOGIQUES I.N.R.S.

BENZENE

TOLUENE

XYLENES

Benzène

Fiche toxicologique n°49

Généralités

Edition _____ 2011

Formule :



Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C ₆ H ₆	Nom	Benzène
	Numéro CAS	71-43-2
	Numéro CE	200-753-7
	Numéro index	601-020-00-8



BENZÈNE

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H350 - Peut provoquer le cancer
- H340 - Peut induire des anomalies génétiques
- H372 - Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H319 - Provoque une sévère irritation des yeux
- H315 - Provoque une irritation cutanée

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
200-753-7

Selon l'annexe VI du règlement CLP

ATTENTION : pour la mention de danger H372, se reporter à la section "Réglementation".

Caractéristiques

[1]

La vente et l'emploi du benzène sont strictement réglementés.

Le benzène et les préparations en renfermant plus de 0,1 % en poids ne doivent pas être mis à la disposition du public (usage contrôlé réservé aux professionnels).

Les carburants échappent à ces limitations ; toutefois la teneur autorisée en benzène dans l'essence sans plomb a été réduite de 5 % à 1 % en volume en 2000.

En milieu professionnel, il est interdit d'employer des dissolvants ou diluants renfermant plus de 0,1 % en poids de benzène sauf lorsqu'ils sont utilisés en vase clos.

Le benzène est largement utilisé dans l'industrie comme intermédiaire de synthèse :

- principalement éthylbenzène, cumène, cyclohexane ;

- également nitrobenzènes, chlorobenzènes, alkylbenzènes, anhydride maléique, qui sont des produits de base de nombreuses fabrications (styrène, phénol, élastomères, résines, colorants, pesticides, produits pharmaceutiques, détergents...).

Il peut également être utilisé comme agent d'extraction dans l'industrie des parfums ; selon les sources de l'industrie concernée, cette utilisation tendrait à disparaître en France depuis 1995.

Le benzène est utilisé dans les laboratoires d'analyse et de recherche.

Enfin, il est naturellement présent dans les carburants (en particulier l'essence sans plomb qui peut en renfermer jusqu'à 1 % en volume) et dans de nombreux produits dérivés du pétrole et dans des substances complexes provenant de la houille.

Propriétés physiques

[1, 2, 4 à 6]

Le benzène est un liquide incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 5 ppm. Il renferme moins de 0,1 % d'impuretés : toluène (0,015 %), composés non aromatiques (0,04 %) ; méthylcyclohexane + toluène représentent 0,02 %.

Il est pratiquement insoluble dans l'eau (0,180 g pour 100 g à 25 °C). Il est miscible à la plupart des solvants organiques.

Il forme des mélanges azéotropiques avec l'eau (91,17 %p de benzène, point d'ébullition 69,25 °C), des alcools et des hydrocarbures.

C'est un excellent solvant pour un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (huiles, graisses, résines).

Nom Substance	Détails	
Benzène	Formule	C₆ H₆
	N° CAS	71-43-2
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	78,11
	Point de fusion	5,5 °C
	Point d'ébullition	80,1 °C
	Densité	0,879
	Densité gaz / vapeur	2,7
	Pression de vapeur	9,97 kPa à 20 °C 12,6 kPa à 25 °C
	Indice d'évaporation	3 (oxyde de diéthyle = 1)
	Point d'éclair	-11 °C (coupelle fermée)
	Température d'auto-inflammation	555 °C (538°C à 580°C selon les sources)
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1,2 % limite supérieure : 8,0 %
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	2,13

À 20 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 3,25 mg/m³

Propriétés chimiques

[1, 2, 4]

Le benzène est stable à température ambiante.

Toutefois, il réagit avec de nombreux composés (substitution, addition, rupture du cycle) et constitue une matière première importante en synthèse organique. Pour le benzène, ce sont les réactions de substitution qui sont le plus utilisées dans l'industrie.

Le benzène peut réagir vivement avec les oxydants puissants et les acides forts ; l'acide nitrique et les mélanges sulfonitrique conduisent à la formation de nitrobenzènes explosifs ; l'acide sulfurique concentré donne de l'acide benzènesulfonique ; ces réactions sont exothermiques.

Réipients de stockage

Le benzène peut être stocké dans des récipients en acier ou en acier inoxydable.

Le verre est également utilisé pour de petites quantités.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Une valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire **contraignante** dans l'air des lieux de travail a été établie en France pour le benzène (article R. 4412-149 du Code du travail).

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
-----------	------	-----------	--------------------------	------------	---------------------------

Benzène	France (VLEP réglementaire contraignante - 2006)	1	3,25	-	-
Benzène	Union européenne (VLEP contraignante - 1997)	1	3,25	-	-
Benzène	États-Unis (ACGIH)	0,5	1,6	2,5	8

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement au travers d'un tube rempli de charbon actif. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme ou spectrométrie de masse après désorption au sulfure de carbone [29 à 32].
- Prélèvement passif par diffusion sur un badge rempli de charbon actif ou sur un tube à désorption thermique rempli de Porapak Q ou de Tenax. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption au sulfure de carbone [33] ou désorption thermique [34].
- L'utilisation d'appareils à réponse instantanée équipés des tubes réactifs colorimétriques DRAEGER (Benzène 0,5/a et 0,5/c) ou GASTEC (Benzène 121L) est possible en première approche, mais n'assure toutefois ni la sélectivité ni la précision nécessaires à une comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

Incendie - Explosion

[2, 4]

Le benzène est un liquide très inflammable (point d'éclair en coupelle fermée = -11,1 °C) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les poudres chimiques, les mousses.

Refroidir à l'aide d'eau pulvérisée les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

Les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes et de combinaisons de protection spéciales.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[1]

Le benzène est absorbé par toutes les voies d'exposition. Il est rapidement distribué, préférentiellement dans les tissus riches en lipides. La métabolisation a principalement lieu dans le foie ainsi que dans la moelle osseuse et le métabolisme oxydatif est nécessaire au développement d'effets toxiques. Une partie du benzène peut être exhalée sous forme non métabolisée, mais la plus grande partie est métabolisée et les métabolites sont excrétés sous forme conjuguée, principalement dans l'urine.

Chez l'animal

Absorption chez l'animal

Le benzène est facilement absorbé au niveau du tractus gastro-intestinal puisque plus de 80 % de la dose orale est absorbée chez le lapin et plus de 97 % chez le rat et la souris. Après inhalation, on retrouve chez les rongeurs 10 à 50 % de la dose administrée dans le sang et les tissus et, chez l'homme, plusieurs études évaluent l'absorption par cette voie à 50 %. Le benzène liquide ou les vapeurs de benzène sont également absorbés par voie cutanée mais de façon moindre : chez l'homme, une étude *in vitro* estime l'absorption cutanée de benzène liquide à 0,2 % et, *in vivo*, 0,05 % des vapeurs semblent absorbées par la peau. En milieu professionnel, le benzène est absorbé essentiellement par voie pulmonaire et, à un moindre degré, par voie percutanée.

Distribution chez l'animal

Le benzène se distribue préférentiellement dans les tissus riches en lipides. Des niveaux importants sont observés dans les tissus adipeux, le cerveau, le sang, les reins et le foie par inhalation chez l'homme ainsi que dans la moelle osseuse, les glandes mammaires et les glandes de Zymbal après inhalation ou ingestion chez le rat. Le benzène peut également traverser le placenta chez l'homme et l'animal et des concentrations comparables sont observées dans le sang maternel et le sang du cordon ombilical.

Métabolisme chez l'animal

Le benzène est métabolisé essentiellement dans le foie, mais aussi dans les autres tissus où il s'est fixé, notamment la moelle osseuse.

La première réaction, catalysée par le système du cytochrome P450 (CYP2E1), conduit à la formation d'époxybenzène. L'absence d'effets néfastes chez les souris knockout CYP2E1 (souris dépourvue de l'activité enzymatique CYP2E1) montre que cette étape de métabolisation est essentielle dans la toxicité du benzène [7]. En effet, les métabolites responsables des effets toxiques sont formés à partir de l'époxybenzène très réactif par différentes voies d'oxydation (voir fig. 1 page suivante).

Les mêmes voies métaboliques semblent communes aux différentes espèces mais avec des variations quantitatives. La formation de dérivés conjugués est plus importante chez le rat que chez la souris. Des études par voie intra-péritonéale (ip) ou intra-veineuse (iv) indiquent que les primates métabolisent le benzène majoritairement en conjugués phénoliques, et l'oxydation en composés toxiques comme l'hydroquinone et l'acide trans,trans-muconique est moindre que chez la souris. Chez l'homme, les enzymes des cytochromes P450 sont présentes avec une grande variabilité inter-individuelle, et *in vitro* l'activité des différentes enzymes du métabolisme du benzène varie d'un facteur 3 selon les individus avec des valeurs comprises entre celles du rat et de la souris [8].

Divers produits peuvent interférer avec le métabolisme du benzène. L'éthanol et, de façon moins claire, le phénobarbital stimulent le métabolisme du benzène. À l'inverse, le toluène inhibe par compétition la transformation du benzène en phénol. Par ailleurs, l'administration répétée de benzène à faible dose réduit l'activité du CYP2E1.

Élimination chez l'animal

Après inhalation, ingestion ou application cutanée, le benzène se retrouve principalement tel quel dans l'air expiré et sous forme métabolisée dans les urines. Chez la souris, après ingestion de faibles quantités, 90 % de la dose est excrétée dans les urines alors que pour des doses plus élevées, une proportion plus importante est exhalée sous forme non métabolisée, ce qui indique une saturation du métabolisme du benzène.

Lors d'une exposition chronique, l'élimination pulmonaire varie entre 10 et 50 % de la quantité absorbée ; elle se poursuit au moins 24 heures après l'arrêt de l'exposition. Les phénols urinaires correspondent au métabolisme de 30 à 40 % du benzène et sont à 90 % sous forme sulfoconjuguée. Les métabolites conjugués de l'hydroquinone, du catéchol et l'acide muconique sont également présents dans l'urine.

La quantité urinaire de benzène non métabolisé représente moins de 1 % du benzène administré.

L'élimination urinaire se poursuit pendant 24 à 36 heures.

Une faible quantité de métabolites glucuroconjugués peut également être retrouvée dans les fèces après passage dans la bile.

Surveillance biologique de l'exposition

Différents paramètres sont proposés pour évaluer l'exposition au benzène : dosage dans le sang du benzène ; dosage dans les urines du benzène, de l'acide trans,trans-muconique (t,t-MA) et de l'acide S-phénylmercapturique (S-PMA) ; dosage dans l'air expiré du benzène.

Pour confirmer une exposition au benzène du jour même, on peut utiliser :

- le dosage de l'acide trans,trans-muconique urinaire et celui de l'acide S-phénylmercapturique urinaire, prélèvements réalisés en fin de poste de travail ;
- le dosage du benzène urinaire et sanguin immédiatement en fin de poste ; pour ces deux dosages, il faut se méfier d'une contamination du prélèvement et rechercher un tabagisme.

Ces paramètres sont spécifiques et sensibles (avec une sensibilité meilleure pour le S-PMA permettant d'apprécier des expositions de l'ordre de 1 % de la VLEP-8h).

Sont retenues comme BEI (Biological Exposure Index) de l'ACGIH : l'acide trans,trans-muconique urinaire et l'acide S-phénylmercapturique urinaire.

Voir Recommandations § Au point de vue médical [22].

Schéma métabolique

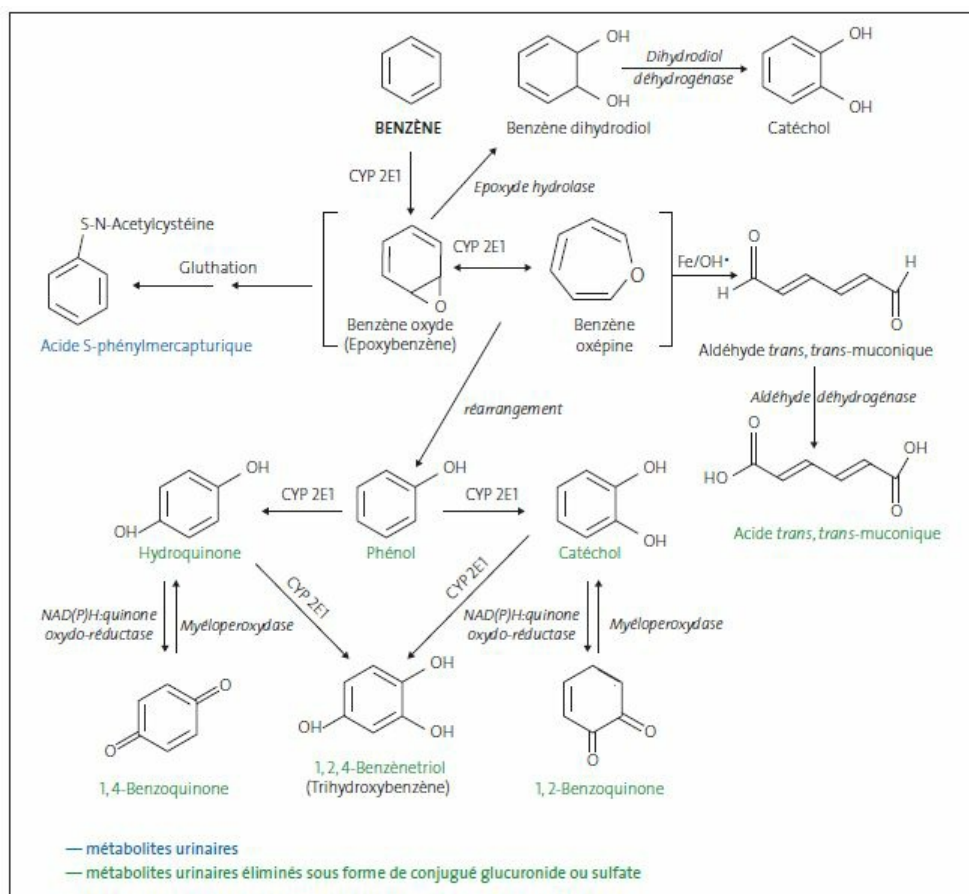


Fig. 1. Métabolisme du benzène [9]

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[1]

La toxicité aiguë du benzène est faible par voie orale, inhalatoire ou cutanée mais il provoque des irritations persistantes sur la peau et l'œil.

Les données de DL50 par voie orale chez les rongeurs varient entre 810 et 10 000 mg/kg mais la DL50 se situe vraisemblablement autour de 5 000 mg/kg, avec une sensibilité accrue des jeunes rats (DL50 de 3 400 mg/kg chez les rats âgés de 14 jours).

Par voie cutanée, la DL50 chez le lapin et le cobaye est supérieure à 8260 mg/kg.

La CL50 par inhalation est de 13 700 ppm pour une exposition de 4 heures chez le rat et de 10 400 ppm pour 7 heures chez la souris.

L'inhalation est responsable :

- d'effets neurologiques centraux : excitation, mouvements anormaux, tremblements, puis somnolence à partir de 2000 ppm chez la souris (durée non précisée) ;
- d'effets hématologiques : diminution des cellules souches chez la souris exposée à 4680 ppm pendant 8 heures ;
- d'effets cardiaques : troubles de l'excitabilité chez le chat et le lapin exposés à une atmosphère saturée en benzène.

L'application de benzène sur la peau de cobaye et de lapin entraîne une irritation cutanée qui persiste plus de 72 heures. L'instillation oculaire de 0,10 mL de benzène induit une irritation de la cornée et de la conjonctive chez la souris, une irritation et une atteinte de la cornée persistante chez le lapin. Des cataractes ont été décrites chez le rat après exposition à 50 ppm pendant plus de 600 heures. Aucune donnée n'est disponible sur la sensibilisation.

Toxicité subchronique, chronique

[1]

Le principal organe cible du benzène est le système hématopoïétique et il provoque chez l'animal une diminution des taux de globules blancs, de globules rouges et de nombreuses cellules souches.

Les effets critiques après administration répétée de benzène se manifestent sur le système hématopoïétique, quelle que soit la voie d'administration.

Par inhalation chez la souris, des effets hématologiques sont observés à partir de 10 ppm. Le benzène induit une diminution des différentes cellules sanguines (globules blancs, globules rouges, plaquettes) ainsi qu'une diminution des cellules souches de la moelle osseuse, à différents stades de leur différenciation. Des effets sur la fonction immunitaire sont notés à partir de 30 ppm (diminution de la capacité de prolifération des lymphocytes en réponse à un mitogène, diminution de la production d'anticorps et retard dans la réponse des macrophages et cellules T à une infection bactérienne). Une dépression de l'activité neurocomportementale accompagnée d'une diminution de l'activité acétylcholinestérase dans le cerveau et le sang ont également été relevées chez les souris exposées à 12,52 ppm de benzène, 2 h/j pendant 30 jours.

Par inhalation chez le rat, une diminution des globules blancs et des lymphocytes est notée à partir de 300 ppm, 6 h/j, 5 jours par semaine, pendant 90 jours.

L'inhalation de benzène pendant 4 semaines ne modifie pas les fonctions immunitaires jusqu'à 200 ppm chez le rat.

Par voie orale chez la souris, le même type d'effets hématologiques est observé (leucopénie, diminution du taux de lymphocytes dose-dépendante à partir de 25 mg/kg/j, 5 j/semaine pendant 103 semaines). Des études de 4 semaines dans l'eau de boisson montrent également des effets neuromodulateurs : le benzène induit une stimulation de l'activité hypothalamique-hypophysaire-adrénocorticale (augmentation de la norépinéphrine dans l'hypothalamus et de l'ACTH/corticostérone dans le sang) à partir de 8 mg/kg/j et produit une augmentation des concentrations en dopamine, indoléamine sérotonine et en certaines catécholamines dans différentes parties du cerveau à partir de 31 mg/L.

Par voie orale chez le rat, le benzène induit une leucopénie ainsi qu'une diminution du taux de lymphocytes à partir de 200 mg/kg et 50 mg/kg chez les mâles exposés respectivement pendant 17 et 103 semaines, et à partir de 25 mg/kg chez les femelles. Une diminution des cellules lymphatiques dans la rate est également observée.

Effets génotoxiques

[1, 9]

Le benzène est génotoxique et il induit des aberrations chromosomiques et des micronoyaux in vivo chez l'animal. Les effets sont établis sur les cellules somatiques et sur les cellules germinales.

Une des particularités du benzène est que la plupart des résultats des tests *in vitro* sont négatifs : il n'exerce pas d'action mutagène directe sur les bactéries et des résultats variables sont obtenus sur les cellules de mammifères.

Cependant, *in vivo*, de nombreuses études indiquent clairement que le benzène induit des aberrations chromosomiques et des micronoyaux sur moelle osseuse chez l'animal. Par voie orale, le test du micronoyau est positif chez la souris à partir de 25 mg/kg après exposition unique ou répétée (4 mois) [10-11]. Par voie inhalatoire, des aberrations chromosomiques sont observées à partir de 10 ppm pendant 2 semaines chez le rat [12] ainsi que des micronoyaux après une exposition unique à 10 ppm chez la souris. L'induction de mutations a également été mise en évidence chez la souris dans les tissus de poumon et de rate mais pas dans le foie (mutation du gène de bactériophage *Lacl* chez la souris transgénique) [13]. Il est également constaté que des aberrations chromosomiques se produisent dans les cellules germinales chez la souris, à des doses similaires à celles induisant des effets sur les cellules somatiques [14].

Enfin, une étude par voie intrapéritonéale indique que le benzène a le potentiel d'induire des effets mutagènes à travers le placenta chez la souris.

Effets cancérogènes

[1, 3]

Des études par voies orale et inhalatoire montrent que le benzène est cancérogène chez l'animal. Les organes cibles sont le système hématopoïétique et différents tissus d'origine épithéliale, indiquant que le benzène est un cancérogène systémique.

La cancérogénicité a été examinée dans différentes études par voie orale et inhalatoire chez le rat et la souris. Les organes cibles semblent identiques quelles que soient les voies d'exposition.

Sur le plan hématologique, l'apparition de lymphomes est observée chez des souris exposées au benzène par inhalation (à partir de 300 ppm, 6 h/j, 5 j/semaine pendant toute la vie) et par voie orale (à partir de 25 mg/kg, 5 j/semaine pendant 103 semaines). En revanche, le rôle du benzène dans la survenue de leucémies et de myélomes n'est pas démontré chez l'animal. Les tumeurs de la glande de Zymbal sont les plus fréquemment retrouvées lors de l'administration orale chez le rat et la souris. Des cancers de la cavité buccale sont également observés chez le rat par voie orale à partir de 250 mg/kg. L'irritation locale pourrait être un facteur déclenchant. On observe également des tumeurs pulmonaires, de la glande de Harder (glande lacrymale présente chez certains animaux), de la glande préputiale, des glandes mammaires et des ovaires chez la souris, des tumeurs de la cavité nasale et de la peau chez le rat et, dans les deux espèces, des tumeurs hépatiques et du préstomac.

Effets sur la reproduction

[1, 17]

Les données animales montrent des dommages testiculaires mais ne permettent pas de conclure avec certitude sur un danger pour la fertilité et le benzène ne semble pas toxique pour le développement.

L'exposition de rats, cobayes et lapins mâles à une concentration atmosphérique de 80 ppm, 7 h/j, 5 j/semaine pendant 8 à 10 mois, provoque des lésions testiculaires. Chez la souris exposée à 300 ppm, 6 h/j, 5 j/semaine pendant 90 jours, on constate une atrophie et une dégénérescence des testicules, une diminution du nombre des spermatozoïdes et une augmentation du pourcentage de formes anormales. Dans une expérience menée chez le rat femelle exposé à une concentration atmosphérique de 10 ppm pendant 4 mois (temps d'exposition quotidien non précisé), il a été noté une diminution de la durée du cycle menstruel et une augmentation de la durée de la menstruation.

On ne dispose que de peu d'informations en ce qui concerne l'action du benzène sur la fertilité : un test de dominance létale est négatif chez le rat mâle après une injection intrapéritonéale de 0,5 mL/kg ; chez le rat femelle, l'exposition à 10 ppm pendant 4 mois (durée d'exposition quotidienne non précisée) ne semble pas avoir d'effet sur la fertilité.

Les études concernant les effets du benzène sur la gestation sont plus nombreuses. Le transfert placentaire est probablement important en raison du faible poids moléculaire et de la grande liposolubilité de la molécule. Chez la souris et le lapin, aucun effet embryolétal ni tératogène n'a été relevé, quelle que soit la voie d'administration, même aux doses de toxicité maternelle. Chez le rat, une fœtotoxicité s'exprime à fortes doses par une diminution du poids fœtal, des anomalies squelettiques et un retard d'ossification. Elle semble liée à la toxicité maternelle.

Toxicité sur l'Homme

Comme pour la plupart des solvants organiques, le benzène provoque des troubles digestifs et neurologiques, avec en cas d'ingestion, une pneumopathie d'inhalation. Le benzène est irritant pour la peau et induit des lésions oculaires superficielles. Les expositions répétées peuvent provoquer des troubles neurologiques (syndrome psycho-organique) et digestifs. La toxicité est avant tout hématologique : thrombopénie, leucopénie, aplasie médullaire mais surtout des hémopathies malignes et des lymphopathies. L'union européenne a classé le benzène cancérigène pour l'homme. Des effets génotoxiques sont observés en cas d'exposition professionnelle. Des effets sur la fonction de reproduction sont rapportés ; les effets sur la grossesse mal caractérisés en dehors d'une fréquence accrue d'avortements.

Toxicité aiguë

[3, 15, 19]

Le benzène partage la toxicité aiguë de tous les solvants hydrocarbonés. L'ingestion provoque : des troubles digestifs (douleurs abdominales, nausées, vomissements), des troubles neurologiques (troubles de conscience, ivresse puis somnolence pouvant aller jusqu'au coma, convulsions à très hautes doses) et une pneumopathie d'inhalation (due à l'inondation des voies respiratoires par le produit et aggravée par les vomissements éventuels).

Lors d'intoxications par inhalation, les mêmes symptômes neurologiques apparaissent pour des concentrations variables selon les individus ; les chiffres suivants sont donnés à titre indicatif : pas d'effet à 25 ppm, céphalées et asthénie de 50 à 100 ppm, symptômes plus accentués à 500 ppm, tolérance seulement pendant 30 à 60 minutes à 3000 ppm, mort en 5 à 15 minutes à 20 000 ppm. Des convulsions sont observées aux plus hautes doses.

En application cutanée, le benzène est irritant. La projection oculaire de solutions de benzène entraîne une sensation modérée de brûlure mais seulement des lésions peu importantes et transitoires des cellules épithéliales.

Toxicité chronique

Toxicité non hématologique [7, 16, 17]

L'inhalation de benzène provoque des troubles neuropsychiques communs à ceux observés avec les autres solvants et regroupés sous le terme « syndrome psycho-organique » : irritabilité, diminution des capacités d'attention et de mémorisation, syndrome dépressif, troubles du sommeil... Des troubles digestifs, tels que nausées, vomissements, épigastralgies, peuvent être observés. Par contact cutané prolongé, le benzène entraîne des irritations locales.

Aucune étude n'a prouvé la responsabilité du benzène dans la genèse des cancers autres que ceux du système hématopoïétique et lymphopoiétique.

Troubles hématologiques non malins [16, 19, 20]

Le rôle du benzène dans la survenue d'hémopathies non malignes est prouvé par de nombreuses études individuelles et épidémiologiques. D'après les résultats de ces dernières, le seuil de toxicité semble pouvoir être fixé, pour des groupes, à 10 ppm ; toutefois cette valeur n'exclut pas la possibilité de survenue d'anomalie pour des expositions plus faibles.

La thrombopénie est le signe le plus précoce et le plus fréquent de l'intoxication. Une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose, une anémie ou, beaucoup plus rarement, une polyglobulie peuvent également être notées. La difficulté d'interprétation des anomalies modérées (liée à la variabilité intra-individuelle, inter-individuelle et raciale des paramètres de la numération formule sanguine et à la difficulté d'en définir la normalité) justifie néanmoins une certaine prudence. Les anomalies évoluent dans la grande majorité des cas vers la régression à l'arrêt de l'exposition : elles ne seraient que très rarement le prélude à une hémopathie plus sévère.

L'aplasie médullaire benzénique est devenue exceptionnelle en France depuis l'application des mesures de prévention prévues par la réglementation. Le délai d'apparition de la maladie par rapport au début de l'exposition varie de quelques mois à plusieurs dizaines d'années. D'après certains, une première atteinte sanguine par le benzène favoriserait la survenue d'une aplasie médullaire après réexposition. Cette aplasie, précédée pendant plus ou moins longtemps d'une hypoplasie, peut débuter sur une seule lignée (plaquettaire ou blanche) avant de se généraliser. Le médullogramme est typiquement pauvre ; mais parfois il est initialement normal ou riche : hyperplasie granuleuse et mégacaryocytaire, augmentation des éléments jeunes et immatures. En cas de guérison, l'évolution peut se faire vers une leucémie dans un délai variable (de plusieurs années souvent).

Hémopathies malignes et lymphopathies [3, 16, 17, 21]

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) considère qu'il existe des indices suffisants de cancérogénicité chez l'homme (le benzène figure dans le groupe 1). L'Union européenne a également classé le benzène cancérigène chez l'homme.

De très nombreux rapports de cas et plusieurs études épidémiologiques de cohortes attestent le pouvoir leucémogène du benzène pour des expositions extrêmement variables (< 1 ppm à > 100 ppm) ; le benzène n'est pas toujours l'unique polluant des postes de travail concernés.

D'après certains, une leucémie benzénique serait toujours précédée de troubles non malins ; plusieurs cas de leucémies après guérison d'épisodes antérieurs d'anomalies sanguines induites par le benzène ont été décrits. Le type myélocytaire est le plus fréquent. On a mis en évidence une relation dose-effet entre l'importance de l'exposition en ppm/mois et l'incidence des leucémies ; par contre, aucun lien n'a été trouvé entre l'apparition de leucémies et l'importance des pics maximum d'exposition (envisagés indépendamment de l'exposition cumulée), l'âge à la première exposition au benzène, la durée d'exposition et le délai écoulé entre le début de l'exposition et la survenue de la maladie. Plusieurs problèmes demeurent cependant non résolus : en effet, différentes observations suggèrent la responsabilité du benzène dans d'autres types de leucémies : leucémies lymphoïdes chroniques, leucémies aiguës lymphoïdes, leucémies myéloïdes chroniques, leucémies aiguës myéloïdes non myélocytaires. Il persiste toutefois des incertitudes ; l'incidence des leucémies benzéniques diminue en raison de la baisse des concentrations atmosphériques en milieu professionnel et du nombre d'exposés ; aucune étude épidémiologique ne pourra donc mettre en évidence avec une puissance suffisante ces effets potentiels. Par ailleurs, la forme de la relation dose-effet et une dose seuil éventuelle ne peuvent être définies, faute d'étude avec métrologie correcte.

D'après une étude épidémiologique réalisée en Chine, des travailleurs exposés pendant 10 ans à des colles contenant du benzène avaient un risque plus élevé (4,2 ; 1,1 - 15,9) de développer un lymphome non hodgkinien [12].

Effets génotoxiques

[16 à 18]

Les études conduites chez des sujets modérément exposés sont le plus souvent négatives ; on n'a pas détecté d'augmentation des lésions chromosomiques pour des concentrations atmosphériques inférieures à 15 ppm. Cependant, les résultats de ces enquêtes sont souvent difficilement interprétables en raison de la fréquence des poly-expositions à des toxiques potentiellement mutagènes, de la faiblesse des effectifs et des insuffisances de la métrologie.

Lors d'expositions professionnelles plus importantes, des aberrations chromosomiques lymphocytaires ou des instabilités chromosomiques sont presque constantes ; ces anomalies peuvent persister plusieurs années après l'exposition, la fréquence des lésions chromosomiques n'a pas été relevée (les données métrologiques sont parfois incomplètes).

En conclusion, aucune relation ne peut être actuellement établie entre les types de lésions chromosomiques observées *in vitro* et les effets sur la santé, ni même entre l'existence de lésions chromosomiques et la survenue ultérieure éventuelle d'un état pathologique.

Effets sur la reproduction

Dans une étude sur un nombre restreint de femmes exposées à un mélange de benzène, toluène et xylènes à des concentrations atmosphériques moyennes en benzène de 8,8 ppm (0,90 - 876,47), des modifications des taux de FSH et de métabolites estrogéniques suggèrent une possible action de ces solvants sur l'axe hypothalamo-hypophysaire [23].

Chez la femme, des troubles menstruels, surtout hémorragiques, sont rapportés par plusieurs publications mais on ne sait pas s'ils sont indépendants de la pathologie hématologique, et la méthodologie de ces études n'est pas toujours précisée. Dans une étude, l'incidence des troubles menstruels est liée à la durée d'exposition [18, 24].

Les résultats de plusieurs études suggèrent une possible altération du sperme chez des sujets exposés à des mélanges de solvants hydrocarbonés dont le benzène. La responsabilité de chaque solvant ne peut être individualisée [27, 28].

Lors de la grossesse, le transfert placentaire est prouvé : la concentration en benzène au sang du cordon chez le nouveau-né est au moins égale à celle de la mère exposée au produit. Aucun élément ne permet de conclure à une tératogénicité ou à une fœtotoxicité.

Quelques études suggèrent une fréquence accrue des avortements chez les femmes exposées au benzène ; l'exposition fréquente à des risques professionnels variés et des problèmes méthodologiques rendent l'interprétation de ces enquêtes souvent difficile [18, 25]. Dans une étude de cohorte, il n'a pas été mis en évidence de liaison entre l'exposition professionnelle du père au benzène et un risque d'avortement spontané [26].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 3^e trimestre 2011

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B)

- Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227-42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Décret 96-1010 modifié du 19 novembre 1996 (JO du 24 novembre 1996) relatif aux appareils destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2006-133 du 9 février 2006.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 1999/38/CE du Conseil du 29 avril 1999 (*JOCE* du 1^{er} juin 1999).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableaux n° 4, 4bis et 84.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Surveillance médicale post-professionnelle

- Article D. 461-25 du Code de la sécurité sociale.
- Arrêté du 28 février 1995 (*JO* du 22 mars 1995) fixant le modèle-type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen dans le cas du suivi post professionnel : annexe 1 et annexe 2 modifiée par l'arrêté du 6 décembre 2011 (*JO* du 15 décembre 2011).

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.
- Femmes enceintes ou allaitant : article D. 4152-10 du code du Travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (*JO* du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) **substance** benzène :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 modifié du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (L 353, *JOUE* du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du benzène harmonisés selon les deux systèmes (règlement et directive 67/548/CEE) figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Liquides inflammables, catégorie 2 ; H 225
 - Cancérogénicité, catégorie 1A ; H 350
 - Mutagénicité sur les cellules germinales, catégorie 1B ; H 340
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 1 ; H 372 (**)
 - Danger par aspiration, catégorie 1 ; H 304
 - Lésions oculaires graves/irritation oculaire, catégorie 2 ; H 319
 - Corrosion/irritation cutanée, catégorie 2 ; H 315

(**) Selon les règles de classification préexistante, la classification s'appliquait pour une voie d'exposition donnée uniquement dans les cas où il existait des données justifiant la classification en fonction de cette voie. Le règlement CLP prévoit que la voie d'exposition ne doit être indiquée dans la mention de danger que s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie ne peut conduire au même danger. Faute d'informations sur les voies d'exposition non classées (absence de données ou absence d'effet), la classification préexistante a été convertie en classification CLP mais sans précision de voie d'exposition".

- selon la directive 67/548/CEE
 - Facilement inflammable ; R 11
 - Cancérogène, catégorie 1 ; R 45
 - Mutagène, catégorie 2 ; R 46
 - Toxique ; R 48/23/24/25
 - Nocif ; R 65
 - Irritant ; R 36/38

b) **mélanges** (préparations) contenant du benzène :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1^{er} juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Interdiction / Limitations d'emploi

- Décret n° 87-729 du 28 août 1987 : interdiction de mettre à la disposition du public des dissolutions de caoutchouc et des colles à boyaux renfermant plus de 0,2 % en poids de benzène.
- Arrêté du 7 août 1997 (*JO* du 17 août 1997) : interdiction de mise sur le marché ou d'importation à destination du public du benzène et des préparations en renfermant 0,1 % ou plus.

- Article R. 4412-162 du Code du travail : interdiction d'employer des dissolvants ou diluants renfermant plus de 0,1 % en poids de benzène (sauf lorsqu'ils sont utilisés en vase clos).
- Règlement (UE) n° 552/2009 de la Commission du 22 juin 2009 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 5 : benzène).

Protection de la population

Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :

- détention dans des conditions déterminées (article R. 5132-66) ;
- étiquetage (cf. Classification et étiquetage) ;
- cession réglementée (articles R. 5132-58 et R. 5132-59).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE. Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html). Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-des-marchandises-.html).

Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

En raison de la toxicité du benzène et, notamment, de ses propriétés cancérigènes, des mesures sévères de prévention s'imposent et des exigences particulières sont à respecter lors de son stockage et de sa manipulation.

Au préalable, l'employeur doit étudier la possibilité de remplacer le benzène par une autre substance moins dangereuse pour la santé des travailleurs. Lorsque la substitution est techniquement impossible, il prendra les mesures nécessaires pour éviter ou, à défaut, réduire le plus possible l'exposition au benzène.

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le benzène dans des locaux spéciaux, frais et bien ventilés, de préférence à l'extérieur, à l'abri des rayonnements solaires et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol des locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel le liquide ne puisse se répandre au-dehors.
- Interdire de fumer.
- Mettre le matériel notamment le matériel électrique, y compris l'éclairage, en conformité avec la réglementation en vigueur.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.
- Fermer hermétiquement les récipients et les étiqueter correctement.
- Les locaux seront balisés par une signalisation rappelant la nature du produit. Seul le personnel autorisé et informé pourra y pénétrer.
- Équiper les locaux de détecteurs de fuite et de systèmes d'alarme.
- Prévoir, à proximité immédiate des locaux, des équipements de protection individuelle et des appareils de protection respiratoire pour intervention d'urgence.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le benzène. En outre :

- Instruire le personnel des dangers présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales feront l'objet d'exercices d'entraînement.
- Limiter, au strict besoin de l'activité, le nombre de personnes susceptibles d'être exposées au benzène.
- Limiter les quantités de benzène sur le lieu de travail.
- Le benzène, les dissolvants ou diluants en renfermant plus de 0,1 % en poids ne doivent être utilisés qu'en appareil clos conformément à l'article R. 4412-162 du Code du travail.
- Ne pas utiliser d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du produit.
- Contrôler régulièrement la teneur de l'atmosphère en benzène. Faire réaliser un contrôle technique annuel par un organisme accrédité afin de vérifier le respect de la valeur limite réglementaire de 1 ppm (3,25 mg/m³).
- Empêcher l'inhalation de vapeurs. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée, à caractère exceptionnel ou pour des interventions d'urgence.
- Empêcher le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des équipements de protection individuelle : vêtements de travail, gants (par exemple en alcool polyvinyle) ; certaines matières telles que le caoutchouc naturel, le caoutchouc butyle, le caoutchouc nitrile, le néoprène sont à éviter [35] et lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.
- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.

- Ne pas fumer, boire ou manger dans les ateliers. Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : passage à la douche, lavage soigneux des mains après manipulation et changement de vêtements après le travail, rangement séparé des vêtements de ville et des vêtements de travail. L'employeur assurera l'entretien et le lavage fréquent des vêtements de travail qui devront rester dans l'entreprise.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du benzène sans prendre les précautions d'usage [36].
- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer immédiatement le produit après l'avoir recouvert de matériau absorbant inerte (sable, terre). Laver ensuite à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié. Dans tous les cas, ne pas autoriser les travailleurs non indispensables et non protégés à rester dans la zone polluée.
- Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le benzène.
- Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation (incinération contrôlée, par exemple).

Au point de vue médical

À l'embauchage et lors des examens périodiques

- Les recommandations et les instructions techniques destinées aux médecins du travail assurant la surveillance médicale des salariés exposés au benzène, sont décrites dans l'arrêté du 6 juin 1987 (pris en application du décret du 13 février 1986 abrogé en 2001 ; depuis, les nouvelles dispositions visant à limiter l'exposition à des agents cancérogènes introduisent également une nouvelle valeur limite réglementaire pour le benzène, cinq fois plus basse : 1 ppm soit 3,5 mg/m³).
- L'arrêté précise la nature et la fréquence des examens cliniques et biologiques à l'embauchage et lors des examens périodiques. En outre, il donne des valeurs de référence et l'interprétation des résultats pour les examens hématologiques ainsi que les contre-indications et les causes d'inaptitude aux postes de travail exposant au benzène.

Surveillance biologique

Les dosages urinaires de l'acide *trans,trans*-muconique (*t,t*-MA) et de l'acide *S*-phénylmécapturique (*S*-PMA) en fin de poste de travail sont à privilégier, bien corrélés à l'exposition au benzène du jour même. Le *S*-PMA urinaire est un paramètre plus spécifique et plus sensible (permettant d'apprécier des expositions de l'ordre de 1 % de la VLEP-8h) que le *t,t*-MA urinaire (très utile pour des expositions de l'ordre de 10 % de la VLEP-8h mais soumis à de larges variations individuelles liées en partie à un facteur de confusion l'acide sorbique, conservateur de produits cosmétiques et pharmaceutiques, additif alimentaire).

L'ACGIH a établi des valeurs de référence pour la population professionnellement exposée (BEI) pour l'acide *trans,trans*-muconique urinaire à 500 µg/g. créatinine en fin de poste et pour l'acide *S*-phénylmécapturique urinaire à 25 µg/g. créatinine en fin de poste.

Il existe une valeur guide française pour l'acide *trans,trans*-muconique urinaire en fin de poste mais cette valeur n'a pas été revue depuis 1997 (alors que la VLEP-8h a été divisée par 5).

En cas d'accident

- En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation cutanée apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une surveillance médicale s'imposera.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau ou au sérum physiologique pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.
- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.
- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.
- Dans les deux cas, placer la victime en position latérale de sécurité si elle est inconsciente ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer la respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer en milieu hospitalier, si nécessaire par ambulance médicalisée, où pourront être entrepris une aspiration gastrique éventuelle, une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardiovasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs si besoin est.

Bibliographie

- 1 | Benzène. European Union Risk Assessment Report. European Chemicals Bureau, draft ; 2003 (esis.jrc.ec.europa.eu).
- 2 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology, 4th ed., vol. 4. New York : John Wiley and sons ; 1992 : 73-99.
- 3 | IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. Lyon : International agency for research on cancer ; 1982, vol. 29 : 93-127 ; 1987, suppl. 7 : 120-122.
- 4 | Benzène. In : Base de données HSDB. NLM, 2004 (toxnet.nlm.nih.gov).
- 5 | Henderson RF - Aromatic hydrocarbons - benzene and other alkylben- zene. Patty's toxicology. 5th ed., vol. 4. Eula Bingham, Barbara Cohrssen, Charles H. Powell. New York : John Wiley and sons ; 2001 : 231-260.
- 6 | Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH ; 2001. Benzene 24 p ; également TLVs and BEIs, ACGIH ; 2003.
- 7 | Valentine J-L, Lee S-S, Seaton M-J et al. - Reduction of benzene metabolism and toxicity in mice that lack CYP2E1 expression. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1996 ; 141 : 205-213.
- 8 | Schlosser P-M, Kenyon E-M, Seaton M-J et al. - Determinants of benzene metabolism and disposition. *CIIT Activities* ; 1995 ; 15 (6) : 1-9.
- 9 | Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ; 1997. Toxicological profile for benzene. Atlanta, GA : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service (www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html).
- 10 | Au W-W, Cantelli-Forti G, Hrelia Pet al. - Cytogenetic assays in genotoxic studies : Somatic cell effects of benzene and germinal cell effects of dibromochloropropane. *Teratog CarcinMutag*, 1990 ; 10 : 125-134.
- 11 | Macgregor J-T, Wehr C-M, Henika P-R et al. - The in vivo erythrocyte micronucleus test : Measurement at steady state increases assay efficiency and permits integration with toxicity studies. *Fundamental Applied Toxicology*, 1990 ; 14 : 513-522.
- 12 | Fujie K, Ito Y, Maea S - Acute cytogenetic effect of benzene on rat bone marrow cells in vivo and the effect of inducers or inhibitors of drug-metabolizing enzymes. *Mutation Research*, 1992 ; 298 : 81-90.

- 13 | Mullin A-H, Rando R, Esmundo F et al. - Inhalation of benzene leads to an increase in the mutant frequencies of a lacI transgene in lung and spleen tissues of mice. *Mutation Research*, 1995 ; 327 : 121-129.
- 14 | Ciranni R, Barale R, Adler I-D - Dose-related clastogenic effects induced by benzene in bone marrow cells and in differentiating spermatogonia of Swiss CD1 mice. *Mutagenesis*, 1991 ; 6 (5) : 417-421.
- 15 | Grant M - Toxicology of the eye, 3th ed. Springfield : Charles C. Thomas ; 1986 : 140-141.
- 16 | Wright A-P et al. - Une revue de littérature récente sur la toxicologie du benzène. Bruxelles : European Chemical Industry Ecotoxicology & Toxicology Centre, rapport technique n° 16, décembre 1964 (traduction française réalisée par Chimie et Ecologie, Paris, juin 1987).
- 17 | Truhaut R - Compte rendu et résolutions finales du « Workshop » international sur la toxicologie du benzène. *Arch. Mal. Prof.*, 1977 ; 38 : 967-968.
- 18 | Barlow S-M, Sullivan F-M - Reproductive hazards of industrial chemicals. Londres : Academic Press ; 1982 : 83-103.
- 19 | Garnier R - Hydrocarbures aromatiques. In : Bismuth C et al. - Toxicologie clinique. Paris : Flammarion Médecine-sciences ; 2000 : 760-764.
- 20 | Normand J-C, Bergeret A, Prost G - Benzène. Paris : Encyclopédie médico-chirurgicale, Toxicologie, Pathologie professionnelle, 16046-B-10 ; 1997 : 7p.
- 21 | Wong O - An industry wide mortality study of chemical workers occupationally exposed to benzene. T-General restes. II-Dose response analyses. *British Journal of industrial medicine*, 1987 ; 44 : 365-381 et 382-395.
- 22 | Benzène. In : BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (www.inrs.fr/biotox).
- 23 | Chen H, Wang Xet Xu L - Effects of exposure to low-level benzene and its analogues on reproductive hormone secretion in female workers. *Chin. J. Prev. Med.*, 2001 ; 35, 2 : 83-86.
- 24 | Huang X-Y et al. - Influence on benzene and toluene to reproductive function of female workers in leathershoe-making industry. *Chin. J. Prev. Med.*, 1991 ; 25 (2) : 89-91.
- 25 | Xu Xet al. - Association of petrochemical exposure with spontaneous abortion. *Occupational and Environmental Medicine*, 1998 ; 55 : 31 et suivantes.
- 26 | Stucker I et al. - Occupational paternal exposure to benzene and risk of spontaneous abortion. *Occupational and Environmental Medicine*, 1994 ; 51 : 475-478.
- 27 | Kawas G et al. - Male reproductive effects of solvent and fuel exposure during aircraft maintenance. *Reproductive Toxicology*, 1999 ; 13, 3 : 155-166.
- 28 | De Celis Ret al. - Semen quality of workers occupationally exposed to hydrocarbons. *Fertility and sterility*, 2000 ; 73 (2) : 221-228.
- 29 | Norme NF X43-267. Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse de gaz et vapeurs organiques. Prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvant. Paris, AFNOR, 2004 (en cours de révision).
- 30 | Hydrocarbures aromatiques. Fiche 012. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 31 | Mélange de vapeurs d'hydrocarbures en C6 à C12. Fiche 055. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 32 | Hydrocarbures, aromatique. Method 1501. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th ed. NIOSH, 2003 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 33 | Prélèvement passif sur badge Gabie®. Fiche C. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2007 (en cours de révision) (www.inrs.fr/metropol/).
- 34 | MDHS 80. Volatile organic compounds in air - Laboratory method using diffusive solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography. HSE, 1995 (www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/).
- 35 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th ed. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2007 : 203 p.
- 36 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAMTS R 435. Paris : INRS ; 2008.

Auteurs

N. Bonnard, M. Falcy, D. Jarqot, E. Pasquier

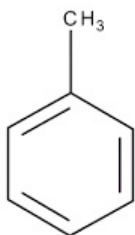
Toluène

Fiche toxicologique n°74

Généralités

Edition _____ Édition 2012

Formule :



Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C7H8	Nom	Toluène
	Numéro CAS	108-88-3
	Numéro CE	203-625-9
	Numéro index	601-021-00-3
	Synonymes	Méthylbenzène



TOLUÈNE

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H361d - Susceptible de nuire au fœtus
- H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H373 - Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
203-625-9

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

ATTENTION : pour les mentions de danger H361 et H373, se reporter à la section "Réglementation".

Caractéristiques

[1 à 3]

- Intermédiaire de synthèse pour la fabrication de nombreux produits : benzène et xylènes, phénol, nitrotoluène, diisocyanate de toluylène (TDI), chlorure de benzyle, benzaldéhyde, acide p-toluènesulfonique, vinyltoluène, etc.
 - Solvant pour peintures, vernis, encres d'imprimerie, colles, cires, etc. ; solvant d'extraction dans l'industrie cosmétique, l'industrie pharmaceutique.
- Par ailleurs, le toluène est utilisé, non isolé, en mélange avec le benzène et les xylènes, comme additif de carburants pour en améliorer l'indice d'octane. Il est présent dans certains produits pétroliers.

Propriétés physiques

[1, 2, 3, 5]

Le toluène est un liquide incolore, mobile, d'odeur aromatique.

Il est pratiquement insoluble dans l'eau (0,535 g/l à 25 °C), miscible à de nombreux solvants organiques (acétone, oxyde de diéthyle, chloroforme, éthanol...), soluble dans l'acide acétique glacial.

C'est un excellent solvant pour un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (huiles, graisses, résines).

Nom Substance	Détails	
Toluène	Formule	C 7 H 8
	N° CAS	108-88-3
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	92,14
	Point de fusion	- 95 °C
	Point d'ébullition	110,6 °C
	Densité	0,867
	Densité gaz / vapeur	3,14
	Pression de vapeur	3 kPa à 20 °C 3,8 kPa à 25 °C
	Point d'éclair	4 °C (en coupelle fermée)
	Température d'auto-inflammation	535 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1,2% limite supérieure : 7,1%
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	2,65

À 20 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 3,83 mg/m³

Propriétés chimiques

[1, 2, 3]

Le toluène est un produit stable dans les conditions normales d'utilisation.

Il réagit avec de nombreux composés organiques. Les réactions peuvent être violentes avec des produits tels que l'acide nitrique concentré, le dichlorure de soufre, le trifluorure de brome, des mélanges acide nitrique/acide sulfurique. Le toluène peut former des mélanges explosifs avec le tétranitrométhane.

Il peut réagir vivement avec les oxydants forts (risque d'incendie et d'explosion).

Il ne corrode pas les métaux usuels. Par contre, certaines matières plastiques subissent des dégradations au contact du toluène : caoutchouc naturel, caoutchouc nitrile, polychloroprène, polyéthylène, PVC notamment, mais pas les polymères fluorés.

Réipients de stockage

Le stockage du toluène s'effectue généralement dans des récipients métalliques.

Le verre est également utilisé pour de petites quantités ; les bonbonnes seront protégées par une enveloppe plus résistante, convenablement ajustée.

Les emballages en matière plastique (à l'exception des polymères fluorés) sont déconseillés.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires **contraignantes** dans l'air des locaux de travail ont été établies en France pour le toluène (article R. 4412-149 du Code du travail).

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
Toluène	France (VLEP réglementaire contraignante - 2012)	20	76,8	100	384
Toluène	Union européenne	50	192	100	384

Toluène	États-Unis (ACGIH - 2007)	20	75	-	-
Toluène	Allemagne (valeur MAK)	50	190	-	-

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement au travers d'un tube rempli de charbon actif ou d'un autre adsorbant (Anasorb[®] 747). Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption au sulfure de carbone seul [26, 27, 28, 32] ou en mélange avec du N,N-diméthylformamide [31] ou du méthanol et du dichlorométhane [30].
- Prélèvement passif par diffusion sur un badge rempli de charbon actif ou d'un autre adsorbant (Anasorb[®] 747). Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption au sulfure de carbone seul [29, 33] ou en mélange avec du N,N-diméthylformamide [28].
- Prélèvement au travers d'un tube à désorption thermique rempli d'adsorbant solide Chromosorb ou Tenax TA. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption thermique [34].
- L'utilisation d'un appareil à réponse instantanée équipé d'un tube réactif colorimétrique, par exemple DRAEGER (Toluène 5/b, 50/a) ou GASTEC (Toluène 122 et 122L), est possible en première approche, mais n'assure toutefois ni la sélectivité ni la précision nécessaire à une comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

Incendie - Explosion

[1, 2]

Le toluène est un liquide très inflammable (point d'éclair en coupelle fermée = 4°C). Les vapeurs sont plus denses que l'air. Elles peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les poudres chimiques et les mousses spéciales.

L'eau n'est pas recommandée ; on pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu important.

Refroidir à l'aide d'eau pulvérisée les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

Les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes et de combinaisons de protection spéciales.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[3, 6]

Le toluène suit un métabolisme comparable chez l'homme et l'animal : il est bien absorbé par les tractus gastro-intestinal et respiratoire et, à un degré moindre, par voie cutanée ; il se distribue dans les tissus riches en lipides, en particulier le cerveau ; il est éliminé tel quel dans l'air expiré et, après transformation, dans l'urine, majoritairement sous forme d'acide hippurique.

Chez l'animal

Absorption chez l'animal

Chez l'homme et l'animal, l'absorption respiratoire est rapide, le toluène apparaît dans le sang après 10 à 15 minutes d'exposition, avec une forte corrélation, pendant et après l'exposition, entre la concentration alvéolaire et la concentration sanguine. L'absorption (environ 50 % de la concentration) est fortement influencée par le taux de ventilation pulmonaire. Chez le rat, les pics sanguin et cérébral sont atteints après 53 et 58 minutes respectivement.

Le toluène est absorbé complètement par le tractus gastro-intestinal de l'homme et du rat avec, chez ce dernier, une vitesse inférieure à l'absorption pulmonaire : le pic sanguin est atteint après 2 heures.

Il est absorbé lentement à travers la peau humaine (14 à 23 mg/cm² /h) avec des variations individuelles importantes. Chez l'animal, le taux de pénétration cutanée est faible pour le toluène liquide et pratiquement inexistant pour la forme vapeur (4,6 µg/cm² /h pour la souris nue exposée à 1000 ppm). Sur la peau de rat, *in vitro*, la pénétration est de 0,78 µg/cm² /min.

Distribution chez l'animal

Dans le sang, le toluène est réparti entre les globules rouges, où il est fixé à l'hémoglobine, et le sérum avec une partition 1 :1 chez l'homme et 1 :2 chez le rat.

Le toluène se distribue dans les tissus riches en lipides et fortement vascularisés comme le cerveau, en particulier la matière blanche, la moelle osseuse, la moelle épinière, le foie, le tissu adipeux et les reins. La concentration dans le cerveau semble plus importante que dans le sang ; le tissu adipeux joue le rôle de réservoir. Le toluène passe aisément la barrière placentaire du rat, sa concentration dans le fœtus est environ 75 % de celle du sang maternel. Il est sécrété dans le lait maternel chez l'homme et l'animal.

Métabolisme chez l'animal

Le toluène (80 % de la dose absorbée) est oxydé dans le foie par les monoxygénases à cytochrome P450 (CYP2E1, CYP2B6, CYP2C8, CYP1A2, et CYP1A1), en alcool benzylque, benzaldéhyde puis acide benzoïque qui est conjugué avec la glycine, pour former l'acide hippurique (83 - 94 % des métabolites urinaires), ou avec l'acide glucuronique, pour former le benzylglucuronide (3 à 9 % des métabolites urinaires). Une faible partie (environ 1 %) est oxydée en ortho-, méta-, et para-crésol qui sont conjugués avec des sulfates ou l'acide glucuronique (voir figure 1). Les acides S-benzylmercapturique et S-p-toluylmercapturique sont des métabolites urinaires mineurs, identifiés chez l'homme.

Le toluène, à partir de 1000 ppm chez le rat, est inducteur des enzymes hépatiques à cytochrome P450 de son propre métabolisme.

Élimination chez l'animal

Chez l'homme, l'élimination sanguine du toluène suit une courbe triphasique avec des demi-vies d'environ 2 min, 30 min et 3,5 h. L'exposition à de fortes concentrations provoque l'apparition d'une 4^{ème} phase, de demi-vie de 20 à 90 h, qui correspondrait à l'élimination du toluène stocké dans les tissus adipeux. Chez le rat, la courbe d'élimination sanguine est biphasique avec des demi-vies de 6 et 90 min. L'élimination du toluène stocké dans les tissus adipeux est beaucoup plus rapide que chez l'homme.

Chez l'homme comme chez l'animal, le toluène est éliminé dans l'air expiré sous forme inchangée (10 - 20 %) et dans l'urine (80 %) sous forme métabolisée (acide hippurique (60 - 70 %), benzoylglucuronide (10 - 20 %), acides mercapturiques ou crésols conjugués). Une très faible quantité (0,06 %) du toluène absorbé par inhalation est éliminée sous forme inchangée dans l'urine.

Chez le rat, exposé par inhalation, une petite quantité (< 2 %) de la dose absorbée est éliminée par la bile dans les intestins où elle est réabsorbée ; de ce fait, les fèces ne contiennent que des quantités négligeables de toluène ou de ses métabolites.

L'alcool éthylique inhibe la majorité des voies métaboliques du toluène, provoquant une diminution de l'excrétion d'acide hippurique et une augmentation de l'élimination de toluène inchangé dans l'air exhalé. Une coexposition toluène/xylène provoque, par compétition métabolique, une augmentation des concentrations sanguines et cérébrales de toluène.

Surveillance biologique de l'exposition

Différents paramètres sont proposés pour évaluer l'exposition au toluène : dosage dans le sang du toluène ; dosage dans les urines du toluène, de l'ortho-crésol et de l'acide hippurique et dosage dans l'air expiré du toluène.

Pour confirmer l'exposition, on peut utiliser :

- le dosage du toluène sanguin en fin de semaine et début de poste, reflet de l'exposition de la semaine de travail, ainsi que le dosage du toluène urinaire en fin de poste, reflet de l'exposition du jour même ; ces deux paramètres sont spécifiques et sensibles ;
- le dosage de l'o-crésol urinaire, prélèvement réalisé en fin de poste et fin de semaine de travail, reflet de l'exposition de la semaine de travail.

Étant donné ses faibles sensibilité et spécificité, le dosage de l'acide hippurique est peu utile pour des expositions inférieures ou égales à 50 ppm.

Sont retenues comme BEI (Biological Exposure Index) de l'ACGIH : le toluène sanguin et urinaire et l'o-crésol urinaire (Voir Recommandations § Au point de vue médical).

Schéma métabolique

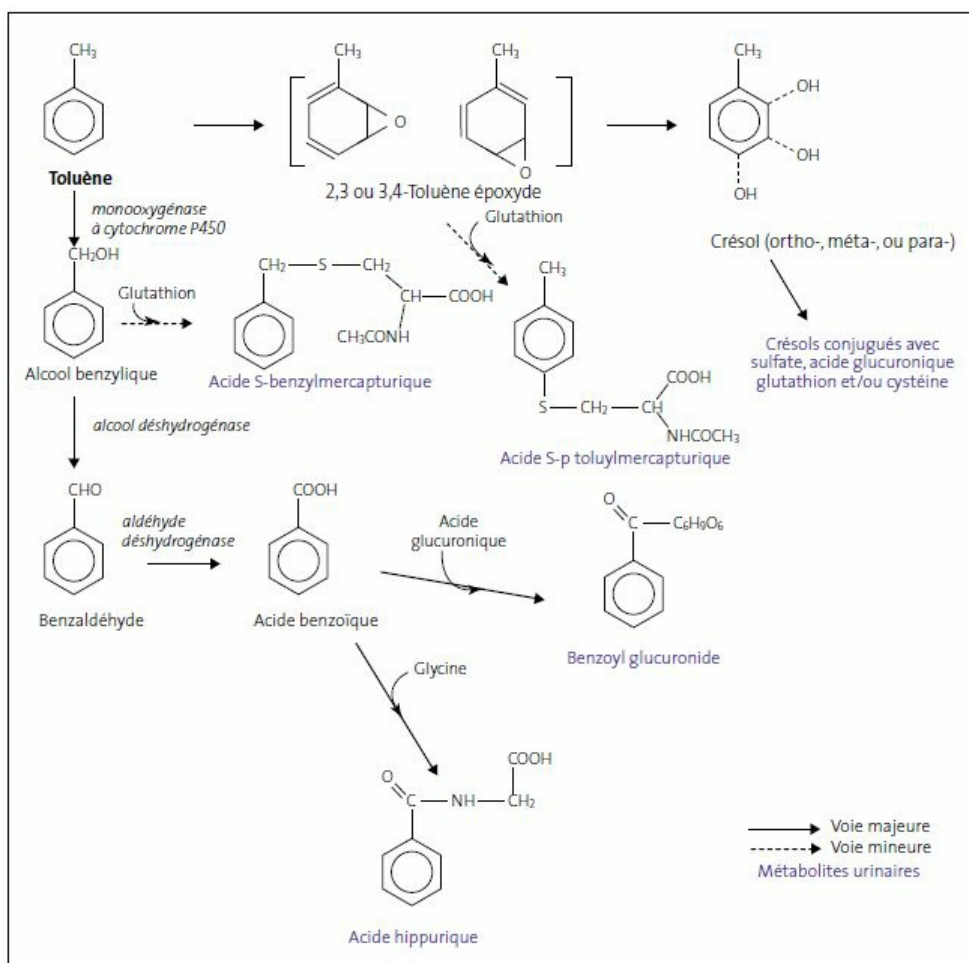


Fig. 1. Métabolisme du toluène chez l'homme et l'animal (d'après [3, 4])

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[3, 5 à 7]

Le toluène a une faible toxicité aiguë ; sa cible première est le système nerveux central. Il est irritant pour la peau, les yeux et le système respiratoire.

La CL50 chez le rat est de 28,1 mg/l/4 h (7500 ppm/4 h) ou de 4618 ppm/6 h et chez la souris de 19,9 à 27,9 mg/l/4 h (5308 - 7440 ppm/4 h) ou de 5320 ppm/7 h ; chez le rat, la DL50 orale est de 5300 à 7400 mg/kg et la DL50 cutanée, chez le lapin, est de 12 400 mg/kg.

Chez le rat et la souris, les symptômes initiaux (hyperactivité, irritation des membranes muqueuses, avec écoulement nasal et lacrymal, et des voies respiratoires supérieures, avec augmentation de la fréquence respiratoire) sont suivis de narcose, ataxie, altération de la fonction cognitive, perte d'équilibre et modifications neurochimiques ; les animaux meurent par arrêt respiratoire suite à une dépression profonde du système nerveux central. À des concentrations supérieures à 2000 ppm, une forte corrélation a été montrée entre l'intensité de cette dépression et le taux de toluène dans le cerveau.

On note aussi des modifications hématologiques (baisse du nombre de leucocytes et augmentation de l'hématocrite, du taux de glucose et de la résistance des érythrocytes à la lyse chez le rat exposé à 2500 ppm) et hépatiques (augmentation de poids du foie, augmentation des enzymes hépatiques impliqués dans le métabolisme du toluène chez le rat, la souris et le lapin exposés à 795 ppm).

Le toluène est irritant pour la peau du lapin, de la souris et du cobaye. La sévérité de l'irritation cutanée induite chez le lapin augmente avec le temps jusqu'à 72 h (érythème modéré et œdème léger) sans réversibilité à 7 jours [8a].

Il est légèrement irritant pour l'œil du lapin, rougeur de la conjonctive et chemosis apparaissent dans les 72 heures et persistent pendant 24 heures [9] ; le rinçage après 4 et 30 secondes ne modifie pas l'intensité de l'irritation [8b].

Le toluène est irritant pour le tractus respiratoire à forte concentration : chez la souris, la RD50 est de 12 650 à 19 875 mg/m³ (3373 à 5300 ppm) [10, 11].

Il n'est pas sensibilisant pour le cobaye (test de maximisation).

Toxicité subchronique, chronique

[3, 5 à 7]

En exposition prolongée ou répétée, le toluène provoque, chez le rat et la souris, une augmentation de poids de nombreux organes, une modification du taux de neurotransmetteurs, une neurotoxicité au niveau de l'hippocampe et du cervelet et une perte auditive.

Chez le rat, une exposition par inhalation de 15 semaines provoque, à partir de 1250 ppm, une augmentation du poids des reins et du foie et, à partir de 2500 ppm, une augmentation du poids corporel, cérébral, cardiaque, pulmonaire et testiculaire, ainsi qu'une dyspnée et une ataxie. Dans le foie, le toluène (1600 ppm, 8 h/j, 6 mois) induit une hypertrophie des zones centrolobulaires avec prolifération, en fonction de la dose, du réticulum endoplasmique dans les hépatocytes. Après une exposition pendant 2 ans, il se produit, à partir de 1500 ppm, une inflammation de la muqueuse nasale avec érosion de l'épithélium olfactif, métaplasie et dégénérescence de l'épithélium respiratoire. La NOAEL (concentration sans effet toxique observé) est de 625 ppm pour une exposition de 6,5 h/j, 5 j/sem pendant 15 semaines ou de 300 ppm pendant 2 ans.

Par voie orale, le toluène induit, chez le rat et la souris, à des concentrations supérieures à 2500 mg/kg/j, piloérection, larmoiements et salivation excessifs, prostration, hypoactivité, ataxie, augmentation du poids relatif et absolu du foie, des reins et du cœur. La NOAEL par voie orale, pour le rat et la souris, est de 625 mg/kg/j pendant 13 semaines.

Dans le cerveau du rat, il provoque des modifications neurologiques (nécrose neuronale dans l'hippocampe et le cervelet à des concentrations inhalatoires supérieures ou égales à 1500 ppm, ou orales supérieures ou égales à 1250 mg/kg/j) et neurochimiques (modification des taux de noradrénaline, dopamine et 5-hydroxytryptamine dans diverses régions cérébrales à des concentrations supérieures ou égales à 500 ppm).

Le toluène occasionne, chez le rat, par voie inhalatoire, orale ou sous-cutanée, une perte auditive irréversible mise en évidence par une diminution de la réponse au bruit, des modifications électrophysiologiques et des lésions morphologiques des cellules ciliées externes de la cochlée. Les effets morphologiques et fonctionnels sont effectifs après une exposition de 5 jours à 1400 ppm et s'intensifient avec le temps [12a].

Mode d'action :

Les effets neurologiques, comme la dépression du système nerveux central et la narcose, découlent, au moins en partie, d'interactions réversibles entre le toluène (lui-même et non ses métabolites) et les composants membranaires (lipides et protéines) des cellules nerveuses cérébrales ; le prétraitement des rats par le phénobarbital augmente le métabolisme du toluène et raccourcit la durée de la narcose. Cette interaction, si elle est répétée, pourrait modifier l'activité de certains enzymes impliqués dans la synthèse et/ou la dégradation des neurotransmetteurs ; le taux de ces derniers à certains endroits du cerveau est responsable des effets neurologiques produits. La perte auditive est, elle aussi, liée à l'action du toluène lui-même : un prétraitement par le phénobarbital prévient cet effet alors qu'une co-exposition avec l'éthanol, qui inhibe le métabolisme du toluène, l'augmente [12b].

Effets génotoxiques

Les tests de génotoxicité effectués avec le toluène donnent des résultats variables in vitro et négatifs in vivo.

In vitro, les résultats sont négatifs pour le test d'Ames sur *S. typhimurium*, pour les tests de réparation de l'ADN dans les bactéries, de conversion génique chez *S. cerevisiae*, ou d'effets génotoxiques chez la drosophile. Dans les cellules en culture, il induit des cassures simple brin de l'ADN (hépatocytes de rat) mais pas de lésion ou de réparation de l'ADN (fibroblastes humains), il augmente le taux de mutation (cellules de lymphome de souris) mais pas le taux de transformation morphologique (embryon de hamster Syrien) ; en absence d'activateur métabolique, il ne provoque pas d'échanges entre chromatides sœurs ou d'aberrations chromosomiques (cellules ovariennes de hamster chinois ou lymphocytes humains).

In vivo, le toluène n'induit pas de modification significative dans les tests pour lesquels l'absence de contamination par le benzène a été mesurée (dommage cytogénétique de la moelle osseuse des rongeurs ou lésion de l'ADN dans les cellules sanguines, médullaires ou hépatiques de la souris). De plus, il n'est pas mutagène pour le sperme de souris (mesure d'anomalie induite dans la tête spermatique ou test de létalité dominante).

Administré simultanément au benzène, chez le rat et la souris par voie orale, intrapéritonéale ou sous-cutanée, il réduit le nombre d'échanges entre chromatides sœurs et la fréquence des micronoyaux induits par ce dernier.

Effets cancérogènes

[3, 6, 13 à 15]

Le toluène n'est cancérigène ni chez le rat par inhalation, ni chez la souris par inhalation et par voie cutanée.

Le toluène n'est pas cancérigène chez le rat et la souris exposés par inhalation jusqu'à 1200 ppm, 6,5 h/j, 5 j/sem, pendant 2 ans. Il provoque des lésions non néoplasiques de la cavité nasale ainsi qu'une néphropathie chez le rat et une hyperplasie de l'épithélium bronchique et des adénomes de l'hypophyse chez la souris. Par voie orale, chez le rat (gavage, 500 mg/kg/j, 4 - 5 j/sem, 2 ans), il induit une augmentation de néoplasmes lymphoréticulaires. Les résultats par voie cutanée chez la souris sont en général négatifs.

Le toluène est peu ou pas promoteur chez la souris après initiation par le 7,12-diméthylbenzanthracène ; il inhibe la cancérogenèse cutanée chez la souris, après initiation par le benzo[a]pyrène ou le 7,12-diméthylbenzanthracène et promotion par le phorbol-12-myristate-13-acétate.

Effets sur la reproduction

[3, 6, 14]

Le toluène n'altère pas la fertilité du rat ou de la souris. Une étude montre qu'il est toxique pour le développement à des concentrations non toxiques pour les mères mais qu'il n'est pas tératogène in vivo ou dans les tests pratiqués in vitro .

Le toluène donne des résultats négatifs dans trois tests de tératogenèse *in vitro* (attachement cellulaire des cellules tumorales d'ovaire de souris, inhibition de la croissance cellulaire des cellules embryonnaires de mésenchyme palatal, inhibition de la synthèse de protéoglycans dans les cellules murines de bourgeon embryonnaire de membre).

Il n'affecte pas la fertilité de la souris dans un test de létalité dominante, ni celle du rat dans une étude sur 2 générations (jusqu'à 2000 ppm, 6 h/j, 7 j/sem, 80 jours avant accouplement, 15 jours d'accouplement, du 1^{er} au 20^{ème} jour de gestation et du 5^{ème} au 21^{ème} jour de lactation). Il n'a pas d'effet sur la morphologie spermatique ou la cytologie vaginale du rat (1250 ppm, 6,5 h/j, 5 j/sem, 15 semaines) ou de ses petits exposés in utero (1200 ppm, 6 h/j, du 7^{ème} jour de gestation au 18^{ème} jour après la naissance [16]). Chez le rat mâle (2000 ppm), le poids relatif et absolu de l'épididyme est diminué sans modification histologique et le comptage spermatique est réduit de 20 % sans affecter la mobilité. À plus forte concentration (6000 ppm), le comptage, la mobilité et la qualité spermatique dans l'épididyme sont réduits sans modification de poids des testicules ou de la spermatogenèse testiculaire. Il n'y a pas de modification du taux des hormones après un mois d'exposition à cette concentration [17]. La NOAEL pour la fertilité est de 600 ppm.

Le toluène traverse la barrière placentaire et a été mesuré dans divers tissus fœtaux, avec une distribution qui est fonction de l'âge gestationnel. Administré par inhalation (100 à 2000 ppm, 6 à 24 h/j), il produit des effets semblables chez le rat et la souris : toxicité pour le développement en absence de toxicité maternelle, baisse du poids fœtal et du poids à la naissance, retard de développement postnatal et neurotoxicité mise en évidence par des effets sur le comportement (augmentation de l'activité spontanée et affaiblissement des fonctions cognitives), mais pas de malformation. Le toluène n'est pas toxique lors de l'exposition par le lait maternel. La NOAEL pour le développement est de 600 ppm (2 250 mg/m³) pour le rat et de 400 ppm (1500 mg/m³) pour la souris [18].

Une toxicité maternelle (ataxie, hyperactivité, baisse de poids) est observée chez des rates gestantes exposées à 1 500 et 3 000 ppm (6 h/j, du 6^{ème} au 15^{ème} jour de gestation) ; une diminution du poids moyen des fœtus est rapportée pour ces mêmes concentrations [22]. Des diminutions des poids maternel et fœtal ont aussi été rapportées chez des rates exposées à 1 500 ppm (6 h/j, du 6^{ème} au 20^{ème} jour de gestation) [23].

Toxicité sur l'Homme

L'exposition aiguë est responsable d'une dépression du système nerveux central, de troubles digestifs et d'une pneumopathie (en cas d'ingestion). Une irritation de la peau et des yeux réversible peut être notée. L'exposition répétée peut être à l'origine de signes neurologiques centraux (psychosyndrome organique, altération de l'audition et de la vision des couleurs). Des atteintes hépatiques et rénales ont également été rapportées. Une dermatose chronique peut être observée en cas de contact répété. Les tests de génotoxicité sont généralement négatifs et il n'y a pas de donnée suffisante sur un effet cancérigène du toluène chez l'Homme. Une augmentation du nombre de fausses-couches et une foetotoxicité ont été décrites.

[13, 19, 20]

Toxicité aiguë

La toxicité aiguë du toluène est commune à celle des hydrocarbures pétroliers liquides distillant en dessous de 300°C.

L'ingestion de toluène entraîne :

- des troubles digestifs : douleurs abdominales, nausées puis vomissements suivis de diarrhées ;
- une dépression du système nerveux central : syndrome ébrieux puis troubles de conscience ;
- une pneumopathie d'inhalation dont les premiers signes sont radiologiques : dans les 8 heures suivant l'ingestion, apparaissent des opacités floconneuses avec bronchogramme aérien, le plus souvent localisées aux lobes moyen et inférieur droits ; les signes cliniques sont plus tardifs : toux, dyspnée, fièvre régressant en 2 ou 3 jours en l'absence de surinfection. Des arrêts respiratoires ont été décrits.

Les connaissances relatives à l'intoxication par voie pulmonaire résultent principalement des observations rapportées après des intoxications aiguës et des études menées chez le volontaire sain.

Les effets essentiels du toluène s'exercent sur le système neurologique central. En principe, ils sont réversibles. Une exposition accidentelle à plus de 10 000 ppm pendant quelques minutes est responsable initialement d'euphorie et d'hallucination, puis de troubles de la conscience et de coma.

Chez des sujets volontaires jeunes, l'inhalation de 100 ppm pendant une période de 8 heures entraîne des troubles modérés à type de fatigue parfois accompagnés de céphalées, de vertiges et d'un endormissement.

Il s'y ajoute à 200 ppm une faiblesse musculaire, des paresthésies et quelques altérations des fonctions cognitives ; à 300 ppm, une insomnie dans la nuit qui succède à l'exposition ; à 400 ppm, une confusion mentale et des troubles de coordination.

À 500 ppm, apparaissent des nausées ; à 600 ppm, on observe une sensation de vertige, une démarche chancelante.

D'après certains auteurs, une exposition à 40 ppm pendant 5 à 6 heures n'entraînerait aucun signe d'intoxication.

L'altération des fonctions psychomotrices dépend de la concentration et de la durée d'exposition. Lors d'une exposition à 100 ppm pendant 20 minutes, le temps de réaction simple n'est pas modifié ; il est augmenté pour une exposition à 300 ppm pendant la même durée et s'élève davantage lors d'une exposition pendant 3 à 7 heures à des concentrations supérieures ou égales à 200 ppm. Ces chiffres résultent d'études sur des groupes d'individus jeunes et en bonne santé. Les signes se majorent en cas d'exercice physique et il n'y a pas d'accoutumance à l'exposition au toluène vis-à-vis d'une intoxication aiguë en cas d'exposition chronique. Les conséquences de ces expositions aiguës au toluène sur l'activité électroencéphalographique sont diversement appréciées selon les études ; quand des altérations existent, elles sont toujours mineures. Des troubles de la mémoire et des changements de la personnalité peuvent être observés.

Une irritation oculaire et des voies aériennes supérieures apparaît pour des expositions à des concentrations de 100 à 400 ppm pendant 6 à 7 heures, accompagnée d'une hypersécrétion lacrymale.

Des modifications cardiovasculaires ont été rapportées après une exposition à 200 ppm pendant 7 heures : diminution de la fréquence cardiaque et de la pression diastolique. Dans certains cas, une augmentation de la fréquence cardiaque et une arythmie peuvent être constatées.

La toxicité hépato-rénale est décrite principalement chez les toxicomanes « sniffeurs » avec acidose métabolique et atteinte tubulaire rénale.

Le toluène est un solvant des lipides cutanés et les projections peuvent entraîner des dermatoses d'irritation. Aucune manifestation d'origine immuno-allergique n'a été signalée.

La projection oculaire de toluène liquide est responsable d'irritation conjonctivale voire d'atteinte cornéenne, réversibles en 48 heures.

Toxicité chronique

La voie respiratoire est la voie usuelle d'intoxication professionnelle. De façon générale, la toxicité à terme est modérée. La morbidité chez les personnes exposées pendant 10 à 20 ans à des concentrations de l'ordre de 20 à 200 ppm n'est pas corrélée à l'exposition. Le toluène n'entraîne en général pas d'effet spécifique qui le distingue des autres solvants.

Le syndrome psycho-organique est l'effet toxique chronique majeur du toluène ; les stades les plus avancés sont irréversibles. Il associe des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles sans troubles objectifs ni altération de l'électroencéphalogramme. Il a été décrit lors de l'exposition au toluène associé à d'autres solvants ; il l'a été également chez des typographes et des imprimeurs essentiellement exposés au toluène (300 à 450 ppm) pendant de nombreuses années : la fréquence serait alors de 20 à 40 %. Cependant, ces troubles ont été aussi rapportés pour des expositions plus faibles (100 à 200 ppm). Leur incidence augmente avec le niveau d'exposition, mais il n'existe pas d'évaluation statistique permettant d'établir une relation dose-réponse ; de même, la concentration sans effet n'a pas été déterminée.

Une toxicité neurosensorielle a également été observée. Chang et al. (2006) ont recherché le risque de perte d'audition chez 58 ouvriers exposés au bruit et au toluène (concentration d'exposition comprise entre 33 et 160 ppm) et 58 ouvriers exposés au bruit seul. Ils avaient aussi un groupe de 58 témoins de la même entreprise. Le groupe exposé au bruit et au toluène (quel que soit le niveau d'exposition) présentait des pertes auditives, dans les basses fréquences, plus importantes comparées au groupe exposé au bruit seul [24].

Paramei et al. (2004) ont réalisé une méta-analyse reprenant diverses études qui avaient évalué la discrimination des couleurs grâce à l'utilisation du test Lanthony D-15. Les auteurs ont confirmé l'augmentation de l'indice de confusion des couleurs retrouvé dans la majorité des études analysées. Toutefois, compte tenu de la grande dispersion des résultats, en partie due aux facteurs de confusion, il n'a pas été possible d'affirmer le rôle du solvant dans ces anomalies. Dans ces études, les expositions moyennes étaient généralement comprises entre 20 et 40 ppm, la durée d'exposition entre 6 et 18 ans [25].

Il n'existe pas d'étude épidémiologique établissant une neurotoxicité périphérique du toluène employé seul.

Les dépressions médullaires et leucémies rapportées lors d'expositions au toluène avant 1970 étaient dues en réalité à la présence de benzène à titre d'impureté. Depuis, de nombreuses études ont démontré que le toluène n'était pas responsable de ces effets. Les seules anomalies hématologiques observées ont été des modifications morphologiques leucocytaires de signification inconnue et des variations des concentrations d'enzymes leucocytaires et lymphocytaires pour des expositions professionnelles supérieures à 50 ppm.

La fréquence accrue d'hépatomégalies, constatée dans une étude chez des travailleurs exposés au toluène, n'a pas été confirmée par les travaux ultérieurs. Par ailleurs, certains auteurs rapportent une augmentation de fréquence des élévations des transaminases et des γ -GT parmi des groupes de sujets travaillant dans l'industrie du caoutchouc et dans l'imprimerie ; cependant, la responsabilité unique du toluène est discutable en raison de l'exposition concomitante à divers produits chimiques. Par contre, d'autres études récentes portant sur la surveillance de groupes de salariés exposés au toluène seul (parfois comparés à des sujets non exposés) n'ont pas montré d'élévation anormale des transaminases et des γ -GT, même lorsqu'il existait des troubles cliniques attribuables à l'exposition au toluène. Une autre étude prenant en compte les autres facteurs de risque hépatique ne montre pas d'action hépatotoxique du toluène, il n'augmente pas l'hépatotoxicité de l'éthanol.

Une atteinte tubulaire peut être constatée avec une acidose.

Le toluène est responsable de dermatoses d'irritation par action dégraissante et desséchante sur la peau en contact. Il n'entraîne pas de sensibilisation immuno-allergique.

Effets génotoxiques

Les tests de mutagénicité réalisés sur des travailleurs exposés sont généralement négatifs. Plusieurs études ne montrent pas de différence significative de la fréquence des échanges de chromatides sœurs ou des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulant entre les travailleurs exposés et des sujets non exposés. Seules deux études révèlent une augmentation de la fréquence des échanges de chromatides sœurs et des cassures chromosomiques chez des sujets exposés au toluène depuis plusieurs années à des concentrations de l'ordre de 200 à 300 ppm. Il semblerait que les effets synergiques du tabagisme n'aient pas été pris en considération dans l'interprétation des résultats.

Effets cancérogènes

Les preuves de cancérogénicité chez l'homme sont insuffisantes. Le toluène a été classé dans le groupe 3 par le CIRC [13].

Effets sur la reproduction

Le toluène a été classé comme produit pouvant avoir un risque possible sur la fonction de reproduction. Des anomalies de taux hormonaux sont constatées mais des biais méthodologiques existent et toutes les études ne concluent pas de façon identique. Il n'y a pas d'études adéquates sur une baisse significative du taux de spermatozoïdes.

Dans une étude, le toluène entraînerait par contre un risque de fausse couche tardive pour des niveaux d'exposition inférieurs à 100 ppm en cas d'exposition précoce au cours de la grossesse. Une co-exposition à d'autres solvants n'est cependant pas exclue.

En cas d'exposition chronique maternelle, il peut être constaté un retard de croissance intra-utérine. Un syndrome ressemblant à celui décrit dans le cas de l'alcoolisme fœtal avec présence de malformations (oreilles, cœur, face, reins et membres) plus ou moins marquées, un retard de croissance et des troubles neuro-comportementaux (déficit de l'attention, hyperactivité, acquisition retardée de la parole) est également observé, chez des enfants de mères toxicomanes. Des anomalies rénales spontanément résolutive sont également notées dans le même contexte.

Dans ces cas, néanmoins, la seule responsabilité du toluène ne peut être affirmée.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 2^{ème} trimestre 2012

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227-42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Décret 96-1010 modifié du 19 novembre 1996 (JO du 24 novembre 1996) relatif aux appareils destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2006/15/CE de la Commission du 7 février 2006 (JOCE du 9 février 2006).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableaux n° 4 bis et 84.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) **substance** toluène :

Le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008), dit « Règlement CLP », introduit dans l'Union européenne le nouveau système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du toluène, harmonisés selon les deux systèmes (règlement et directive 67/548/CEE), figurent dans l'annexe VI du règlement. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Liquides inflammables, catégorie 2 ; H 225
 - Toxicité pour la reproduction, catégorie 2 ; H 361d (***)
 - Danger par aspiration, catégorie 1 ; H 304
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 (*) ; H 373 (**)
 - Irritation cutanée, catégorie 2 ; H 315
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Effets narcotiques ; H 336.

(*) Cette classification est considérée comme une classification minimale ; La classification dans une catégorie plus sévère doit être appliquée si des données accessibles le justifient. Par ailleurs, il est possible d'affiner la classification minimum sur la base du tableau de conversion présenté en Annexe VII du règlement CLP quand l'état physique de la substance utilisée dans l'essai de toxicité aiguë par inhalation est connu. Dans ce cas, cette classification doit remplacer la classification minimale.

(***) La classification de ces substances fait état d'effets sur la fertilité ("F" ou "F") ou sur le développement ("D" ou "d"). Sauf preuves du contraire, les effets sur la fertilité ou sur le développement non mentionnés dans ces classifications ne peuvent néanmoins pas être exclus.

- selon la directive 67/548/CEE
 - Facilement inflammable ; R 11

- o Toxique pour la reproduction (développement), catégorie 3 ; R 63
- o Nocif ; R 48/20 - R 65
- o Irritant ; R 38
- o R 67.

b) **mélanges** (préparations) contenant du toluène :

- Règlement (CE) n° 1272/2008

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Interdiction / Limitations d'emploi

- Règlement (UE) n° 552/2009 de la Commission du 22 juin 2009 modifiant l'annexe XVII de règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses ; Point 48 toluène : ne peut être mis sur le marché, ni utilisé en tant que substance ou dans des mélanges à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % en poids dans les adhésifs et dans les peintures par pulvérisation destinés à la vente au public.

Protection de la population

- Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73 et articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :
 - o étiquetage (cf. § Classif. & étiquetage).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE. Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html). Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-des-marchandises-.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le toluène dans des locaux spéciaux, frais et bien ventilés, à l'abri des rayonnements solaires et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol des locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au-dehors.
- Interdire de fumer.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.
- Mettre le matériel notamment le matériel électrique, y compris l'éclairage, en conformité avec la réglementation en vigueur.
- Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le toluène. En outre :

- Instruire le personnel des dangers présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- Entreposer dans les ateliers des quantités de produit ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- Éviter l'inhalation de vapeurs. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire autonome isolant est nécessaire.
- Contrôler régulièrement la teneur de l'atmosphère en toluène.
- Éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des équipements de protection individuelle : vêtements de travail, gants imperméables (par exemple en polyalcool vinylique(PVL), Viton ® , Viton ® /caoutchouc butyle, Barrier ® , Silver Shield/4H ® , Trelchem ® HPS ou VPS, Tychem ® CPF 3, F, BR/LV, Responder ou TK ; certaines matières telles que le caoutchouc naturel, les caoutchoucs butyle, néoprène ou nitrile, le polyéthylène et Tychem ® SL (Saranex) sont déconseillées [36]) et lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du toluène sans prendre les précautions d'usage [37] .
- Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le toluène.
- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer immédiatement le produit après l'avoir recouvert de matériau absorbant inerte (sable, terre). Laver ensuite à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié.

- Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation (incinération contrôlée, par exemple).

Au point de vue médical

- À l'embauchage et aux examens périodiques, l'examen clinique comportera, entre autres, un examen cutanéomuqueux et une recherche de signes évoquant un syndrome psycho-organique débutant. Pour cela, des examens adaptés peuvent être pratiqués (tests psychotechniques, potentiels évoqués). On avertira les femmes désirant procréer du risque éventuel. Les femmes enceintes doivent être protégées du risque d'exposition au toluène [35].

Surveillance biologique

Le dosage du toluène urinaire en fin de poste est le paramètre le plus sensible, bien corrélé aux concentrations atmosphériques même à de faibles expositions (< 5 ppm). Le dosage du toluène sanguin en fin de semaine et début de poste est bien corrélé à l'intensité de l'exposition de la semaine de travail. Pour ces deux paramètres, il faut se méfier d'une contamination du prélèvement.

Le dosage urinaire de l'o-crésol en fin de semaine et fin de poste de travail reflète l'exposition de la semaine de travail. Ce paramètre est le moins sensible dans la mesure où les corrélations avec les concentrations atmosphériques inférieures à 10 ppm ne sont pas très bonnes.

LACGIH a établi des valeurs de référence pour la population professionnellement exposée (BEI) pour l'o-crésol urinaire en fin de poste à 0,3 mg/g créatinine, pour le toluène sanguin avant le dernier poste de la semaine à 0,02 mg/L, et pour le toluène urinaire en fin de poste à 0,03 mg/L.

Il existe des valeurs guides françaises pour ces paramètres : o-crésol et acide hippurique urinaires et toluène sanguin et urinaire, mais ces valeurs n'ont pas été revues depuis 1997. Des propositions de valeurs limites biologiques ont été publiées par l'ANSES [21].

Conduite à tenir en cas d'exposition aiguë

- Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison régional ou de services de secours médicalisés d'urgence.
- En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une consultation médicale s'imposera.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau, les paupières bien écartées, pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.
- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.
- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et ne pas faire ingérer de lait ou de matières grasses ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.
- Dans les deux derniers cas, si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer les manœuvres de respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer, si nécessaire par ambulance médicalisée, en milieu hospitalier, où pourra être effectuée une radiographie du thorax. Une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardiovasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs, peuvent s'avérer nécessaires.

Bibliographie

- 1 | Toluene - European Union Risk Assessment Report. Vol 30. European Chemical Bureau, 2003 (esis.jrc.ec.europa.eu/orats).
 - 2 | Kirk Othmer - Encyclopedia of chemical technology. 5th edition. Vol. 25. New York : John Wiley and Sons ; 2007 : 350-389.
 - 3 | Toxicological Profile for Toluene - tp56. ATSDR, 2000 (www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp).
 - 4 | Chemical summary for toluene prepared by Office of Pollution Prevention and Toxics. US : Environmental Protection Agency (EPA) ; 1994. (www.epa.gov/opptintr/chemfact¹).
 - 5 | NIOSH criteria documents. Criteria for a recommended standard : occupational exposure to toluene. DHHS (NIOSH), Publication n° 73-11023 ; 1973. (www.cdc.gov/niosh/73-11023.html).
 - 6 | Toxicity summary for toluene. Toxicity profiles, Risk Assessment Information System ; 1994. (risk.lsd.ornl.gov/tox/rap_toxp.shtml²).
 - 7 | IRIS summary for toluene. EPA, 2001. (www.epa.gov/iris/subst/0118.htm).
 - 8 | Guillot J-Pet al. - a. - Evaluation of the cutaneous-irritation potential of 56 compounds. *Food and Chemical Toxicology* , 1982 ; 20 : 563-572.
b.- Evaluation of the ocular-irritation potential of 56 compounds. *Food and Chemical Toxicology* . 1982 ; 20 : 573-582.
 - 9 | Sugai S, Murata K, Kitagaki T, Tomita I - Studies on eye irritation caused by chemicals in rabbits. - 1. A quantitative structure-activity relationships approach to primary eye irritation of chemicals in rabbits. *Journal of Toxicological Sciences* . 1990 ; 15 : 245-262.
 - 10 | De Ceaurriz J, Micillino J, Bonnet P, Guenier JP - Sensory irritation caused by various industrial airborne chemicals. *Toxicology Letters* . 1981 ; 9 : 137-143.
 - 11 | Nielsen GD, Alarie Y - Sensory irritation, pulmonary irritation, and respiratory stimulation by airborne benzene and alkylbenzenes : prediction of safe industrial exposure levels and correlation with their thermodynamic properties. *Toxicology and Applied Pharmacology* . 1982 ; 65 : 459-477.
 - 12 | Campo P et al. - a. - Toluene-induced hearing loss : A mid-frequency location of the cochlear lesions. *Neurotoxicology and Teratology* . 1997 ; 19 : 129-40.
b.- Combined effects of simultaneous exposure to toluene and ethanol on auditory function in rats. *Neurotoxicology and Teratology* . 1998 ; 20 : 321-332.
 - 13 | Toluene. In : IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon : IARC. 1999 ; 71 : 829-864 (monographs.iarc.fr).
 - 14 | Toluene. In : Environmental Health Criteria 52. Genève ; World Health Organization (OMS) ; 1985 : 146 p.
- ¹<http://www.epa.gov/opptintr/chemfact>
²http://risk.lsd.ornl.gov/tox/%20rap_toxp.shtml
- 15 | Toxicology and carcinogenesis studies of toluene (Cas n° 108-88-3) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies). Toxicity Review TR-371, NTP ; 1990. (ntp-server.niehs.nih.gov/hdocs/LT-studies/tr371.html).
 - 16 | Dalgaard M et al. - Developmental toxicity of toluene in male rats : effects on semen quality, testis morphology, and apoptotic neurodegeneration. *Archives of Toxicology* . 2001 ; 75 (2) : 103-109.

- 17 | Ono Aet al. - Toluene inhalation induced epididymal sperm dysfunction in rats. *Toxicology* . 1999 ; 139 (3) : 193-205.
- 18 | Wilkins-Haug L - Teratogen update : toluene. *Teratology*. 1997 ; 55 : 145-151.
- 19 | Lauwerys RR - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 4^e éd. Paris : Masson ; 1999.
- 20 | Toluène. In : BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (www.inrs.fr/bio-tox ³).
- 21 | Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel. Évaluation des indicateurs biologiques d'exposition au toluène et fixation de valeurs limites biologiques ou de valeurs biologiques de référence. Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective, mai 2011 (www.anses.fr).
- 22 | Roberts LG et al. - Developmental and reproductive toxicity evaluation of toluene vapor in the rat II. *Developmental toxicity. Reprod. Toxicol.* . 2007 ; 23 (4) : 521-531.
- 23 | Saillenfait AM et al. - Developmental toxic effects of ethylbenzene or toluene alone and in combination with butyl acetate in rats after inhalation exposure. *Journal of Applied Toxicology*. 2007 ; 27 : 32-42.
- 24 | Chang SJ, Chen CJ, Lien CH, Sung FC - Hearing loss in workers exposed to toluene and noise. *Environ Health Perspect* . 2006, 114(8) : 1283-1286.
- 25 | Paramei GV, Meyer-Baron M, Seeber A - Impairments of colour vision induced by organic solvents : a meta-analysis study. *Neurotoxicology* . 2004 ; 25(5) : 803-816.
- 26 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse de vapeurs organiques. Prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvant. Norme NF X 43-267. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2011 : 49 p.
- 27 | Hydrocarbures aromatiques. Fiche 012. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 28 | Mélange de vapeurs d'hydrocarbures en C6 à C12. Fiche 055. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 29 | Prélèvement passif sur badge Gabie[®] . Fiche C. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2007 (www.inrs.fr/metropol/).
- 30 | BIA 7732-Kohlenwasserstoffe, aromatisch. BIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag (2005).
- 31 | Toluene. Method 111. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1988 (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html).
- 32 | Hydrocarbons, aromatic. Method 1501. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 2003 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 33 | Toluene (diffusive sampler). Method 4000. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 1994 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 34 | Benzène, Toluène Xylène sur tubes à désorption thermique. Fiche 101 à paraître. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, (www.inrs.fr/metropol/).
- 35 | Toluène. DEM 60. In : DEMETER. Documents pour l'évaluation médicale des produits toxiques vis-à-vis de la reproduction. INRS, 2010.
- 36 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th edition. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2001 : 1223 p.
- 37 | Cuves et réservoirs - Recommandations CNAMTS R 435 ; 2008.
- ³<http://www.inrs.fr/bio-tox>

Auteurs

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, M. Falcy, D. Jargot, D. Lafon, B. La Rocca, O. Schneider

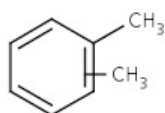
Xylènes

Fiche toxicologique n°77

Généralités

Edition _____ 2009

Formule :



Substance(s)

Nom	Détails	
o-Xylènes	Numéro CAS	95-47-6
	Numéro CE	202-422-2
	Numéro index	601-022-00-9
	Synonymes	1,2-Diméthylbenzène
m-Xylène	Numéro CAS	108-38-3
	Numéro CE	203-576-3
	Numéro index	601-022-00-9
	Synonymes	1,3-Diméthylbenzène
p-Xylène	Numéro CAS	106-42-3
	Numéro CE	203-396-5
	Numéro index	601-022-00-9
	Synonymes	1,4-Diméthylbenzène
Xylène (mélange d'isomères)	Numéro CAS	1330-20-7
	Numéro CE	215-535-7
	Numéro index	601-022-00-9
	Synonymes	Diméthylbenzène



XYLÈNES

Attention

- H226 - Liquide et vapeurs inflammables
- H332 - Nocif par inhalation
- H312 - Nocif par contact cutané
- H315 - Provoque une irritation cutanée

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
215-535-7

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

ATTENTION : pour les mentions de danger H312 et H332, se reporter à la section "Réglementation".

Le xylène technique contient des pourcentages variables d'isomères et d'éthylbenzène. Le m-xylène est toujours le constituant principal.

Caractéristiques

[1 à 3]

Le xylène technique est un solvant très utilisé dans les industries suivantes :

- fabrication de peintures, vernis, colles et encres d'imprimerie ;
- préparation d'insecticides et de matières colorantes ;
- industrie du caoutchouc ;
- industrie des produits pharmaceutiques.

Les isomères interviennent en synthèse organique pour la fabrication de l'anhydride phtalique (o-xylène), de l'acide isophtalique (m-xylène), de l'acide téréphtalique (p-xylène).

Par ailleurs, les xylènes sont des constituants de certains carburants et solvants pétroliers.

Propriétés physiques

[1 à 8]

Les xylènes sont des liquides incolores, mobiles, d'odeur caractéristique agréable, perceptibles à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 1 ppm. Ils sont pratiquement insolubles dans l'eau (0,02 % en poids à 20 °C), mais miscibles à la plupart des solvants organiques. En outre, ce sont de très bons solvants des graisses, cires, résines...

Nom Substance	Détails	
o-Xylène	N° CAS	95-47-6
	Masse molaire	106,16
	Point de fusion	- 25 °C
	Point d'ébullition	144,4 °C
	Densité	0,880
	Densité gaz / vapeur	3,7
	Pression de vapeur	0,133 kPa à - 3,8 °C 1,33 kPa à 31,2 °C 13,33 kPa à 81,3 °C
	Indice d'évaporation	13,5
	Point d'éclair	27 °C
	Température d'auto-inflammation	460 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1% limite supérieure : 6%
m-Xylène	N° CAS	108-38-3
	Masse molaire	106,16
	Point de fusion	- 47,7 °C
	Point d'ébullition	139,1 °C
	Densité	0,8642
	Densité gaz / vapeur	3,7
	Pression de vapeur	0,133 kPa à - 6,9 °C 1,33 kPa à 28,3 °C 13,33 kPa à 76,8 °C
	Indice d'évaporation	13,5
	Point d'éclair	29 °C
	Température d'auto-inflammation	530 °C

	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1,1% limite supérieure : 7%
p-Xylène	N° CAS	106-42-3
	Masse molaire	106,16
	Point de fusion	13,4 °C
	Point d'ébullition	138,4 °C
	Densité	0,8611
	Densité gaz / vapeur	3,7
	Pression de vapeur	0,133 kPa à - 8,1 °C 1,33 kPa à 27,3 °C 13,33 kPa à 75,9 °C
	Indice d'évaporation	13,5
	Point d'éclair	27 °C
	Température d'auto-inflammation	530 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1,1% limite supérieure : 7%

Propriétés chimiques

[1, 4, 7, 9]

Dans les conditions normales d'emploi, les xylènes sont des produits stables. Ils réagissent avec de nombreux composés et constituent d'ailleurs des matières premières importantes en synthèse organique.

Les xylènes peuvent réagir vivement avec les agents fortement oxydants.

Les métaux usuels sont insensibles à l'action des xylènes. En revanche, certains caoutchoucs et matières plastiques (caoutchouc naturel, butyle, nitrite, polychloroprène, polyéthylène...) ne sont pas appropriés au contact des xylènes.

Récipients de stockage

Le stockage des xylènes peut s'effectuer dans des récipients en acier ou en aluminium. Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les bonbonnes seront protégées par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle **contraignantes** dans l'air des locaux de travail ont été établies en France pour les xylènes (art. R. 4412-149 du Code du travail) (voir tableau ci-après).

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
Xylènes	France (VLEP contraignante)	50	221	100	442
Xylènes	Union européenne	50	221	100	442
Xylènes	États-Unis (ACGIH)	100	-	150	-
Xylènes	Allemagne (Valeurs MAK)	100	440	-	-

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement par pompage de l'atmosphère au travers d'un tube rempli de charbon actif. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption au sulfure de carbone seul [35 à 42] ou en mélange avec du méthanol et du dichlorométhane [40].
- Prélèvement passif par diffusion sur un badge rempli de charbon actif ou d'Anasorb® 747. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption au sulfure de carbone seul [38, 41].
- Prélèvement au travers d'un tube à désorption thermique rempli d'adsorbant solide Chromosorb ou Tenax TA. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme après désorption thermique [42].
- Utilisation d'appareils à réponse instantanée équipés des tubes réactifs colorimétriques Draeger (Xylène 10/a), Gastec (Xylène 123 ou Toluène 122L) ou MSA (Tol-5 ou Hydrocarbures aromatiques).

Incendie - Explosion

Les xylènes sont des liquides inflammables (point d'éclair : 27 à 29 °C), dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

Les agents d'extinction préconisés sont les suivants : dioxyde de carbone, poudres chimiques, mousses. En général, l'eau n'est pas recommandée car elle peut favoriser la propagation de l'incendie. On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les récipients exposés au feu.

Pathologie - Toxicologie

Les xylènes, comme le toluène, sont des homologues supérieurs du benzène dont les propriétés physicochimiques sont proches, mais qui présentent cependant des différences essentielles de métabolisme et de toxicité.

Toxicocinétique - Métabolisme

Chez l'animal

Absorption chez l'animal

Par voie pulmonaire, passées les 10 premières minutes d'exposition, la quantité de xylènes absorbée correspond à environ 65 % de la quantité inhalée, quel que soit l'isomère considéré. Elle est d'autant plus élevée que la ventilation est importante (elle augmente de 30 % en cas d'exercice physique intermittent).

Les xylènes liquides sont absorbés par la peau ; pour le m-xylène liquide, l'absorption cutanée est de 2 µg/cm² /mn (l'immersion des deux mains pendant 15 minutes correspond à une inhalation de 100 ppm pendant la même durée).

L'absorption gastro-intestinale n'a pas été étudiée ; elle est probablement élevée.

Distribution chez l'animal

L'équilibre de distribution entre le sang et les tissus est atteint en 6 heures, à l'exception du tissu adipeux pour lequel il est de quelques jours.

L'exercice physique modifie la distribution tissulaire. La concentration sanguine est multipliée par 2 à 5 en cas d'exercice physique intermittent.

Lors d'une exposition de plusieurs jours consécutifs, il existe une accumulation des xylènes dans l'organisme, comme en témoigne l'élévation de 20 % de la concentration sanguine matinale à la fin d'une semaine d'exposition chez des volontaires.

Métabolisme chez l'animal

Chez l'homme, environ 95 % de la quantité de xylènes absorbée sont oxydés dans le foie. La majeure partie est transformée, par oxydation d'un groupe méthyle, en acides méthylbenzoïques qui sont conjugués à la glycine pour former les acides méthylhippuriques. À la différence du benzène, seule une faible quantité subit une oxydation nucléaire : les xylénols représentent moins de 2 % des xylènes métabolisés.

Le facteur limitant du métabolisme est la capacité de conjugaison des acides méthylbenzoïques à la glycine, qui serait saturée pour une exposition de 780 ppm au repos ou de 270 ppm en cas d'exercice physique important.

Élimination chez l'animal

La voie d'élimination principale est rénale. Environ 90 à 95 % des xylènes absorbés sont éliminés dans les urines, dans les 24 heures, sous forme d'acides méthylhippuriques. Plusieurs études ont été réalisées sur des volontaires et sur des groupes de travailleurs exposés aux xylènes. Lors d'une exposition unique de 8 heures, 71 % des xylènes absorbés sont excrétés pendant le temps d'exposition et 29 % les 16 heures suivantes. À l'arrêt de l'exposition, l'élimination urinaire d'acides méthylhippuriques se fait en deux phases, l'une rapide, l'autre lente ; cette dernière correspond au relargage des xylènes qui sont distribués dans les tissus graisseux (dont la demi-vie d'élimination est d'environ 60 heures).

Les xylènes libres urinaires représentent moins de 0,005 % des xylènes absorbés.

Les xylènes éliminés par voie pulmonaire (avec deux phases, l'une rapide, l'autre lente) ne représentent que 3 à 6 % des xylènes absorbés.

Surveillance biologique de l'exposition

[10]

Les acides méthylhippuriques (ou acides toluriques) dans les urines en fin de poste sont des indicateurs spécifiques bien corrélés à l'intensité de l'exposition. Des valeurs-guides existent pour ce dosage (voir § Recommandations - Au point de vue médical).

D'autres dosages sont également proposés mais ne présentent pas d'avantage par rapport au dosage des acides méthylhippuriques :

- xylènes dans le sang (dans les 2 heures qui suivent la fin de l'exposition) ;
- xylènes dans les urines de fin de poste ou dans l'air expiré.

Leurs caractéristiques sont indiquées dans la base de données Biotox.

Interférences métaboliques

[2, 3, 12, 14, 15, 28 à 31]

Le métabolisme des xylènes est augmenté par les inducteurs enzymatiques de type phénobarbital et 3-méthylcholantène.

L'aspirine et les xylènes inhibent mutuellement leur conjugaison à la glycine, ce qui a pour conséquence de diminuer l'excrétion urinaire d'acides méthylhippuriques.

Le consommation d'éthanol (0,8 g /kg) avant une exposition de 4 heures aux vapeurs de xylènes (145 et 280 ppm) entraîne une diminution de 50 % de l'excrétion d'acides méthylhippuriques tandis que la concentration sanguine de xylènes s'élève d'environ 1,5 à 2 fois. En même temps, les effets secondaires de l'éthanol sont augmentés.

D'autres produits industriels peuvent interférer avec le métabolisme des xylènes. L'éthylbenzène et les xylènes inhibent mutuellement leurs métabolismes : les métabolites sont excrétés plus lentement et en quantité moindre. En présence de xylènes, la nécrose hépatique liée au tétrachlorométhane est plus importante chez le rat. Enfin, les xylènes et le 1,1,1-trichloroéthane inhibent mutuellement leurs métabolismes.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[2, 3, 7, 11 à 14]

Les effets observés sont une hyperexcitabilité neurologique puis une dépression du système nerveux central et chez le rat, une cytolysé hépatique. Le xylène provoque une irritation cutanée chez le lapin, et oculaire chez le lapin et le chat, et respiratoire chez la souris.

La DL50 du xylène technique par voie orale chez le rat est de 4300 mg/kg.

La CL50 du xylène technique et des mélanges d'isomères par inhalation chez le rat varie selon les auteurs de 5000 à 8500 ppm pour une exposition de 4 heures. Chez la souris, la CL50 varie de 3900 à 5300 ppm pour une exposition de 4 heures selon les isomères.

La DL50 du m-xylène par voie cutanée chez le lapin est de 14 100 mg/kg.

Les animaux présentent des signes d'hyperexcitabilité neurologique (ataxie, tremblements, spasmes) précédant une dépression du système nerveux central (prostration, coma).

Une cytolysé hépatique dose-dépendante a été rapportée dans une étude où les rats avaient été exposés à des concentrations de 1000 à 2000 ppm pendant 4 heures.

Chez la souris, on note des signes d'irritation respiratoire à partir de 1300 ppm, avec une relation dose-réponse. Une diminution de 50 % de la fréquence respiratoire est observée lors de l'exposition de souris à 1470 ppm. Aux concentrations létales, une atelectasie avec hémorragie et œdème interlobulaire est observée chez le rat.

L'application cutanée de xylènes chez le lapin entraîne une irritation modérée ou sévère (érythème et œdème, voire nécrose superficielle). En instillation oculaire chez le lapin et le chat, les xylènes sont responsables d'une irritation conjonctivale et de lésions de la cornée modérées à sévères.

Toxicité subchronique, chronique

[2, 3, 12 à 15]

Il existe des données contradictoires chez le rat. Une toxicité neurologique, hépatique et cardiaque a été observée chez le rat, et une toxicité rénale chez le lapin.

Une étude fait état de diverses atteintes chez des rats exposés à des concentrations élevées (810 ppm, 8 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 110 à 130 jours) d'un mélange d'isomères ; une paralysie des pattes postérieures, une perte de poids, une discrète diminution du taux des leucocytes, une augmentation de l'urée sanguine, une hématurie avec albuminurie et une hyperplasie médullaire ont été observées ; à l'autopsie, il a été constaté une discrète congestion des reins, du foie, du cœur, des surrénales, des poumons et de la rate, avec, au niveau rénal, une desquamation cellulaire glomérulaire et une nécrose tubulaire. Ces atteintes n'ont pas été confirmées par la plupart des travaux ultérieurs conduits chez des rats, des cochons d'Inde, des chiens et des singes ; ces travaux n'ont pas révélé de modifications du poids corporel, d'anomalies histologiques des principaux organes ni de perturbation de la numération formule sanguine lors d'expositions aux xylènes à des concentrations variables, de 80 à 800 ppm, 6 à 8 heures par jour, 5 à 7 jours par semaine pendant 3 mois.

Une toxicité neurologique centrale se manifeste par des troubles du comportement chez le rat exposé à 300 ppm, 6 heures par jour pendant 5 à 18 semaines.

Une discrète nécrose rénale, tubulaire proximale, a été observée chez des lapins exposés à 70 ppm, 8 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 5 mois.

Des anomalies histologiques hépatiques mal précisées ont été notées chez le rat exposé à 1100 ppm, 8 heures par jour, 7 jours par semaine pendant 1 an et chez le cochon d'Inde exposé à 300 ppm, 4 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 11 semaines. Une autre étude met en évidence une augmentation de l'activité enzymatique hépatique dans le sérum de rats exposés à 1500 ppm de p-xylène, 4 heures par jour, ou 400 ppm de m-xylène, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 2 semaines. Une induction enzymatique hépatique a été observée dans deux autres études chez le rat.

Des fibrillations auriculaires et des troubles de la repolarisation électrocardiographiques ont été relevés chez des rats auxquels on injectait 0,5 ml/kg de xylènes, 2 fois par jour pendant 3 mois.

Effets génotoxiques

[3, 11, 14]

Les tests réalisés in vitro et in vivo sont négatifs.

Chez les procaryotes, les xylènes (qu'il s'agisse du xylène technique ou des isomères) testés avec ou sans activation métabolique n'entraînent ni mutation génique, ni aberrations chromosomiques.

Les tests effectués *in vitro* sur cultures de cellules animales ou *in vivo* sur la souris et le rat sont également négatifs.

Effets cancérigènes

[3, 14, 16]

Le CIRC (IARC) a classé les xylènes dans le groupe 3 des agents inclassables quant à leur cancérigénicité pour l'homme.

Trois études de cancérogénèse ont été effectuées par gavage gastrique. Dans deux de ces études utilisant du xylène technique, l'une chez la souris (recevant 0, 500 ou 1000 mg/kg par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines), l'autre chez le rat (recevant 0, 250 ou 500 mg/kg par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines), il n'a pas été observé d'augmentation de l'incidence des cancers chez les animaux traités. Une étude chez le rat recevant 500 mg/kg par jour d'un mélange d'isomères, 4 à 5 jours par semaine pendant 104 semaines a montré une augmentation de fréquence des tumeurs malignes tous types confondus chez les animaux traités par rapport aux témoins. Cependant, les résultats de cette étude sont difficiles à interpréter en raison notamment de la méthodologie utilisée.

Dans une étude ancienne, l'application sur la peau de souris d'un mélange d'isomères n'a pas mis en évidence d'effet promoteur ou initiateur des cancers cutanés.

Effets sur la reproduction

[2, 3, 11, 14, 16]

Le passage transplacentaire de l'o-xylène est prouvé chez l'animal et probable pour les autres isomères du xylène. Il n'y a pas de donnée permettant d'évaluer les effets sur la fertilité du xylène. Le xylène est embryolétal et foetotoxique chez le rat et la souris à doses élevées non toujours toxiques pour les mères.

Il n'existe pas de données sur les effets gonadiques et endocriniens de la reproduction, ni sur les effets des xylènes sur la fertilité.

Le passage transplacentaire de l'o-xylène est prouvé chez l'animal ; il est probable pour les autres isomères.

Plusieurs études effectuées chez le rat et la souris montrent que les xylènes exercent une action embryolétale et fœtotoxique à des doses élevées mais pas obligatoirement toxiques pour la mère (par exemple pour une administration orale de 2000 mg/kg par jour du 6^{ème} au 15^{ème} jour de gestation chez la souris ou lors d'une exposition à 230 ppm du 9^{ème} au 14^{ème} jour de gestation chez le rat). On observe en outre des retards de croissance fœtale et d'ossification et des malformations squelettiques (fentes palatines, côtes surnuméraires...). Ces effets ne sont pas retrouvés lors d'expositions à de plus faibles concentrations (par exemple à 35 ppm, 24 heures par jour, du 7^{ème} au 14^{ème} jour de gestation dans une étude chez le rat).

Toxicité sur l'Homme

La toxicité aiguë comprend notamment des troubles digestifs, une dépression du SNC, une pneumopathie d'inhalation (ingestion) ; des effets neurologiques (inhalation). Les xylènes peuvent provoquer une irritation (respiratoire, oculaire, cutanée). La toxicité chronique se caractérise surtout par un syndrome psycho-organique. Les tests de génotoxicité réalisés sont négatifs. Les données disponibles ne permettent pas de statuer formellement sur la cancérogénicité ou sur la reprotoxicité propre des xylènes.

Toxicité aiguë

[2, 3, 11 à 14, 17, 18, 24, 31 à 34]

La toxicité aiguë des xylènes est commune à celle de la plupart des hydrocarbures liquides distillant en dessous de 300 °C.

L'ingestion entraîne :

- des troubles digestifs : douleurs abdominales, nausées puis vomissements suivis de diarrhées ;
- une dépression du système nerveux central : syndrome ébriux puis troubles de la conscience (voire coma convulsif en cas de prise massive) ;
- une pneumopathie d'inhalation dont les premiers signes sont radiologiques : dans les 8 heures suivant l'ingestion, apparaissent des opacités floconneuses avec bronchogramme aérien (évoquant un œdème interstitiel et alvéolaire), le plus souvent localisées aux lobes moyen et inférieur droits mais parfois diffuses dans les deux champs pulmonaires ; les signes cliniques sont plus tardifs : toux, dyspnée, fièvre régressant en 2 ou 3 jours en l'absence de surinfection.

Les connaissances relatives à l'intoxication par inhalation résultent d'observations rapportées après des intoxications aiguës accidentelles et d'études menées chez des volontaires.

Les effets essentiels des xylènes s'exercent sur le système neurologique central et sont, en règle générale, réversibles. Les symptômes les plus fréquents sont d'abord des céphalées et une asthénie apparaissant pour des concentrations de l'ordre de 200 ppm, puis une sensation de vertiges et une confusion accompagnées de nausées et, enfin, lors d'exposition à de très fortes concentrations, un coma.

Des études effectuées sur des volontaires montrent que l'inhalation de xylènes entraîne une altération des fonctions psychomotrices : le temps de réaction est augmenté dès l'exposition à 200 ppm pour des durées d'exposition variables (de 20 minutes à 8 heures) ; une exposition à 90 ppm, 6 heures par jour, 5 jours consécutifs, entraîne une diminution du temps de réaction qui s'améliore au fil des jours, faisant évoquer l'apparition d'une tolérance aux xylènes. Cependant, les fonctions psychomotrices ne sont pas altérées lors de l'exposition pendant 4 heures à 75 ppm de p-xylène seul ou à 50 ppm de p-xylène associé à 25 ppm de toluène ; le 1,1,1-trichloroéthane n'exerce pas d'action synergique ou antagoniste sur ces effets neurologiques centraux.

Une irritation des voies respiratoires peut apparaître lors de l'exposition pendant 15 minutes à 100 ppm d'après certaines études. Une irritation oculaire modérée est observée à 200 ppm.

Des cas d'intoxication mortelle ont été attribués à une sensibilisation myocardique aux catécolamines et à des phénomènes anoxiques associés.

La toxicité hépato-rénale imputée aux xylènes et rapportée lors d'intoxications aiguës sévères semble être liée à l'inhalation simultanée d'autres solvants.

Les xylènes sont des solvants des lipides cutanés et les projections peuvent entraîner des dermatoses d'irritation. L'immersion des mains pendant 20 minutes dans les xylènes liquides provoque une sensation de brûlure et un érythème.

Les projections oculaires sont responsables d'irritation cornéo-conjonctivale dont la gravité dépend de la quantité et du temps de contact.

Toxicité chronique

[2, 3, 12, 14, 17, 32]

La voie respiratoire est la principale voie d'intoxication en milieu professionnel. De façon générale, la toxicité à terme est modérée. Les quelques manifestations décrites relèvent essentiellement d'observations isolées. Les xylènes n'entraînent en général pas d'effet spécifique les distinguant des autres solvants.

Le syndrome psycho-organique, à un stade réversible ou irréversible, est l'effet toxique chronique majeur des xylènes. Il associe des troubles de la mémoire et de la concentration, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles et des troubles de la personnalité sans signe objectif. Sa relation avec l'exposition aux xylènes est cependant difficile à étudier en raison de l'utilisation concomitante d'autres solvants, de la mauvaise quantification de l'exposition et de divers problèmes méthodologiques.

Les xylènes ne sont pas hématotoxiques. Les observations anciennes rapportant des effets hématologiques et médullaires lors d'expositions au xylène étaient probablement dues à une contamination du produit technique par du benzène.

Il n'existe pas d'étude ou d'observation probante sur l'éventuelle toxicité des xylènes sur l'appareil respiratoire, le foie, les reins et le système nerveux périphérique.

Les xylènes ont une action desséchante et dégraissante sur la peau en contact et sont responsables de dermatoses d'irritation chroniques (peau sèche et squameuse) ; ils ne sont pas allergisants à l'état pur.

Effets génotoxiques

[2, 3, 14, 16]

Le traitement *in vitro* de lymphocytes humains par 1520 µg/ml de xylènes ne montre pas d'augmentation des échanges de chromatides sœurs ou des cassures chromosomiques. *In vivo*, lors d'une étude conduite chez des volontaires exposés expérimentalement et chez des personnes exposées professionnellement à des concentrations de 50 à 100 mg/m³ ou plus, les xylènes étant les solvants majoritaires, il n'a pas été observé d'augmentation des échanges de chromatides sœurs ni des aberrations chromosomiques lymphocytaires.

Effets cancérogènes

[3]

Dans deux études épidémiologiques de type cas-témoins, les auteurs ont associé une augmentation du risque de cancers hématopoïétiques avec une exposition aux xylènes. Cependant, il apparaît impossible d'interpréter ces résultats en raison du nombre limité de cas étudiés et d'une polyexposition concomitante à des composés chimiques variés. Il n'existe pas d'autres études ou observations permettant d'apprécier un éventuel pouvoir cancérogène des xylènes chez l'homme.

Effets sur la reproduction

[3, 16]

Une étude fait état de troubles menstruels chez des femmes exposées à moins de 100 ppm de xylènes associés à d'autres solvants.

Les xylènes traversent la barrière placentaire. Une augmentation du risque d'avortements spontanés et de malformations congénitales (notamment neurologiques), chez des enfants nés de mères exposées aux xylènes pendant le premier semestre de leur grossesse, a été relevée dans quatre études cas-témoins, mais ne peut être imputée de façon certaine aux xylènes en raison de l'exposition concomitante à d'autres produits chimiques et du faible nombre de cas étudiés.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 2009

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227-42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Décret 96-1010 modifié du 19 novembre 1996 (JO du 24 novembre 1996) relatif aux appareils destinés à être utilisés en atmosphère explosible.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2000/39/CE de la Commission du 8 juin 2000 (JOCE du 16 juin 2000).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableaux n° 4 bis et 84.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) des xylènes ou en mélange d'isomères :

Le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE du 31 décembre 2008), dit « Règlement CLP », introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage des xylènes harmonisés selon les deux systèmes (règlement et directive 67/548/CEE) figurent dans l'annexe VI du règlement. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Liquide et vapeurs inflammables catégorie 3 ; H 226
 - Toxicité aiguë catégorie 4 (*) ; H 332 - H 312
 - Irritation cutanée catégorie 2 ; H 315.

(*) Cette classification est considérée comme une classification minimale ; La classification dans une catégorie plus sévère doit être appliquée si des données accessibles le justifient. Par ailleurs, il est possible d'affiner la classification minimum sur la base du tableau de conversion présenté en Annexe VII du règlement CLP quand l'état physique de la substance utilisée dans l'essai de toxicité aiguë par inhalation est connu. Dans ce cas, cette classification doit remplacer la classification minimale.

- selon la directive 67/548/CEE ou l'arrêté du 20 avril 1994 modifié (JO du 8 mai 1994)
 - Inflammable ; R 10
 - Nocif ; R 20/21
 - Irritant ; R 38.

b) des **mélanges** (préparations) contenant des xylènes :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour les xylènes.

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Protection de la population

- Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73 et articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :
 - étiquetage (cf. § Classif. & étiquetage).

Protection de l'environnement

Les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour savoir si une installation est concernée, se référer à la nomenclature ICPE en vigueur ; le ministère chargé de l'environnement édite une brochure

téléchargeable et mise à jour à chaque modification (www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/La-nomenclature-des-installations.html).

Pour plus d'information, consulter le ministère ou ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur au 1er janvier 2011 (www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-des-marchandises-.html).

Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

En raison de la nocivité et de l'inflammabilité des xylènes, des mesures de prévention et de protection strictes s'imposent lors du stockage et de la manipulation de ces substances.

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker les xylènes à l'air libre ou dans des locaux spéciaux, frais, munis d'une ventilation, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur (rayons solaires, flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol de ces locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas de déversement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au dehors.
- Le matériel électrique, y compris l'éclairage, sera conforme à la réglementation en vigueur.
- Il sera interdit de fumer.
- Toutes dispositions seront prises pour éviter une accumulation d'électricité statique.
- Les récipients seront soigneusement fermés et correctement étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux locaux de stockage sont applicables aux locaux où sont manipulés les xylènes. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par les xylènes, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement.
- Entreposer dans les locaux de travail des quantités relativement faibles de produit et, de toute manière, ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- Éviter l'inhalation de vapeurs. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations exceptionnelles de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail ; si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire autonome isolant est nécessaire.
- Contrôler fréquemment et régulièrement la teneur de l'atmosphère en xylènes.
- Éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (par exemple en polyalcool vinylique ; certaines matières telles que le caoutchouc naturel, les caoutchoucs synthétiques ou le polyéthylène ne sont pas recommandées [43]), des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.
- Interdire l'emploi d'air comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du liquide.
- Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu des xylènes sans prendre les précautions d'usage [44] .
- Ne pas rejeter de xylènes à l'égout.
- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer le produit en l'épongeant avec un matériau absorbant non combustible, puis laver à grande eau la surface souillée. Si le déversement est important, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection.

- Conserver les déchets imprégnés de solvant dans des récipients clos, spécialement prévus à cet effet. Les xylènes peuvent être régénérés ou détruits par incinération. Dans tous les cas, traiter les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation (traitement dans l'entreprise ou dans un centre spécialisé).

Au point de vue médical

- À l'embauchage et aux examens périodiques, l'examen clinique comportera, entre autres, un examen soigneux de la peau et la recherche de signes évoquant un syndrome psycho-organique débutant.
- Sauf si le médecin du travail l'estime nécessaire, il n'apparaît pas impératif, en cas d'exposition modérée et dans l'état actuel des connaissances, de pratiquer des examens complémentaires visant à explorer les fonctions hépatique et rénale. Il est inutile d'effectuer une surveillance de la numération formule sanguine chez les sujets exposés aux xylènes.
- Avertir les femmes enceintes ou désirant procréer du risque éventuel, bien que mal connu, pour la grossesse lors d'expositions importantes au solvant.
- Surveillance biologique : l'indicateur le plus pertinent actuellement est le dosage des acides méthylhippuriques urinaires en fin de poste de travail, témoins de l'exposition du jour même, bien corrélés à l'intensité de l'exposition, même pour des expositions de moins de 15 ppm. La valeur-guide française pour les acides méthylhippuriques urinaires est de 1,5 g/g de créatinine en fin de poste (même valeur pour le BEI de l'ACGIH).
- Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison régional ou de services d'urgence médicalisés.
- En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant 15 minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une consultation médicale s'impose.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau, les paupières bien écartées, pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.
- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.
- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et ne pas faire ingérer de lait ou de matières grasses.
- Dans les deux derniers cas, si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer les manœuvres de respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer si nécessaire par ambulance médicalisée, en milieu hospitalier, où pourra être pratiquée au minimum une radiographie du thorax ; une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardio-vasculaires, pulmonaires et hépatorénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs peuvent s'avérer nécessaires

Bibliographie

- 1 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology, vol. 24. New York, Londres : Wiley Interscience. 1984 : 709-744.
- 2 | Snyder R - Ethel Browning's toxicity and metabolism of industrial solvents, 2th ed. Amsterdam : Elsevier. 1987 : 64-79.
- 3 | Xylènes. In : IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. Lyon : IARC. Vol. 47 ; 1989 : 125-156 et Vol. 71 ; 1999 : 1189-1208 (monographs.iarc.fr/).
- 4 | Solvesso® - Xylène. Fiches de données de sécurité. Paris, Exxon chemical, 1990.
- 5 | Falcy M, Malard S - Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel. Note documentaire ND 2221. Hyg Sécur Trav. Cah Notes Doc. 2003 ; 198 : 7-21.
- 6 | Marsden C - Solvents guide. Londres : Cleaver-Hume Press Ltd. 1963 : 555561.
- 7 | Sax NI, Lewis RJ - Dangerous properties of industrial materials, 6th ed. New York : Van Nostrand Reinhold Co. 1989 : 2739-2740.
- 8 | Solvant Hoechst - Manuel pour le laboratoire et l'usine. 5^e éd. Francfort : Hoechst Ag ; 1975.
- 9 | Occupational health guideline for xylène. Cincinnati : NIOSH/OSHA ; 1978.
- 10 | Xylènes. In : Biotox. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2008 (www.inrs.fr/biotox ¹).
- 11 | Berrod J, Aubrun JC - Hydrocarbures aromatiques. Paris : Encyclopédie médico-chirurgicale - Intoxications Maladies par agents physiques. 16046 A 10, 9-1985, 12 p.
- 12 | Sandmeyer EE - Xylenes. In : Clayton GD, Clayton FE - Patty's industrial hygiene and toxicology, vol. II B. New York : John Wiley and sons. 1981 : 3291-3300.
- 13 | Exposition à certains solvants organiques : limites recommandées d'exposition professionnelle à visée sanitaire. Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 1981, Rapport technique 664.
- 14 | Xylenes - Joint assessment of commodity chemicals n° 6. Bruxelles : European Chemical Industry Ecology & Toxicology Centre ; juin 1986.
- 15 | Health effects assessment for xylène. Springfield : US Environmental Protection Agency, National Technical Information Service ; sept. 1984.
- 16 | Barlow SM, Sullivan FM - Reproductive hazards of industrial chemicals. Londres : Academic Press ; 1982 : 592-599.
- 17 | Lauwerys RR - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 2^e éd. Paris : Masson ; 1982 : 188-192.
- 18 | Rihimaki V, Savolainen K - Human exposure to m-xylene. Kinetics and acute effects on the central nervous system. *Annals of Occ. Hyg.* 1980 ; 23 : 411-422.
- 19 | Engstrom K, Husman K, Rihimaki V - Percutaneous absorption of m-xylene in man. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1977 ; 39 : 181-189.
- 20 | SedivecV, Flek J - The absorption, metabolism, and excretion of xylenes in man. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1976 ; 37 : 205-217.
- 21 | Rihimaki Vet al. - Kinetics of m-xylene in mangeneral features of absorption, distribution, biotransformation and excretion in repetitive inhalation exposure. *Scand. J. of Work, Env. and Health* . 1979 ; 5 : 217-231.
- 22 | RihimakiV, PfaffliP, Savolainen K - Kinetics of m-xylene in man ; Influence of intermittent physical exercise and changing environmental concentrations on kinetics. *Scand. J. of Work, Env. and Health* . 1979 ; 5 : 232-248.
- 23 | Engstrom K et al. - Evaluation of occupational exposure to xylene by blood, exhaled air and urine analysis. *Scand. J. of Work, Env. and Health* . 1978 ; 4 : 114-121.
- 24 | Savolainen K, Rihimaki V, Linnola M - Effects of short-term xylene exposure on psychophysiological functions in man. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1979 ; 44 : 201-211.

- 25 | Lundberg I, Sollenberg J - Correlation of xylene exposure and methyl hip- puric acid excretion in urine among paint industry workers. *Scand. J. of Work, Env. and Health* . 1986 ; 12 : 149-153.
- 26 | Engstrom K et al. - Evaluation of occupational exposure to xylene by blood, exhaled air and urine analysis. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju* . 1979 ; 30 suppl : 483-488.
- 27 | Sedivec V, Flek J - Exposure test for xylenes. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1976 ; 37 : 219-232.
- 28 | Campbell L et al. - Interactions of m-xylene and aspirin metabolism in man. *British J. of Ind. Med* . 1988 ; 45 : 127-132.
- 29 | Imbriani M et al. - Eliminazione urinaria di xilene nella esposizione sperimentale e professionale. *La Medicina del Lavoro* . 1987 ; 78 : 239-249.
- 30 | Engstrom K, Rihimakiv, Laine A - Urinary disposition of ethylbenzene and m-xylene in man following separate and combined exposure. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1984 ; 54 : 355-363.
- 31 | Savoleinen Ket al. - Short-term exposure of human subjects to m-xylene and 1. 1.1-trichloroethane. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1981 : 49 : 8998.
- 32 | Conso F, Carnier R - Homologues supérieurs du benzène. In : Toxicologie clinique, 4^e éd. Paris : Flammarion Médecine-Sciences ; 1987 : 584-585.
- 33 | Savoleinen Ket al. - Effects of short-term m-xylene exposure and physical exercise on the central nervous system. *Int. Arch. of Occ. and Env. Health* . 1980 ; 45 : 105-121.
- 34 | Anshelm Olson B, Gamberale F, Iregren A - Coexposure to toluene and p-xylene In man : central nervous functions. *British J. of Ind. Med* . 1985 ; 42 : 117-122.
- 35 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse de vapeurs organiques. Prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvant. Norme NF X 43-267. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2004 : 49 p.
- 36 | Hydrocarbures aromatiques. Fiche 012. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 37 | Mélange de vapeurs d'hydrocarbures en C6 à C12. Fiche 055. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/ ²).
- 38 | Xylenes (o-, m-, p-isomers) Ethylbenzene. Method 1002. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1999 (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html ³).
- 39 | Hydrocarbons, Aromatic. Method 1501. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th ed. NIOSH, 2003 (www.cdc.gov/niosh/nmam ⁴)
- 40 | BIA 7733- Kohlenwasserstoffe, aromatisch. BIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag (2005).
- 41 | Prélèvement passif sur badge Gabie®. Fiche C. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2007 (www.inrs.fr/metropol/).
- 42 | Benzène, Toluène, Xylène sur tubes à désorption thermique. Fiche 101. À paraître. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS (www.inrs.fr/metropol/ ²).
- 43 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 4th ed. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2002 : 147 p.
- 44 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAM R 435. Paris : INRS ; 2008

² <http://www.inrs.fr/metropol/>

³ <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>

⁴ <http://www.cdc.gov/niosh/nmam>

Auteurs

Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS

**COUT DES MESURES DESTINEES A ASSURER LA MISE EN SECURITE DU SITE
ET A REDUIRE L'IMPACT DE L'EXPLOITATION SUR L'ENVIRONNEMENT**

**COUT DES MESURES
DESTINEES A LIMITER OU A COMPENSER
LES INCIDENCES DES TRAVAUX SUR L'ENVIRONNEMENT**

N °	Désignation	Nombre	Coût unitaire	Coût total €
Dispositions de protection - sécurité du site				
1	Pose de clôtures	6650	5	33250
2	Entretien de clôtures durant la période d'exploitation	2000	5	10000
3	Pancartes danger, accès interdit au public,	80	15	1200
4	Portails	7	1500	10500
<i>Coût des dispositions de protection - sécurité</i>				54950
Mesures destinées à limiter l'incidence de l'exploitation				
5	Plateforme bétonnée avec séparateur à hydrocarbures	1	10000	10000
6	Mesures d'empoussièrement	30	2000	60000
7	Mesures de bruit dans l'environnement	10	1500	15000
8	Analyse annuelle des eaux en sortie d'ouvrages de décantation	30	800	24000
9	Mesures destinées à réduire, compenser les impacts sur la faune et la flore incluant les mesures de suivis	1	494984	494984
<i>Coût des mesures destinées à limiter l'incidence</i>				603 984

N °	Désignation	Nombre	Coût unitaire	Coût total €
Reconstitution coordonnée du sol, dispositions de remise en état				
10	Reconstitution coordonnée du sol, apport du stérile, en fond de fouille, nivellement, raccordement au terrain naturel, talutage des fronts, régalage de la terre végétale ou d'argile, creusement des fossés de drainage, aménagement du plan d'eau, démontage des clôtures	40,0	20000	800000
<i>Coût de la reconstitution du sol</i>				800 000
Total général en € HT				1 458 934

DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

Réglementation et prescriptions en matière d'hygiène et sécurité

En matière d'hygiène et de sécurité des travailleurs, les carrières relèvent des prescriptions du Code du Travail et du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE).

Les principales prescriptions sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- Code du Travail

- Articles R. 4511-1 à R. 4515-11 (Entreprises extérieures)
- Articles R. 231-1 à R 231-12 (Comités d'hygiène et de sécurité)
- Articles R. 232-1 à R 232-45 (Hygiène : dispositions générales)
- Articles R. 233-1 à R 233-49 (Sécurité : dispositions générales)
- Articles R. 4121-1 et suivants (Document Unique)
- Articles R. 4321-1 à R 4324-53 (Utilisation des équipements de travail et des moyens de protection)
- Articles R. 4323-50 à R. 4323-57 (Conduite)
- Articles R. 4323-91 à R.4323-106 (Equipements de Protection Individuelle)
- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 (Risque chimique)
- Articles R. 4431-1 à R4437-4 (Bruit)
- Articles R. 4441-1 à R. 4447-1 (Vibrations mécaniques)
- Articles R. 4462-1 à R. 4462-36 (Risques pyrotechniques)

- Règlement Général des Industries Extractives (RGIE)

- Titre Règles Générales (Document Santé et Sécurité) (abrogé par décret du 16 juillet 2019)
- Titre Bruit (Abrogé par décret du 30/08/2013)
- Titre Empoussiérage (Abrogé par décret du 30/08/2013)
- Titre Equipements de protection individuelle (Abrogé par décret du 11/06/2019)
- Titre Equipements de travail (Abrogé par décret du 6 juillet 2021)
- Titre Explosifs
- Titre Entreprises extérieures (Abrogé par décret du 11/06/2019)
- Titre Travail et circulation en hauteur (Abrogé par décret du 16/07/2019)
- Titre Véhicules sur pistes (Abrogé par décret du 22/11/2018)
- Titre Vibrations (Abrogé par décret du 30/08/2013)

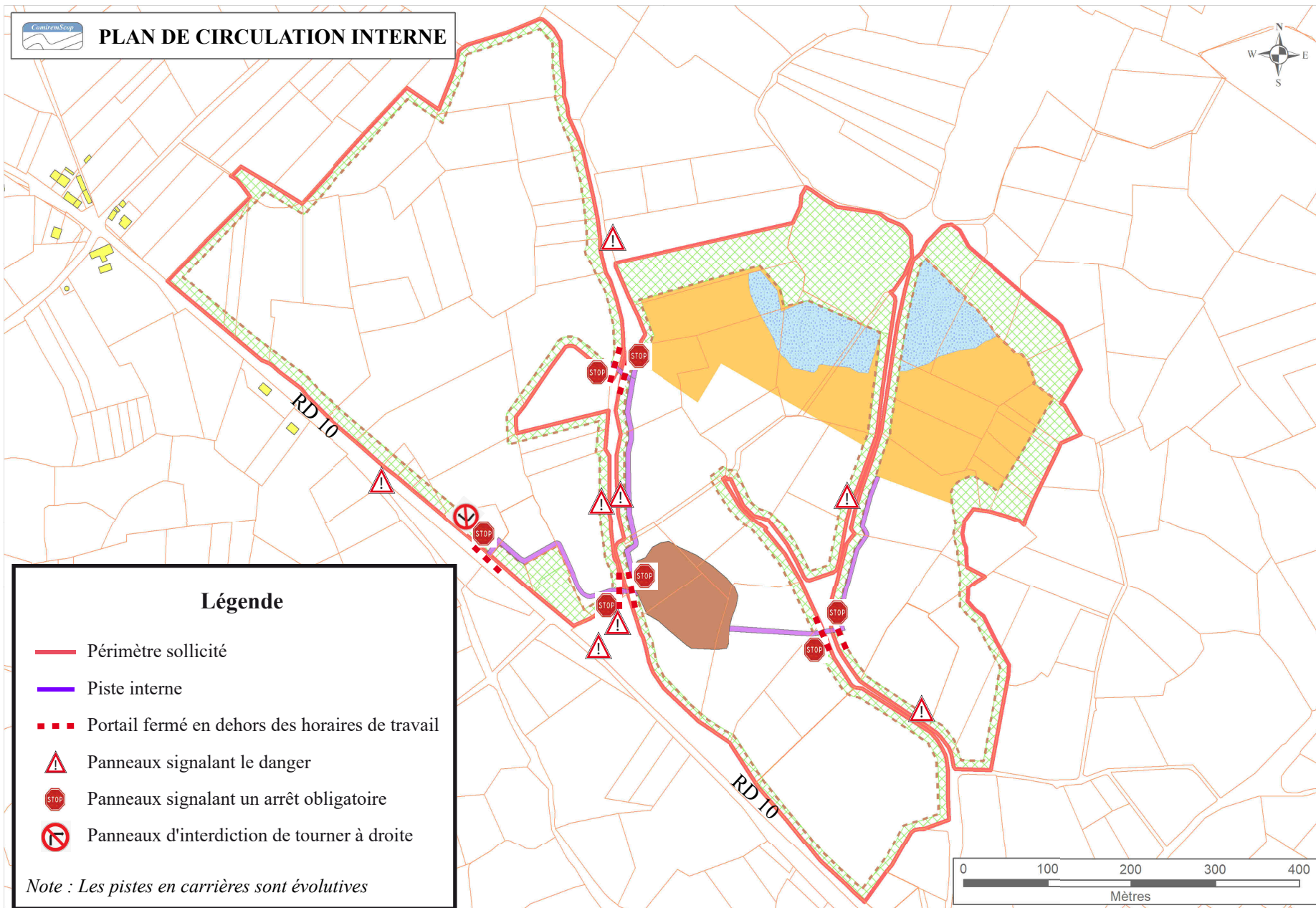
Ces dispositions sont complétées par décrets et arrêtés ministériels.

Rappelons que l'établissement de Terreal est régulièrement en contact avec son C.S.E. (Comité Social et Economique).

PLAN DE CIRCULATION INTERNE



PLAN DE CIRCULATION INTERNE



Légende

- Périmètre sollicité
- Piste interne
- - - Portail fermé en dehors des horaires de travail
- ⚠ Panneaux signalant le danger
- STOP Panneaux signalant un arrêt obligatoire
- 🚫 Panneaux d'interdiction de tourner à droite

Note : Les pistes en carrières sont évolutives

PLAN D'ORGANISATION DES SECOURS EN CAS D'ACCIDENT

Consignes générales de sécurité sur le site de la carrière du Joux





Consignes en cas d'incendie, incident ou accident

En cas d'incendie	<p>Prévenir immédiatement le personnel le plus proche et le chef d'équipe et le chef de carrière</p> <p>Si vous savez utiliser les moyens d'extinction attaquez le foyer au moyen des extincteurs présents dans les engins sans prendre de risques</p> <p>Si l'incendie n'est pas maîtrisé, appeler les pompiers en composant le 18</p> <p>Rejoindre le point de rassemblement situé au droit de la plateforme de stockage de l'argile</p>
En cas de déversement accidentel d'hydrocarbures	<p>Prévenir immédiatement le chef d'équipe et le chef de carrière</p> <p>Prendre les mesures nécessaires (absorbant, boudins, ...) pour éviter la propagation du polluant. Les kits d'intervention sont présents dans les engins et dans le bungalow sur la base vie</p> <p>Si la pollution atteint ou peut atteindre les bassins de décantation, fermer la vanne de fermeture située dans le regard de fuite du bassin</p> <p>Faire retirer les matériaux ou l'eau pollués par une société spécialisée</p>
En cas de constatation de matières en suspension en sortie des bassins de décantation	<p>Prévenir immédiatement le chef d'équipe et le chef de carrière</p> <p>Fermer la vanne de fermeture située dans le regard de fuite du bassin concerné</p> <p>Couper la pompe alimentant le bassin</p> <p>Attendre la décantation des eaux avant d'ouvrir la vanne de fermeture du bassin et de réactiver la pompe</p>

Numéros utiles

Pompiers : 18	Gendarmerie : 17	SAMU : 15	Secours : 112
---------------	------------------	-----------	---------------

	Nature du secours		Véhicule de secours		Accompagnement
SOIN	Secouriste (1)				
ACCIDENT	Secouriste (1) puis MEDECIN régulateur du SAMU (2 et 3)	Médecins St Benoît-du-Sault 02.54.47.52.64 Chaillac 02.54.25.74.27	ambulance commandée par TERREAL (4)	St Benoît -du-Sault Bourdarias 02.54.47.56.52 Neau 02.54.25.02.92	Chef d'équipe
ACCIDENT GRAVE	Secouriste (1) puis POMPIERS	15 (Samu) 18 (Pompiers)	POMPIERS		Chef d'équipe

Remarques :

(1) : Les premiers secours sont assurés par un SST (Sauveteur Secouriste du Travail) s'il y en a un sur le site. Des pharmacies, malles secouristes, malles "membres sectionnés", lave-œil sont à sa disposition sur la base de vie.

(2) : Le secouriste expliquera (ou fera expliquer) au médecin régulateur l'état du blessé. Dans le cas où le médecin régulateur autorise le transfert du blessé vers un cabinet médical, le secouriste (ou le chef d'équipe) commandera un taxi ambulance aux frais de TERREAL.

(3) : Vous pouvez demander conseil au médecin régulateur du SAMU. Le secouriste expliquera (ou fera expliquer) au médecin régulateur du SAMU l'état du blessé. Dans le cas où le médecin régulateur du SAMU souhaite envoyer le blessé

(4) Si le médecin régulateur du SAMU ne veut pas vous envoyer d'ambulance, il doit autoriser le chef d'équipe à transporter le blessé accompagné d'un secouriste dans un véhicule professionnel ou personnel.

Pour tout appel à un moyen extérieur (taxi ambulance, pompiers) : prévoir un guide à l'entrée de la carrière

Transport retour du blessé après transfert chez le médecin généraliste ou à l'hôpital :

* Accident SANS arrêt : Retour du collaborateur avec le chef d'équipe.

* Accident AVEC arrêt : Retour du collaborateur organisé par le médecin ou l'hôpital à son domicile - Pas de retour avec le chef d'équipe sauf autorisation du médecin généraliste ou du médecin de l'hôpital.

-

COORDONNEES DES SECOURS

EN CAS D'URGENCE

NUMEROS UTILES

SAMU

15

POMPIERS

18

MEDECIN

Thierry Barbier / Julien Brec

Rue Appert Aubray

36 170 Saint-Benoit-du-Sault

02-54-47-52-64

Plusieurs autres numéros sur Saint-Benoît-du-Sault et à proximité

HOPITAL

Hôpital de Le Blanc

5 rue Pierre Milon

35 300 Le Blanc

02-54-28-28-28

AMBULANCE

Ambulance-VSL-Taxi Neau Marie-Rose

3 route d'Argenton

36 170 Saint-Benoit-du-Sault

02-54-25-02-92

Bourdarias SARL

7 rue Redaud Péraud

36 170 Saint-Benoit-du-Sault

02-54-47-56-52

GENDARMERIE

Gendarmerie Nationale

Place de la Gare

36 170 Saint-Benoit-du-Sault

17

DREAL	UD 18/36 Cité administrative Boulevard Georges Sand 36 000 Châteauroux	02-54-27-52-80
PREFECTURE	Bureau de l'Environnement Place de la Victoire et des Alliés CS 80583 36 019 Châteauroux	02-54-29-52-20
MAIRIE DE ROUSSINES	1 rue de la Croix Bleue 36 170 Roussines	02-54-47-56-03
MAIRIE DE SACIERGES SAINT MARTIN	5 rue de l'Ebaupin 36 170 Sacierges-Saint-Martin	02-54-47-55-04