5.4 L'EVALUATION ET LA CARACTERISATION DES EFFETS POTENTIELS SUR LA SANTE

Le présent chapitre résume les items concernant les relations dose-réponse et les effets sur la santé qui sont joints en annexe (annexe intitulée : méthodologie d'évaluation des effets sur la santé dans l'étude d'impact d'une installation classée).

5.4.1 RECAPITULATIF DES RELATIONS DOSE-REPONSE

A titre informatif, les différentes Valeurs Toxiques de Référence (V.T.R.) et Valeurs de Gestion sont rappelées ci-après en ce qui concerne les substances et émissions retenues.

SUBSTANCES en mg/m³ (NB)		**POUSSIERES**	**SILICE**	**NOx (NO + NO_2)**
Pour mémoire	Seuil d'odeur L0	-	-	0,37
	VLE (15 mn)	-	-	6,0
	VME (8h)	-	0,1 (a)	3,6 (TLV-TWA)
	IDLH (30 mn)	-	-	90
Relation dose-réponse (concentration admissible dans l'air – CAA)		0,030 en zone non polluée (0,050 en zone polluée)	0,003	0,040
Emissions		**Bruits**	**Vibrations**	
		Personnel : 80 dBA Population : . 64 dBA le jour ; . 54 dBA la nuit.	10 mm/s pondéré (tirs de mines) 6 mm/s (vibrations continues ou assimilées)	

NB :
- pour la silice, la CAA retenue est la valeur toxicologique de référence (VTR) de l'OEHHA (2005) ;
- pour le SO_2 et le NO_2, les CAA sont celles précisées respectivement par l'ATSDR et les objectifs de qualité de l'air fixées au code de l'environnement ;
- pour le bruit, il est retenu la valeur réglementaire à ne pas dépasser au titre de la directive de février 2003 en ce qui concerne le personnel et, avec un coefficient de sécurité de 4, les seuils en deçà desquels il n'existe pas a priori d'effet sur l'audition pour la population ;
- pour les poussières, la valeur prise est une valeur de gestion correspondant aux objectifs de qualité de l'air.

Les flux d'émission des diverses substances émises étant à l'évidence négligeables, il est cependant caractérisé ci-après les effets sur la santé.

5.4.2 LES EFFETS POTENTIELS SUR LA SANTE

5.4.2.1 Les effets potentiels des bruits

Il n'existe pas actuellement d'informations suffisantes concernant les relations dose-réponse entre le bruit et les effets sur la santé, car il existe une grande variabilité de sensibilité parmi les individus.

Cependant, les études réalisées par l'INRS sur les effets du bruit sur l'homme au travail ont révélé qu'il a des effets sur le système cardio-respiratoire : élévation de la tension artérielle, troubles du rythme respiratoire et cardiaque, effets sur le système neuromusculaire.

Outre les effets du bruit sur les systèmes cardio-respiratoire et neuromusculaire, le bruit perturbe aussi le sommeil, notamment l'endormissement, et les sécrétions hormonales.

Les réactions psychiques au bruit peuvent aller jusqu'à la violence chez certains sujets plus fragiles ou trop fatigués, mais chez tous, il peut être constaté une gêne de la concentration, de l'attention et de la vigilance au-dessus d'un certain niveau sonore, beaucoup plus bas que le seuil de risque de surdité.

L'exposition prolongée à des niveaux de bruit intenses détruit peu à peu les cellules ciliées de l'oreille interne. Elle conduit progressivement à une surdité, dite de perception, qui est irréversible.

Le tableau ci-après récapitule les divers stades de surdité.

1er stade	Surdité légère	Le sujet ne se rend pas compte de sa perte auditive, car les fréquences de la parole sont peu touchées.
2ème stade	Surdité moyenne	Les fréquences aiguës de la conversation sont touchées, le sujet devient « dur d'oreille » et ne comprend plus distinctement ce qui se dit.
3ème stade	Surdité profonde et irréversible	Il existe d'autres surdités dont les causes sont sans rapport avec ce type d'exposition et qui peuvent, dans certains cas, être opérées ou corrigées.

D'après l'étude menée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la norme ISO Standard 1990 donne une méthode pour mesurer les effets de tout type de bruit (continu, intermittent, impulsionnel) sur des populations pendant leurs heures de travail. Dans la norme, les relations entre le Laeq et les dommages induits par le bruit sur une période de mesure de 8 heures sont données pour des fréquences comprises entre 50 et 6000 Hz et des durées d'exposition inférieures à 40 ans. L'OMS considère que cette méthode est également applicable à la mesure des effets du bruit sur l'environnement, sur une période spécifique de mesure de 24 heures.

A cet effet, il est recommandé de prendre en compte les items suivants :

- pas d'effet sur l'audition pour une exposition à un niveau de pression acoustique inférieur à 70 dBA pour une période de mesure de 24 h, soit le niveau limite à ne pas dépasser réglementairement en limite d'emprise du site concerné ;

- les données tirées d'expérimentations animales montrent que les enfants et les personnes âgées étaient plus sensibles aux effets du bruit que le reste de la population ;

- des niveaux de pression acoustique instantanée élevée endommagent le système auditif. Aussi, les pics de niveau de pression acoustique supérieur à 140 dB pour les adultes et 120 dB pour les enfants doivent être évités ;

- un niveau de bruit de 80 dBA sur une période de 24 h serait susceptible d'augmenter les risques d'altération de l'audition ;

- les risques de dommages auditifs induits augmentent lorsque la personne est exposée à un bruit associé à des vibrations ou à l'ingestion de drogues. Dans ce cas, des expositions à un niveau de Laeq de 70 dBA (24 h) pourraient endommager l'audition.

Le tableau ci-après précise les valeurs – guides proposées par l'OMS.

VALEURS – GUIDES POUR LE BRUIT PUBLIC DANS DES ENVIRONNEMENTS SPECIFIQUES (OMS)				
Environnement spécifique	**Effets critiques pour la santé**	**Laeq (dB)**	**Base de temps (heure)**	**LAmax rapide (dB)**
Extérieur d'une zone résidentielle	Gêne sérieuse, en journée et en soirée	55	16	-
	Gêne modérée, en journée et en soirée	50	16	-
Intérieur des habitations	Intelligibilité des paroles et désagrément modéré, en journée et en soirée	35	16	
Intérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, pendant la nuit	30	8	45
Extérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, fenêtres ouvertes (valeurs extérieures)	45	8	60
Intérieur des classes d'écoles maternelles et d'écoles primaires	Intelligibilité des paroles, perturbation du cours (attention…)	35	Pendant la classe	-
Intérieur des dortoirs des écoles maternelles	Perturbation du sommeil	30	Pendant la sieste	45
Extérieur de l'école, cour de récréation	Gêne (source externe)		Pendant la pause	-
Intérieur des hôpitaux, chambres des patients	Perturbation du sommeil, pendant la nuit	30	8	40
	Perturbation du sommeil, en journée et en soirée	30	16	-
Intérieur des hôpitaux, salles de traitement	Perturbation du repos et de la récupération	(1)		
Intérieur et extérieur de zones industrielles, zones commerciales et zones de circulation	Affaiblissement de l'ouïe	70	24	110
Cérémonies, festivals et spectacles	Affaiblissement de l'ouïe (fréquence inférieure à 5 fois par an)	100	4	110
Discours publics, intérieurs et extérieurs	Affaiblissement de l'ouïe	85	1	110
Musique à travers un casque/ des écouteurs	Affaiblissement de l'ouïe	85	1	110
Bruits d'impulsion provenant de jouets, de feux d'artifices et d'armes à feu	Affaiblissement de l'ouïe (adultes)			140 (2)
	Affaiblissement de l'ouïe (enfants)			140 (2)
Extérieur dans des zones d'espaces verts et des zones protégées	Rupture de la tranquillité	(3)		
(1) Aussi bas que possible (2) Mesuré à 100 mm de l'oreille (3) Les zones extérieures paisibles existantes doivent être préservées et le ratio bruit introduit/bruit de fond doit rester faible				

En conséquence, il peut être indiqué que les risques potentiels d'une trop forte exposition au bruit sont :

- Augmentation de la fatigue ;
- Troubles de la vigilance ;
- Surdité irréversible.

Les seuils critiques sont les suivants :

- 70 dBA : Seuil en deçà duquel il n'existe pas a priori d'effet sur l'audition ;
- 80 dBA : Seuil au-delà duquel le bruit serait susceptible d'augmenter les risques d'altération de l'audition – seuil également fixé par la directive de février 2003 en ce qui concerne le personnel ;
- 85 dBA : Seuil réglementaire en ambiance de travail (pour 8 h de travail par jour sur une semaine) ;
- 120 à 140 dBA : Seuil de douleur.

En retenant un coefficient de sécurité de 4 au regard des seuils critiques de 70 dBA le jour et 60 dBA la nuit, les niveaux limites admissibles (NJA) peuvent être arrêtés à 64 dBA le jour et 54 dBA la nuit.

La réglementation impose une émergence des bruits inférieure à 5 dBA le jour (3 dBA la nuit) et un bruit limite maximum, en limites de propriété, inférieur à 70 dBA le jour (60 dBA la nuit). Ces exigences étant obligatoirement respectées en limite d'emprise, le bruit à l'extérieur du site ne peut être que plus faible et en deçà de 64 dBA à l'extérieur du site, comme le précise l'étude d'impact en pièce 2.

Il est rappelé que l'être humain commence à percevoir une émergence dès lors que celle-ci dépasse 1 à 2 dBA, alors que le doublement d'un bruit entraîne une augmentation de 3 dBA.

En conclusion, les bruits générés ne pouvant qu'être nettement inférieurs aux seuils critiques mentionnés ci-dessus, le **potentiel d'impact** sur la santé humaine est et sera **nul**.

5.4.2.2 Les effets potentiels des vibrations solidiennes

Comme précisé supra, les vibrations solidiennes engendrées par les engins utilisés sur le site du Rosis se transmettent par le sol sur de faibles distances (quelques mètres) et sont à l'évidence, en deçà du seuil de 6 mm/s tel qu'indiqué à l'instruction du 23.07.1986 au titre des constructions dites sensibles soumises à des vibrations continues ou assimilées.

En conséquence, il peut être indiqué que **le potentiel d'impact** sur la **santé** humaine est et sera **nul**.

5.4.2.3 Les effets potentiels des oxydes d'azote

Au regard de la toxicité des différents oxydes d'azote, il est retenu le plus toxique, à savoir : le dioxyde d'azote.

Le dioxyde d'azote (NO_2) peut provoquer une modification des tissus spécifiques de la structure des poumons, modification réversible qui peut néanmoins être un facteur d'emphysème pulmonaire si l'intoxication est répétée.

Par ailleurs, l'oxydation du NO et du NO_2 s'accompagne d'irritation des yeux, de dommages à la végétation, de la formation de brume, de l'apparition d'ozone et d'une odeur caractéristique.

Les résultats des études épidémiologiques (menées aux Etats-Unis) concernant le NO_2 sont ambigus.

Globalement, les études mettent en évidence les liens entre une augmentation des niveaux de NO_2 et les admissions hospitalières pour exacerbation de problèmes respiratoires chroniques dont l'asthme mais la quantification des effets propres au NO_2 est difficile du fait principalement de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels le NO_2 est corrélé.

L'objectif de qualité retenu pour le NO_2 est de 0,040 mg/m^3 en valeur moyenne annuelle (il constitue également la valeur guide de la directive européenne en valeur limite annuelle).

5.4.2.4 Les effets potentiels du monoxyde de carbone

Particulièrement dangereux dans un local (ce qui n'est pas le cas sur la carrière), le monoxyde de carbone est un gaz toxique asphyxiant car il réagit avec l'hémoglobine du sang pour former un composé relativement stable : la carboxyhémoglobine :

$$HbO_2 + CO \rightarrow Hb\ CO + O_2.$$

L'existence d'une intoxication chronique au monoxyde de carbone, c'est-à-dire l'apparition d'effets toxiques cumulatifs (insomnie, céphalées, anorexie, cardiopathie, etc.) résultant d'une exposition prolongée à de faibles concentrations de CO, reste un sujet de controverse depuis de nombreuses années. Toutefois, certaines études expérimentales de courtes durées ont montré qu'une exposition peut entraîner des zones de nécrose partielle ou totale des fibres musculaires du myocarde, ce qui pourrait expliquer la mort subite de grands fumeurs en cas d'inhalation de monoxyde de carbone.

En cas d'exposition très élevée (ce qui n'est pas le cas) et prolongée, il peut être mortel et laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles.

Le monoxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène mais il est nettement foetotoxique.

La valeur retenue en matière de qualité de l'air est la moyenne glissante en 8h00 en retenant un coefficient de sécurité complémentaire de 2, soit 5 mg/m^3.

5.4.2.5 Les effets potentiels du dioxyde de soufre

L'exposition prolongée augmente l'incidence de pharyngite et de bronchite chronique. Celle-ci peut s'accompagner d'emphysème et d'une altération de la fonction pulmonaire en cas d'exposition importante et prolongée. L'inhalation peut aggraver un asthme préexistant et les maladies pulmonaires inflammatoires ou fibrosantes.

De nombreuses études épidémiologiques ont démontré que l'exposition chronique peut entraîner une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardio-vasculaire (maladie ischémique).

L'objectif de qualité retenu pour le SO_2 est de 0,050 mg/m^3 en valeur moyenne annuelle.

5.4.2.6 Les effets potentiels des poussières

A) Généralités

En ce qui concerne les particules de poussières, la taille granulométrique constitue le facteur déterminant de l'absorption ; au regard des fines particules (PM 2,5), la principale voie d'exposition est la voie respiratoire inférieure. Par contre, les particules de taille plus importante (PM 10) pénètrent mal dans les bronchioles les plus fines du système respiratoire et se retrouvent généralement précipitées dans l'oropharynx (40 %) puis sont dégluties pour être absorbées.

Les effets biologiques des particules, et par conséquent sur la santé humaine, sont de manière globale de trois ordres : des effets immunotoxiques (dont certains allergiques), des effets génotoxiques (dont certains cancérigènes) et des réactions inflammatoires non spécifiques. Il est toutefois certain que la nature de ces effets est à mettre en relation avec les différents composés en présence sous forme particulaire.

Concernant les effets à long terme, tels que la mortalité cardio-vasculaire, les études sont rares et concernent essentiellement une pollution urbaine de fond.

De manière générale, les différentes études épidémiologiques tendent à montrer que les PM 2,5 restent les particules les plus préoccupantes en terme de santé publique.

Par ailleurs, le risque cancérigène des particules est fortement lié aux constituants chimiques, notamment certains éléments particulaires, tels que le nickel, l'arsenic, le chrome et le cadmium, ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques, ce qui n'est pas le cas sur le site projeté compte tenu du caractère négligeable des émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules.

Compte tenu des données toxicologiques, la valeur toxique de référence des poussières émises sur le site est prise à 0,030 mg/m^3 au titre des objectifs de la qualité de l'air définis par la réglementation et la directive européenne, toutes poussières confondues.

B) Les poussières et la silice

Les **effets des poussières portent** essentiellement sur le **système respiratoire**. Les poussières sont absorbées par le biais de la respiration et affectent les poumons.

Les particules peuvent être regroupées sous deux catégories :

- fraction inhalable (0 à 100 µm) ;
- fraction alvéolaire (< 10 µm) et en particulier la fraction < 2,5 µm (PM 2,5).

Les poussières alvéolaires étant les plus dangereuses et notamment en cas d'effet spécifique comme la silice, une attention toute particulière doit être apportée en ce qui concerne la santé au niveau de la pneumoconiose. Cette affection pulmonaire dépend de plusieurs facteurs :

- la nature des minéraux ;
- la taille des particules ;
- la quantité de poussières ;
- la durée d'exposition.

En carrière classique, la *silicose* est la seule pneumoconiose pouvant être développée. Les lésions silicotiques se développent en réponse à l'inhalation de silice libre pouvant atteindre les alvéoles pulmonaires (les silicates sont exclus).

La silice (bioxyde de silicium : SiO_2) se présente dans la nature sous forme cristalline (quartz, tridymite, cristobalite...) ou sous forme amorphe (silex, opale, calcédoine...). Les formes amorphes sont peu nocives contrairement aux formes cristallines. Parmi celles-ci, la tridymite et la cristobalite sont des formes qui apparaissent à haute température (roches volcaniques ou transformations industrielles). En conséquence, n'est pris en compte que le quartz qui est la forme de silice cristalline la plus répandue qui est l'un des minéraux les plus abondants de l'écorce terrestre (12 %) car il constitue un composant majeur de très nombreuses roches ignées (granite, pegmatite, …), métamorphiques (quartzite) ou sédimentaires (sable).

La quantité de poussières déposées dans les alvéoles pulmonaires influence directement l'apparition d'une pneumoconiose minérale car seule la fraction alvéolaire peut induire un risque de maladie. Celle-ci est prise en compte à travers deux facteurs :

- la concentration en poussières ;
- la durée d'exposition.

C) Les effets

La toxicité de la silice cristalline sur l'homme est résumée ci-après :

a) Toxicité aiguë

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

b) Toxicité chronique

Elle se traduit par une pneumoconiose fibrosante secondaire à l'inhalation de particules de silice libre dont les manifestations cliniques sont tardives avec un processus en 4 phases :

* phase de latence (pouvant aller jusqu'à 30 ans) ;

* phase d'état avec apparition progressive d'une bronchopneumopathie chronique non spécifique avec toux matinale, expectoration, dyspnée d'effet… ;

* phase d'insuffisance respiratoire avec dyspnée d'effet de plus en plus marquée ;

* phase d'hypertension artérielle pulmonaire associant dyspnée de repos et signes de cœur pulmonaire élucidé.

c) Atteinte auto-immune

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'étant pas actuellement élucidé.

d) Cancérogénèse

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 en 1996.

Cependant, aucun ERU (excès de risque unitaire) n'a à ce jour été déterminé.

En effet, le CIRC (centre international de recherche sur le cancer) classe certaines silices polymorphes (quartz et cristobalite notamment) dans le groupe 1 (carcinogènes pour l'homme) et les silices amorphes dans le groupe 3 (carcinogénéité non démontrée).

En rappelant que la cristobalite et la tridymite sont très rares à l'état naturel, étant essentiellement constatées dans certaines roches volcaniques et certaines météorites pierreuses, le tableau ci-après précise les éléments de classement du CIRC.

Un résumé de la classification du CIRC concernant la silice, quelques silicates et poussières de charbon (vol. 68, 1997) est présenté ci-après :

SUBSTANCE	CRITERE DE CANCEROGENICITE		CLASSIFICATION DU CARACTERE CANCERIGENE
	Homme	Animal	
Silice amorphe :	I		3
. Terre à diatomée non calcinée		I	
. Silice amorphe synthétique		I	
Poussières de charbon	I	I	3
Silice cristalline (inhalée sous forme de quartz ou cristobalite en milieu professionnel) :	S		1
. Quartz et cristobalite ;		S	
. Tridymite.		L	
Wollastonite	I	I	3
Zéolites autres que l'Erionite :	I		
. Clinoptilolite ;		I	3
. Phillipsite ;		I	3
. Mordenite ;		I	3
. Zéolite japonaise non fibreuse ;		I	3
. 2 éolithes synthétiques.		I	3

I : preuve insuffisante
L : preuve limitée
S : preuve suffisante
1 : la substance est cancérigène pour l'homme
3 : la substance ne peut être classée pour sa cancérogénicité pour l'homme

e) Valeur toxique de référence (VTR)

Etant précisé qu'à ce jour, il n'existe pas de valeur toxique de référence en tant que substance sans seuil, il est retenu la valeur toxique de référence en tant que substance à seuil telle que préconisée en 2005 par l'OEHHA, à savoir : 0,003 mg/m^3.

f) Conclusion

Compte tenu des données toxicologiques, les valeurs toxiques de référence des poussières émises sur le site sont :

- 0,030 mg/m^3 au titre des objectifs de la qualité de l'air définis par la réglementation et la directive européenne toutes poussières confondues ;
- 0,003 mg/m^3 en ce qui concerne la silice, étant rappelé que la concentration admissible dans l'air (CAA) est prise à la valeur toxicologique de référence (VTR) retenue en 2005 par l'OEHHA, valeur à comparer à la valeur réglementaire en ambiance de travail qui est de 0,1 mg/m^3 pour 8 heures de travail (il est rappelé qu'il n'existe pas à ce jour de valeur de l'Excès de Risque Unitaire – ERU – pour la silice).

5.5 EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS

5.5.1 LES POUSSIERES DIFFUSES

A) Les hypothèses de simulation

En ce qui concerne les particules de poussières, la taille granulométrique constitue le facteur déterminant de l'absorption ; au regard des fines particules (PM 2,5), la principale voie d'exposition est la voie respiratoire inférieure. Par contre, les particules de taille plus importante (PM 10) pénètrent mal dans les bronchioles les plus fines du système respiratoire et se retrouvent généralement précipitées dans l'oropharynx (40 %) puis sont dégluties pour être absorbées.

Les effets biologiques des particules, et par conséquent sur la santé humaine, sont de manière globale de trois ordres : des effets immunotoxiques (dont certains allergiques), des effets génotoxiques (dont certains cancérigènes) et des réactions inflammatoires non spécifiques. Il est toutefois certain que la nature de ces effets est à mettre en relation avec les différents composés en présence sous forme particulaire.

Concernant les effets à long terme, tels que la mortalité cardio-vasculaire, les études sont rares et concernent essentiellement une pollution urbaine de fond.

De manière générale, les différentes études épidémiologiques tendent à montrer que les PM 2,5 restent les particules les plus préoccupantes en terme de santé publique.

Par ailleurs, le risque cancérigène des particules est fortement lié aux constituants chimiques, notamment certains éléments particulaires, tels que le nickel, l'arsenic, le chrome et le cadmium, ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques, ce qui n'est pas le cas sur le site projeté compte tenu du caractère négligeable des émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules.

Compte tenu des données toxicologiques, les valeurs toxiques de référence des poussières émises sur le site sont :

- 0,030 mg/m^3 au titre des objectifs de la qualité de l'air définis par la réglementation et la directive européenne toutes poussières confondues ;
- 0,003 mg/m^3 en ce qui concerne la silice (OEHHA 2005).

B) La méthode

Etant rappelé que le seul risque d'effet peut provenir des poussières alvéolaires siliceuses, l'estimation des doses moyennes journalières (DMJ_{INH}) des sources diffuses siliceuses dépend :

- de la concentration moyenne dans l'air (CMAd) des poussières alvéolaires et notamment siliceuses ;

  Aussi, en retenant une valeur maximale d'empoussiérage (VMemp) de 5 mg/m^3 telle que définie réglementairement au titre du RGIE empoussiérage, la CMAd silice ressort à 0,3 mg/m^3 en retenant un taux de quartz de 6 % représentant le double du taux de quartz pouvant être constaté sur la carrière (cf. pièce 4 et paragraphe 5.1.6 de la présente pièce 5) ;

- du débit de la substance concernée (Q), débit qui est fonction de la vitesse du vent (pris à 3 m/s en moyenne) du volume d'air translaté et de la CMAd (Q = V.CMAd) ;

- de la variabilité des directions de la ventosité et donc de la rose des vents ;

  En retenant l'ensemble de la rose des vents qui comprend 18 secteurs de 20°, le taux de variabilité peut être retenu de façon conservatoire à DV = $\frac{1}{18}=0{,}056$ pour chaque direction.

- du taux d'exposition de la population TE. En prenant en compte de façon défavorable 35 heures de travail par semaine correspondant à 1 poste de travail, le TE annuel ressort à 0,18 en retenant une période d'extraction de 40 semaines réparties sur l'année ;

- de la diffusion atmosphérique au sol dans le lit du vent en fonction de la distance considérée.

  Pour cela, il est utilisé les abaques C.T.A (coefficient de transfert atmosphérique) issus de la méthode gaussienne, pour un vent de 3 m/s (vent moyen) en diffusion faible (DF 3) et en diffusion normale (DN 3) pour 10 % et 90 % du temps, pourcentages observés usuellement la plupart du temps.

- d'un taux correctif d'appauvrissement (CA), appauvrissement dû :

  . à un processus induisant à un dépôt sur le sol, dit dépôt sec ;

  . à un processus de précipitation par lavage, dit dépôt précipité consécutif aux précipitations atmosphériques locales (pluies, neiges…) ;

  Ce correctif d'appauvrissement est peu significatif pour des émissions canalisées et des distances courtes, notamment inférieures à 2 000 m, tant en ce qui concerne les dépôts secs que les dépôts précipités. Après calcul, le coefficient CA est de 0,99, pris égal à 1.

  Pour des émissions diffuses, ce coefficient est beaucoup plus faible, de l'ordre du taux d'exposition, pris de façon conservatoire à 0,5 ;

- d'un terme correctif de réflexion pour les émissions longues. Ce correctif de réflexion (CR), dans le cas d'une émission voisine du sol, s'obtient par adjonction d'une source virtuelle et symétrique de la source réelle par rapport au sol réflecteur (source image), soit un coefficient CR maximum de 2, pris à 1,8.

En définitive, en retenant une valeur maximale d'empoussiérage (VMemp) telle que définie réglementairement à 5 mg/m^3, la dose moyenne journalière dans l'air au lieu considéré (DMJ_{INH}) s'écrit de façon conservatoire, pour un vent moyen de 3 m/s :

$$DMJ_{INH} \text{ silice} = CTA \,.\, Q \,.\, CMAd \text{ silice} \,.\, TE \,.\, DV \,.\, CR \,.\, CA$$

avec :

. CTA en s/m^3 ;
. CMAd en mg/m^3 ;
. Q en m^3/s;
. DMJ_{INH} en mg/m^3 ;
. TE : Taux d'Exposition ;
. DV : Taux de Variabilité du vent (0,056) ;
. CR : Correctif de Réflexion (1,8) ;
. CA : Correctif d'Appauvrissement (0,5).

DMJ_{INH} silice = 0,0081 . C.T.A.

(Il est précisé que ce calcul ne tient pas compte :

- de l'effet d'altitude des rejets, effet qui contribue également à une dilution supplémentaire consécutivement au processus de diffusion atmosphérique ;

- du fait que les sources de poussières alvéolaires diffuses ne sont pas à l'évidence rejetées en permanence dans la carrière ou sur l'ensemble des lieux de la carrière.)

Le tableau suivant précise les différents CTA (cf. abaques) pour un vent de 3 m/s.

Tableau des CTA en s/m^3			
Distance en m	**CTA diffusion faible Vents de 3 m/s**	**CTA diffusion normale Vents de 3 m/s**	**CTA diffusion moyenne Vents de 3 m/s**
10	$5{,}0.10^{-2}$	$3{,}0.10^{-2}$	$3{,}2.10^{-2}$
20	$1{,}9.10^{-2}$	$1{,}0.10^{-2}$	$1{,}1.10^{-2}$
30	$1{,}1.10^{-2}$	$6{,}0.10^{-3}$	$5{,}4.10^{-3}$
60	$4{,}4.10^{-3}$	$1{,}8.10^{-3}$	$2{,}1.10^{-3}$
90	$2{,}5.10^{-3}$	$7{,}5.10^{-4}$	$9{,}2.10^{-4}$
120	$1{,}8.10^{-3}$	$5{,}0.10^{-4}$	$6{,}3.10^{-4}$
150	$1{,}4.10^{-3}$	$3{,}5.10^{-4}$	$4{,}5.10^{-4}$
180	$1{,}1.10^{-3}$	$3{,}0.10^{-4}$	$3{,}8.10^{-4}$
210	$9{,}0.10^{-4}$	$2{,}3.10^{-4}$	$3{,}0.10^{-4}$
240	$6{,}0.10^{-4}$	$1{,}8.10^{-4}$	$2{,}2.10^{-4}$
270	$5{,}0.10^{-4}$	$1{,}5.10^{-4}$	$1{,}9.10^{-4}$
300	$4{,}5.10^{-4}$	$1{,}2.10^{-4}$	$1{,}5.10^{-4}$

Il pourra être constaté que l'effet de dilution induit par la diffusion atmosphérique est le plus important dans les 100 premiers mètres.

C) Les doses moyennes journalières et la caractérisation des risques sanitaires

En définitive, le tableau ci-après précise les estimations :

- des différentes CMAd silice qui, intégrées sur l'année, sont appelées des doses moyennes journalières inhalables (DMJ_{INH} silice) en fonction de la distance ;
- des différents coefficients de dangers (QD silice) en fonction de la distance, étant rappelé que la VTR de la silice est de 0,003 mg/m^3 pour une valeur d'exposition professionnelle de 0,1 mg/m^3 pour 8 heures.

DISTANCE EN M	$DMJI_{NH}$ SILICE EN ng/m^3	QD SILICE SANS UNITE
10	265,1	0,0884
20	91,1	0,0304
30	44,7	0,0149
60	17,4	0,0058
90	7,6	0,0025
120	5,2	0,0017
150	3,7	0,0012
180	3,1	0,0010
210	2,5	0,0008
240	1,8	0,0006
270	1,6	0,0005
300	1,2	0,0004

En ce qui concerne les poussières totales, et en reprenant le même raisonnement pour un taux de 5 mg/m^3, le calcul conduirait, pour la distance la plus défavorable, soit 10 m, un taux de 3 µg, à un QD en valeur de gestion de 1,47 valeurs correspondant à une zone non polluée (le taux de poussières en zone non polluée est de l'ordre de 15 à 20 µg/m^3).

Pour le personnel de l'exploitation, la valeur toxique de référence pour le quartz étant de 0,1 mg/m^3, le coefficient de danger est négligeable.

En conséquence, il apparaît que malgré les hypothèses conservatoires retenues, la **poussière alvéolaire** siliceuse diffuse **ne peut apporter d'effet sur la santé** des populations et du personnel de l'exploitation.

D) Rappels concernant la caractérisation des risques sanitaires pour les substances dites à seuil

Il est rappelé que la caractérisation des effets et des risques sanitaires s'effectue au regard des effets potentiels qui sont :

- soit des effets toxiques réputés à seuils (ce qui est le cas des substances émises) ;
- soit des effets toxiques réputés sans seuil (ce qui n'est pas le cas des substances émises).

En ce qui concerne les **effets toxiques à seuil**, les effets chroniques non cancérogènes (exposition à dose faible et prolongée), **l'estimation du risque** s'effectue au moyen :

- d'un **coefficient de danger QD** pour une **voie d'exposition donnée** ;
- d'un indice de danger ID ou indice de risque (IR) se calculant par additivité des QD, si la substance produit, par des voies différentes, le même effet toxique sur le même organe, ou si les substances de sources différentes sont identiques.

Dans le cas de la carrière, **la voie d'exposition donnée** est la **voie respiratoire** ce qui permet d'indiquer que le coefficient de danger pour une substance donnée est :

$$QD_{inh} = \frac{CMAd.TE}{CAA} = \frac{DMJinh}{CAA}$$

avec CMAd.TE : concentration moyenne dans l'air corrigée du taux d'exposition TE, soit les valeurs DMJ_{inh} déterminées par l'étude de diffusion ;

CAA : concentration admissible dans l'air, soit les valeurs des relations dose-réponse précisées en supra.

Il est rappelé que le **coefficient de danger** ou **l'indice de danger** est une valeur numérique qui détermine l'évaluation qualitative du risque avec :

- un **rapport < 1** signifiant que la **population exposée** est théoriquement **hors de danger** ;
- un **rapport > 1** signifiant que **l'effet toxique peut se déclarer**, sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

5.6 INCERTITUDES

1. Analyse des incertitudes au titre des tirs de mines en grande masse

Cette étude des effets sur la santé a été réalisée en fonction de différents paramètres tels que :

* Les critères de sélection de V.T.R. et de valeurs guides ;
* Les diverses analyses concernant les substances émises par l'installation ;
* Les méthodes de calcul notamment en ce qui concerne :

  . les estimations de risque ;
  . les estimations de dose moyenne journalière ;
  . le calcul de la hauteur effective des rejets.

L'analyse des incertitudes liées à ces différents paramètres fait ressortir les items suivants.

A) Les effluents gazeux

Les taux des effluents gazeux ont été moyennés dans la fourchette haute en fonction des données ressortant des analyses en laboratoire.

Aussi, il peut être retenu une estimation haute de 1 et une estimation basse de - 50 %.

Le volume de fumées (hors vapeur d'eau) qui a été retenu est le volume maximum de fumées ressortant des analyses en chambre.

A l'expérience, il apparaît que sur le terrain, ces volumes de fumées sont nettement inférieurs. Aussi, il sera retenu une estimation haute de 1 et une estimation basse de – 50 %.

B) Fonctionnement des engins

Le fonctionnement des engins retenu reflète le fonctionnement réel de l'exploitation de la carrière.

En effet, si la simulation a été réalisée en retenant une production maximale de 70 000 t/an, soit une incertitude haute de 1, elle entraîne une incertitude basse de 0,71 par rapport à une production moyenne évaluée à 50 000 t/an.

C) Critères de sélection des V.T.R.

Les effets sur la santé des différentes substances émises ont fait l'objet :

- de nombreuses recherches bibliographiques (cf. banque de données – valeurs de référence, en annexe) ;

- d'une compilation des données et d'un important travail de synthèse.

Les V.T.R. sélectionnés ont été retenues :

- soit en fonction des banques de données sélectionnées dans le cadre de la circulaire du 30 mai 2006, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des V.T.R. ;

- soit en fonction des objectifs de qualité de l'air définis au code de l'environnement, lorsque des V.T.R. n'ont pu être trouvées dans les banques de données précitées. Dans ce cas, il s'agit de valeur guide ou de valeur de gestion.

Aussi, les V.T.R. retenues sont conservatoires et peut être même trop conservatoires pour certaines, compte tenu du manque de connaissance.

Compte tenu de ces concentrations, il est rappelé ci-après les V.T.R. chroniques retenus pour les différentes substances émises :

* CO : CAA chronique : 5 mg/m^3, soit la valeur guide de la recommandation de l'OMS ou la valeur du maximum journalier de la moyenne sur 8 heures calculée sur une année civile, en tenant compte d'un coefficient de sécurité de 2 ;

* NOx : CAA chronique : 0,040 mg/m^3, soit la valeur guide de la directive européenne ou l'objectif de qualité précisé au code de l'environnement ;

* Poussières : CAA chronique (cf. code de l'environnement) :

  - objectif de qualité :

    . 30 µg/m^3 pour les PM10 ;
    . 10 µg/m^3 pour les PM2,5 ;

  - valeurs limites pour les PM10 :

    . 50 µg/m^3 en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile pour les PM10 ;
    . 40 µg/m^3 en moyenne annuelle ;

  - valeurs limites pour les PM2,5 :

    . valeur cible : 20 µg/m^3 en moyenne annuelle civile ;
    . valeur limite : 25 µg/m^3 en 2015 (29 en 2010, 28 en 2011, 27 pour 2012 et 26 pour 2013 et 2014).

En conséquence, il n'est pas retenu d'incertitude pour les VTR.

D) Analyse des méthodes

Les méthodes utilisées sont détaillées dans le corps et dans l'annexe de cette étude.

Ces différentes méthodes portent sur :

- L'évaluation des risques ;
- L'évaluation des concentrations dans l'air par la méthode gaussienne de dispersion atmosphérique ;
- La détermination des hauteurs effectives de rejet.

D1) Evaluation des risques

En ce qui concerne l'évaluation des risques, il a été retenu les méthodes préconisées par l'institut de veille sanitaire (IVS) et de l'INERIS.

Ces méthodes n'appellent pas d'observations compte tenu de la rigueur utilisée. Aussi, il n'est pas retenu d'incertitude.

D2) Concentration dans l'air

En ce qui concerne la détermination des concentrations moyennes dans l'air des substances émises, il a été retenu la méthode gaussienne permettant d'évaluer, en fonction des transferts atmosphériques, les concentrations au niveau du sol dans le lit du vent.

Cette méthode a été adaptée aux cas étudiés.

Cependant, en ce qui concerne les incertitudes de calcul, il convient de préciser certains éléments.

D3) Rose des vents et ventosité

La ventosité retenue a porté, de façon très conservatoire pour la source instantanée, sur les 3 directions des deux vents dominants, soit 6 secteurs sur l'ensemble des 18 secteurs de la rose des vents. Ces 6 secteurs retenus représentent environ 33 % des secteurs de la rose des vents.

Aussi, si l'estimation haute peut être retenue à 1, l'estimation basse ne peut être qu'inférieure et représente un coefficient pouvant être pris à 0,4.

D4) Turbulence de ventosité

En ce qui concerne la turbulence du vent, il n'a pas été tenu compte d'un facteur correctif qui est un facteur diviseur des concentrations calculées au sol au centre du nuage transféré et diffusé en particulier pour les sources ponctuelles instantanées.

Si les divisions longitudinales et ventosité ne sont pas influencées, il n'en est alors pas de même pour la dimension transversale du nuage fortement influencée par la variabilité de la direction du vent. Aussi, les concentrations calculées au centre du nuage sont plus faibles et cela revient à surestimer certaines concentrations instantanées.

Les incertitudes de calculs sur ce genre de modélisation étant de l'ordre de 2, compte tenu de la complexité des phénomènes, les estimations basses et hautes des risques inhérents à cette modélisation sont prises à –50 % et + 100 %.

E) Détermination des incertitudes maximales haute et basse

Compte tenu des commentaires précités, les incertitudes maximales haute et basse peuvent être déterminées comme suit par rapport aux QD calculés.

* Incertitude haute IH :

IH = 1 . 1 . 1 . 2, soit IH = 2.

* Incertitude basse IB :

IB = 0,50 . 0,65 . 0,40 . 0,50, soit IB = 0,05.

En définitive, ce calcul d'incertitude :

* confirme le caractère conservatoire des éléments de calcul ;

* signifie que les QD moyens calculés et négligeables peuvent fluctuer de 0,05 QD à 2 QD et cela temporellement en fonction des différents et nombreux phénomènes intervenant naturellement sur le site.
  Cependant, le QD moyen calculé, intégré sur l'année, reflète le QD à long terme, caractéristique des effets chroniques même s'il est sujet à l'évidence, à des fluctuations dans le temps.

2) Analyses des incertitudes au titre des émissions diffuses

Compte tenu des éléments précisés, aucun calcul d'incertitude n'est réalisé, les flux qualifiés étant négligeables.

Toutefois, en ce qui concerne les poussières, et en particulier les poussières alvéolaires siliceuses, il convient de préciser que le calcul conduit apparaît particulièrement conservatoire, notamment en ce qui concerne les hypothèses retenues et en particulier pour ce qui est :

- de la concentration admissible dans l'air (CAA) de la silice (0,003 mg/m^3), qui constitue une valeur toxique de référence contraignante au regard de la valeur d'exposition professionnelle de 0,1 mg/m^3 ;

- du fait que les émissions des substances ont été estimées à des altitudes de 0 m (représentant le niveau du gradin en exploitation) alors que dans une carrière, les émissions se réalisent à des altitudes différentes (gradins) et plus importantes conduisant à un effet complémentaire de dilution atmosphérique de plus en plus important en fonction de l'altitude de rejet. Dans le cas présent, cet effet complémentaire est tel (cf. infra) que les QD sont négligeables.

5.7 CONCLUSION

Compte tenu de l'activité actuelle et au regard des procédés qui sont et seront en œuvre, le site d'extraction de la carrière de Rosis **n'a** et **n'aura aucun effet temporaire ou durable sur la santé humaine**, **tant du personnel** que des **populations avoisinantes.**