

MINÉRAUX INDUSTRIELS-FRANCE
ORGANISATION PROFESSIONNELLE



UNION NATIONALE DES
PRODUCTEURS DE GRANULATS

EVALUATION DE LA SILICE CRISTALLINE ALVÉOLAIRE AUTOUR DES CARRIÈRES

Synthèse de l'étude UNPG - MI-F

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

En 2019, l'ANSES a publié un rapport d'expertise lié aux dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline (ANSES, avril 2019). Au-delà des recommandations de prévention, surveillance et réparation en milieu professionnel, l'expert sanitaire (p.393 et suivantes) recommandait :

- De surveiller dans le cadre de la réglementation relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) pour les carrières, les émissions de silice cristalline, notamment à l'attention des riverains de ce type d'installation. Il recommande également que les données issues de cette surveillance soient centralisées et accessibles. [...]
- De compléter l'étude de la prévalence des expositions à la silice cristalline dans les principaux secteurs concernés, notamment la construction, la métallurgie, les industries extractives, la fabrication de produits minéraux non métalliques.
- De documenter les concentrations environnementales en silice cristalline dans l'air extérieur, au travers d'études réalisées aussi bien en station de fond qu'à proximité de sites susceptibles de générer des aérosols contenant de la silice cristalline, tels que les axes routiers et chantiers BTP. Selon les résultats, l'intérêt d'inclure la silice cristalline dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air extérieur pourra être évalué.
- [...] En fonction des données d'exposition recueillies, conduire une éventuelle évaluation des risques sanitaires en population générale. »

Pour répondre à ces questionnements, les services de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de la Transition écologique (MTE) ont demandé aux industriels concernés de produire des données afin de préciser les risques et d'envisager, le cas échéant, une éventuelle évolution réglementaire.

1) UNE METHODOLOGIE VALIDEE PAR LE MINISTERE

La fédération des Minéraux Industriels – France (MI-F) et celle des Producteurs de Granulats (UNPG) ont fait réaliser un plan d'évaluation du risque sanitaire chez les riverains vis-à-vis de la silice cristalline alvéolaire par le bureau d'étude EVADIES, expert reconnu dans le domaine de l'évaluation de la qualité de l'air. La méthodologie proposée, sur un panel jugé représentatif des carrières en France, a fait l'objet d'échanges avec le MTE et l'ANSES ; elle est basée sur :

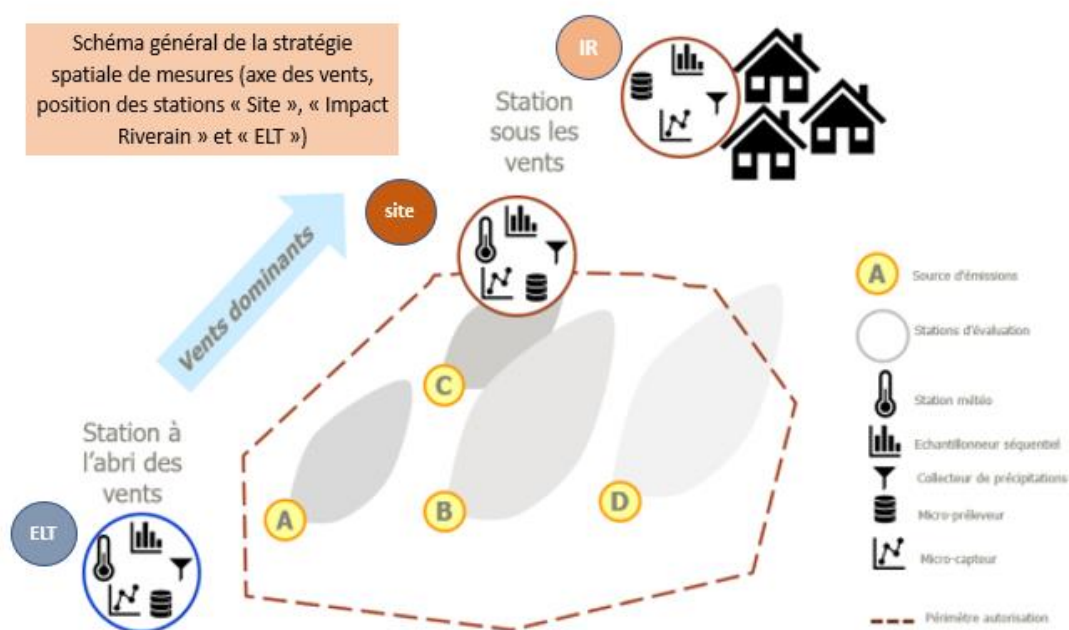
- l'application des règles fixées par la Directive 2008/50/CE et des normes de mesurage de la concentration des particules dans l'air (NF EN 12341 – juin 2014)
- les pratiques habituelles liées à la surveillance de l'impact environnemental et sanitaire d'une installation industrielle dirigées notamment par le guide de surveillance de l'air autour des installations classées (INERIS – décembre 2021) ainsi que celui publié pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées (INERIS-septembre 2021).

Ce **plan d'évaluation n'a pas vocation à être déployé sur l'ensemble des carrières** installées sur le territoire. Il s'est agi d'un plan expérimental porté par l'industrie extractive et de première transformation destiné à l'appréciation collective du risque "silice cristalline alvéolaire" pour les populations riveraines d'un site susceptible d'en produire suffisamment pour présenter potentiellement un risque sanitaire. **Les enseignements de ce plan expérimental sont publiés¹ afin de faire référence de l'état de la qualité de l'air autour des carrières en activité et de permettre aux professionnels de l'industrie extractive d'y faire référence dans leurs dossiers d'autorisation environnementale.**

Le protocole a consisté à mesurer les particules fines étudiées habituellement lorsqu'il s'agit d'effectuer des suivis de la qualité de l'air, à savoir les PM10 et les PM2,5, à l'aide de 3 stations réparties dans l'axe du vent dominant :

- la première en limite de site sous le vent de la carrière (station 1),
- la seconde chez le premier riverain exposé sous le vent dominant du site (station 2), et
- la troisième en amont du vent dominant, hors influence de la carrière (station 3).

Chaque station comprenait des préleveurs séquentiels pour récupérer sur filtres PVC les particules par fraction granulométrique à des fins d'analyse pour déterminer la fraction siliceuse, des micro-capteurs permettant un suivi simultané et en continu des concentrations en PM10 et PM2,5 ainsi que des micro-préleveurs pour évaluer l'opportunité d'utiliser ce type d'appareils en lieu et place des préleveurs séquentiels. En outre, chaque carrière a été équipée pendant chaque campagne d'une station météorologique. Le schéma suivant synthétise l'approche spatiale du protocole retenu pour l'étude :



¹ Dans des revues scientifiques spécialisées françaises et étrangères (en cours)

La connaissance de la proportion de la silice en fonction des différentes fractions a été jusqu'à présent peu documentée et en particulier dans les carrières. L'objectif a été de **se placer dans des conditions pénalisantes** vis à vis de la silice cristalline alvéolaire dans l'environnement. Ainsi, les analyses de silice ont été réalisées sur les deux fractions PM10 (la plus majorante) et PM2,5 en les généralisant à l'ensemble des stations de mesures, y compris celle présente en limite de la carrière (station 1). **Cette recherche encadre de facto le référentiel habituellement utilisé pour la détermination des concentrations en silice sur la fraction PM4.**

Enfin, les suivis environnementaux des carrières² portant sur les poussières sédimentables, des mesures par jauges ont également été conduites au droit des stations de mesures afin de contrôler la cohérence des campagnes de l'étude par rapport aux suivis annuels.

² arrêté du 22 septembre 1994 modifié relatif aux exploitations de carrières et arrêté du 26 novembre 2012 modifié relatif aux installations de premier traitement des matériaux.



Figure 2 Localisation et principales caractéristiques des sites suivis

Un **panel de 5 sites (carrières et leurs installations)** a ainsi été constitué sur la base de leur forte **potentialité d'émissions de silice cristalline** alvéolaire dans des contextes de production différents (tailles, surfaces, procédés de traitement, ...) et représentatifs des diversités géographiques et géologiques françaises (cf. carte de localisation des sites). Chacune des carrières a fait l'objet de deux périodes d'investigation d'un mois pendant des saisons contrastées permettant de répondre aux exigences de représentativité de la Directive 2008/50/CE pour des mesures indicatrices de la qualité de l'air. Pour ces 5 carrières, les distances effectives des premières habitations (stations 2) aux limites d'exploitation s'échelonnent de 190 mètres à 1000 mètres, **permettant à l'étude de disposer d'un large registre de situations autour des sites en exploitation** (cf. fiche de chaque carrière en annexe 2) : ces informations figurent en abscisse des graphiques de présentation des mesures réalisées (cf. annexe 1).

2) REPRESENTATIVITE DES CAMPAGNES

Les campagnes organisées dans le cadre de l'étude sont représentatives :

- de l'empoussièrément moyen autour des sites, situation évaluée en rapprochant systématiquement les données des retombées de poussières des campagnes avec celles des suivis annuels réglementaires des sites donnant une information sur de longues périodes.
- de la qualité de l'air conformément aux prescriptions de la directive 2008/50/CE, avec une couverture annuelle de plus de 14 %.

3) PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS EN CE QUI CONCERNE LA SILICE CRISTALLINE ALVEOLAIRE (CF. GRAPHIQUES EN ANNEXE1)

- Sur l'ensemble des mesures, **les concentrations en silice mesurées au niveau des habitations les plus proches ne contribuent pas à l'apparition d'un risque pour la santé des populations**. Ce constat est valable pour les analyses effectuées sur la fraction des PM10 comme sur celle des PM2,5. Des concentrations semblables sont mesurées sur la station témoin et la station sous les vents.
- Il existe une **décroissance importante et rapide des concentrations en silice sur les campagnes de mesures entre les limites des sites et les riverains, en pourcentage moyen ainsi qu'en concentrations maximales journalières**.
- **Il n'y a pas de relation entre la taille du site (tonnage, surface exploitée) et les concentrations relevées. Le facteur déterminant est la distance entre le riverain et les sources principales d'émissions**.
- **Le quartz est mieux représenté dans les PM10 que dans les PM2,5 dans l'environnement des sites. Ainsi, la mesure de silice cristalline alvéolaire semble plus appropriée sur la fraction granulométrique PM10, évitant de minorer l'évaluation des risques**.

Enfin, on peut remarquer sur l'ensemble des sites une **grande dispersion des valeurs mesurées de silice cristalline alvéolaire** soulignant la nécessité de répéter les mesures pour s'assurer dans le temps de la représentativité des résultats. Cette observation n'est pas surprenante puisqu'elle est identifiée de longue date dans l'évaluation du risque sanitaire pour les travailleurs à l'intérieur des sites, avec des règles précises pour que les contrôles opérés soient statistiquement validés.

4) AUTRES RESULTATS OBTENUS EN CE QUI CONCERNE LES POUSSIERES (CF. GRAPHIQUES EN ANNEXE1)

Les seuils nationaux de qualité de l'air PM10 et PM2,5 sont respectés au voisinage des carrières (cf. tableaux en annexe 4).

L'étude conduite montre que **les PM10 constituent la fraction granulométrique la plus représentative des émissions des carrières**. Les concentrations de cette fraction granulométrique décroissent rapidement quand on va mesurer au-delà de la station 1 (limite du site) pour atteindre rapidement des concentrations au niveau des stations 2 « riverains » proches de celles relevées sur les stations témoins (3). Cette constatation

vient renforcer les conclusions des études antérieures menées pour caractériser les émissions des carrières : étude CEREGE-ATMO PACA conduite de 2012 à 2014 en région PACA et étude EMCAIR-ADEME de 2015 à 2018. Les émissions de particules restent très localisées au niveau du site.

Enfin, les résultats des mesures observés sur les stations témoins implantées pour l'étude sont cohérents avec ceux acquis sur les stations rurales locales du réseau national AASQA.

5) AVANCEES METHODOLOGIQUES

- **La mesure de silice cristalline alvéolaire la plus appropriée est à réaliser sur la fraction granulométrique PM10.**
- Le plan d'évaluation a permis de **valider l'emploi de micro-préleveurs**, plus économiques lorsqu'une investigation est nécessaire pour les particules fines et/ou la silice cristalline alvéolaire, avec une très bonne corrélation. Dans ce cas, le temps de prélèvement doit être adapté afin de respecter la représentativité nécessaire par rapport aux limites de quantification et aux valeurs attendues dans l'environnement (entre 13 et 44h - cf. tableau de l'annexe 3 protocole allégé).
- Les suivis réalisés ont permis une nouvelle fois une analyse comparative des concentrations mesurées par micro-capteurs et par préleveurs séquentiels en confirmant les précautions d'emploi dans l'utilisation des micro-capteurs : ne pas exposer aux environnements empoussiérés (sous-estimation) ni aux épisodes humides (surestimation) avec des aléas techniques encore fréquents (réseau, dérive, ...).
- **Tirs de mines** : un effort d'investigation a été fait au cours des campagnes de mesures pour relever un éventuel impact des tirs de mines pour les sites concernés. L'analyse des données ne montre **qu'un effet instantané très local et donc très limité.**

6) RECOMMANDATIONS

Les services du MTE ont constaté le caractère probant des résultats de l'étude aux cas présentés mais **ont saisi l'ANSES pour un nouvel avis**. Celui-ci, **rendu le 22 août 2024**, passant en revue les études et publications internationales et françaises intervenues entre 2019 et 2023, souligne l'absence de consensus sur une VTR (valeur toxicologique de référence) pour la silice alvéolaire ainsi que celle de **méthode normalisée de mesure** pour l'air ambiant.

Les représentants de la profession extractive prennent acte de cette conclusion considérant que la VTR en particulier relève de l'expertise médicale et de la prévention des maladies respiratoires (épidémiologie, toxicologie, ...). L'objet de l'étude professionnelle était d'identifier de manière opérationnelle le risque par rapport aux concentrations chez les riverains de site de ressources minérales, sur la base de la VTR pour la silice cristalline partagée par la plupart des acteurs internationaux, depuis plus de 20 ans, ($3\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air ambiant). L'étude l'a démontré clairement, en appliquant les référentiels en vigueur en matière de surveillance de qualité de l'air.

C'est pourquoi, en l'absence de consensus sur la VTR pour la SCA comme sur la méthode à mettre en œuvre pour mesurer les concentrations de SCA dans l'air ambiant, les **recommandations professionnelles formulées à la suite de cette étude sont maintenues.**

Pour l'évaluation du risque sanitaire des dossiers de demande d'autorisation environnementale, **toute entreprise peut s'appuyer sur les résultats de cette étude de portée nationale³** qui permet de constater l'absence de risques pour les populations présentes à proximité des carrières. L'entreprise aura alors soin de considérer la zone d'étude correspondant au périmètre d'influence potentielle de son projet au regard des populations riveraines susceptibles d'être exposées aux émissions de poussières en provenance du site afin d'évaluer si :

- **Le projet entre dans le cas général**, correspondant globalement aux situations évaluées dans l'étude nationale : carrières avec installations de traitement et riverains exposés à 200 mètres (cf. annexe 2) ;

auquel cas, elle **utilise les conclusions de l'étude collective sans nécessité d'avoir recours à des mesures in situ.**

- **Le projet présente une situation spécifique** qui nécessite une confirmation expérimentale : principalement du fait d'une trop grande proximité de riverains exposés aux sources d'émissions de poussières. Elle doit alors s'engager dans un **protocole** de suivi des poussières fines et/ou de la silice cristalline selon un **protocole allégé, du fait des enseignements de l'étude nationale, en respectant les éléments suivants (cf. annexe 3) :**
 - 1) **Paramètres suivis** : se concentrer sur la fraction PM10, notamment pour la mesure de la silice cristalline alvéolaire.
 - 2) **Stratégie spatiale** : 3 à 5 stations sont implantées autour du site en fonction de sa configuration, des conditions météorologiques et de la localisation et de l'éloignement des populations locales, avec une station témoin située hors vents dominants (suivant la figure 1).
 - 3) **Stratégie temporelle** : réaliser au minimum une campagne en saison sèche pendant une semaine.
 - 4) **Outils de mesures** : utiliser des appareils du type micro-préleveur équipés de filtre PVC si la mesure de silice cristalline est réalisée. Les données météorologiques sont issues de la station que le site emploie dans son suivi environnemental ; sinon, implanter une station le temps de la campagne.

Au-delà de l'évaluation nécessaire dans tout dossier de demande d'autorisation d'exploiter, certaines configurations conduisent le préfet à demander des suivis de concentration en PM10 en périphérie des sites. De manière préventive, il est recommandé d'associer aux contrôles effectués, des prélèvements pour analyse du taux moyen de silice cristalline alvéolaire suivant les enseignements de l'étude nationale (cf. annexe 3).

Pour tout complément ou toute question, vous pouvez contacter :

jean-baptiste.horhant@unicem.fr

didier.collonge@unicem.fr

3 Prochainement publiée dans les revues spécialisées comme mentionné plus haut

Bibliographie

ANSES. (avril 2019). *Dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline*. Connaitre, évaluer, protéger ANSES.

Directive 2017/2398 (UE). (12 décembre 2017). *modifiant la directive 2004/37/CE concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition des agents concérigènes ou mutagènes au travail*. JO de l'Union Européenne.

INERIS. Surveillance dans l'air autour des installations classées - Retombées des émissions atmosphériques - Impact des activités humaines sur les milieux – Décembre 2021

INERIS. Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées – Septembre 2021

Caractériser et évaluer l'exposition aux particules issues de carrière en région PACA ; mesures et modélisation – CEREGE et AirPACA - Octobre 2014

Emissions des poussières des carrières dans l'air EMCAIR – Etude des émissions de poussières autour de quatre carrières de granulats dans trois régions françaises ADEME-CORTEA - Avril 2018

Evaluation de la silice cristalline alvéolaire autour de carrières ; partie1 plan d'échantillonnage ; partie 2 résultats ; partie 3 bordereaux des résultats – EVADIES – Juillet 2022

ANNEXE 1 : présentation graphique des résultats des campagnes sur les cinq sites

SILICE dans les PM10 et les PM2,5

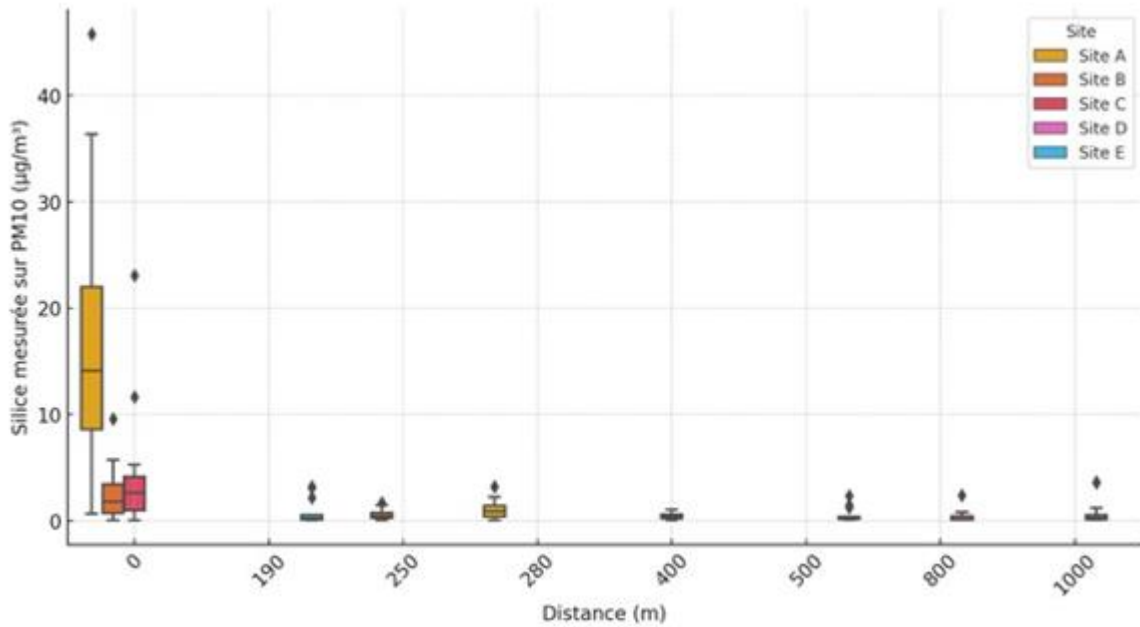


Figure 3 : décroissance du % de la SCA mesurée dans les PM10 depuis le périmètre des sites (stations 1) jusqu'aux premiers riverains (IR) – Convention de représentation : une couleur par site

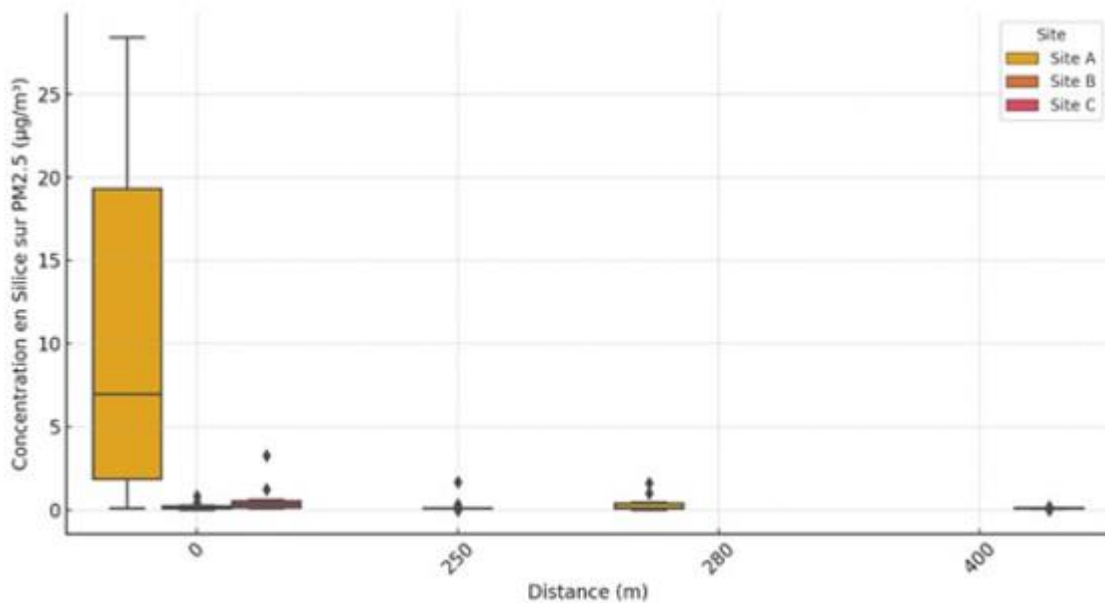


Figure 4 : évolution des concentrations en SCA sur PM2,5 en fonction de la distance

CONCENTRATIONS EN PM10

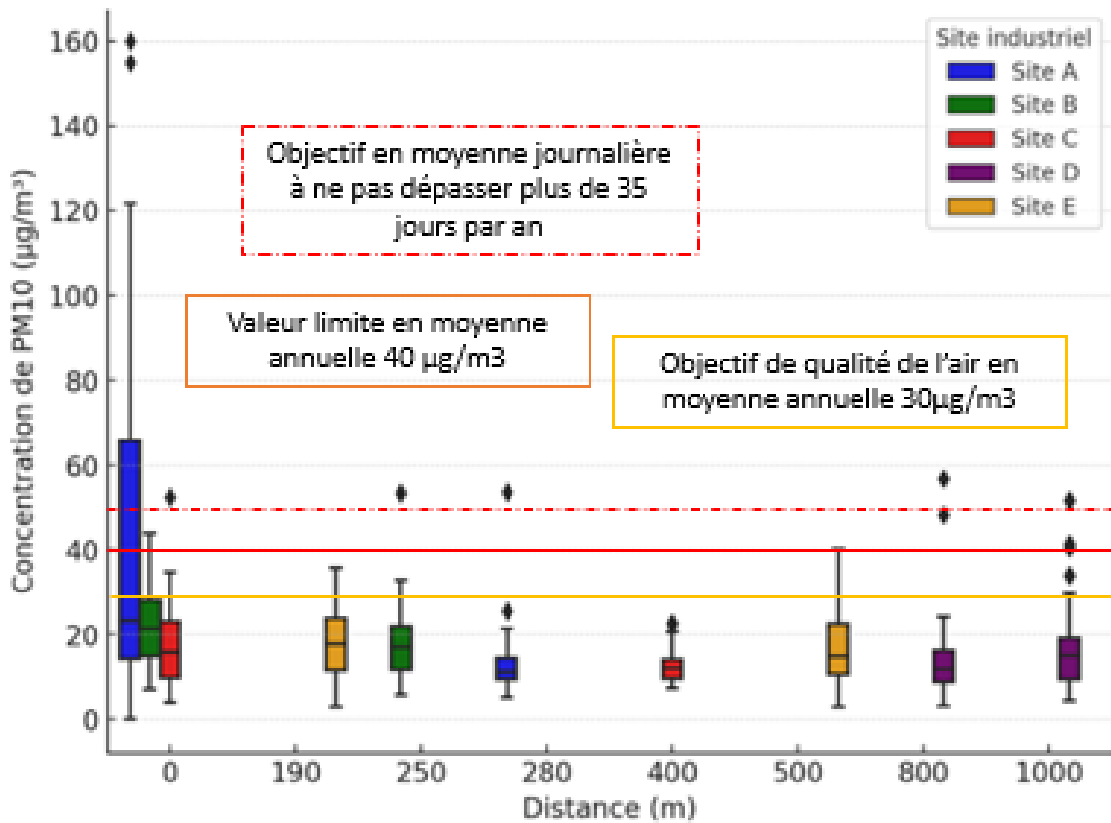


Figure 5 : concentrations moyennes en PM10 des stations IR « riverains » ; les mesures des stations 1 en limite de site sont reportées à 0km pour montrer la décroissance rapide en périphérie. – Convention de représentation : une couleur par site

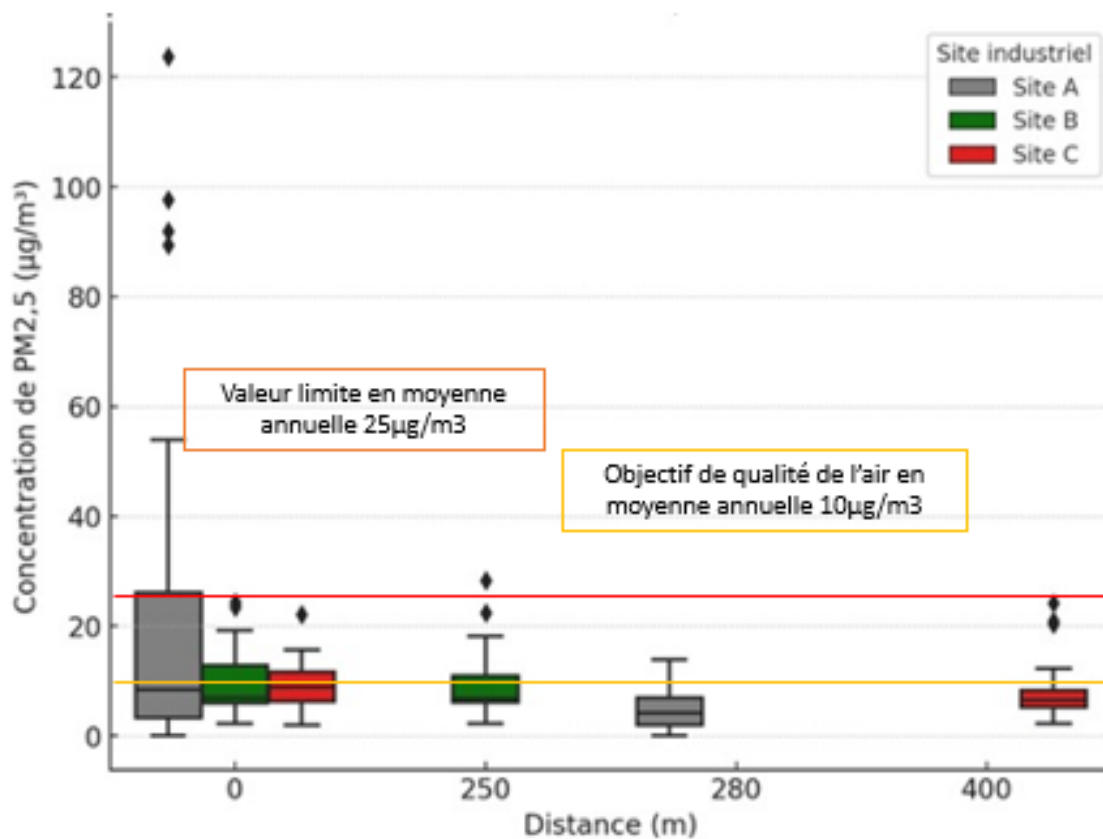


Figure 6 : concentrations moyenne en PM2,5 – Convention de représentation : une couleur par site

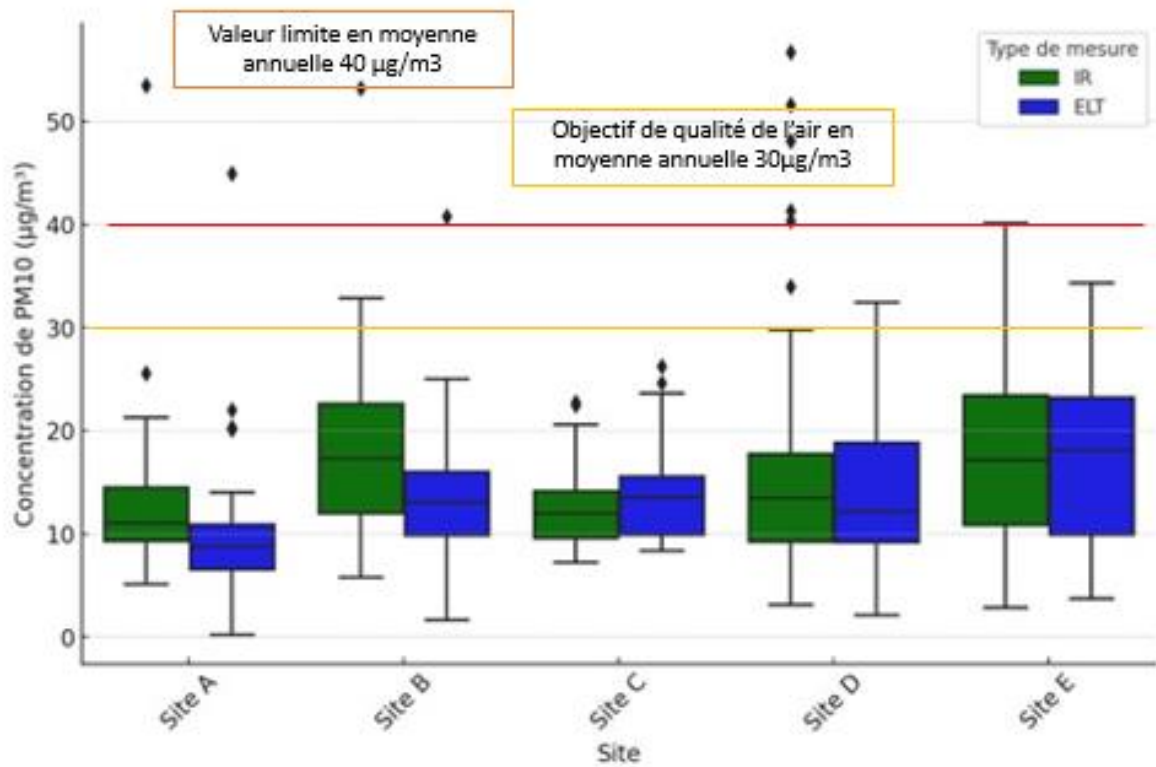


Figure 7 : évolution des concentrations de PM10 en fonction des stations « impact Riverains » (IR) et « témoin » (ELT)

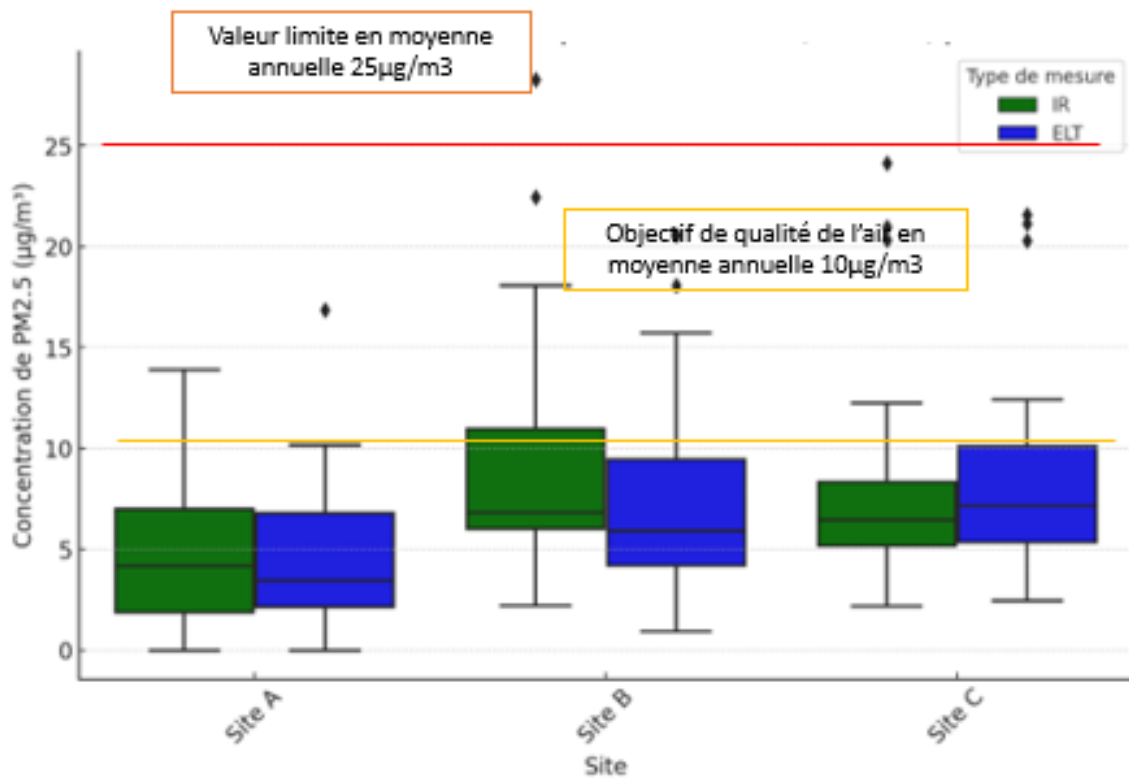
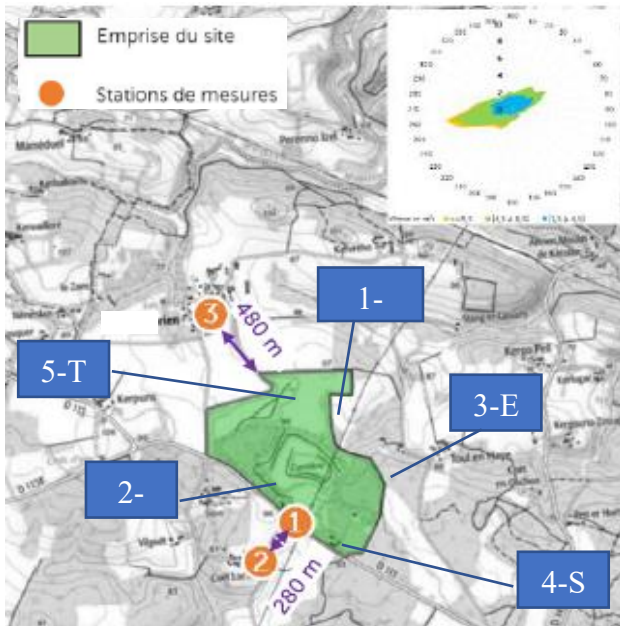


Figure 8 : évolution des concentrations de PM2,5 en fonction des stations « impact Riverains » (IR) et « témoin » (ELT)

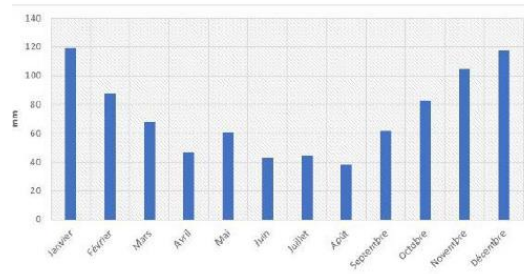
ANNEXE 2 : présentation simplifiée des cinq sites de l'étude

CARRIERE A :



Roche : mylonite avec une teneur moyenne en SiO₂ de 72% (analyse sur sable 0/4).

Surface autorisée 53ha, dont 25 ha en cours d'exploitation ; extraction annuelle autorisée 600 000 tonnes/ 400 000 tonnes de traitement.



Données météo locales : 875 mm/an, vents secteurs SO et NE

Tir de mines, transport interne par tombereaux, poste primaire (concasseur à mâchoires), stock-pile 0/250 pour alimentation giratoire secondaire, puis tertiaires, déstockage par engins.

Installation sans bardage



Moyens d'abattements des poussières :

Trémie arrosée

Cribles et convoyeurs capotés/bâchés

Aspersion au niveau des concasseurs et des convoyeurs

Arrosage des pistes non enrobées

Enrobage partielle en entrée de carrière

Typologie de la station	Localisation	Commentaires
1 Station en limite d'autorisation	A moins de 60 mètres au nord/nord-est de la zone de traitement sur le merlon	<ul style="list-style-type: none"> → Station est située sur le périmètre d'autorisation le plus proche de la zone de stockage et de traitement ; → Proximité immédiate (quelques m) des chutes de sable et dans l'axe de toute la ligne de fabrication de tous les produits ; → Sous les vents dominants de Nord-Est ; → Exposée aux émissions en provenance de la circulation des engins ; → Seul endroit dégagé (ni arbre, ni haie) à proximité immédiate permettant la circulation de l'air.
2 Station dans l'environnement humain	A environ 300 mètres au sud-est du sur Coët Lorch	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur l'habitation la plus proche située sur Coët Lorch ; → Sous les vents dominants de Nord-Est ; → Les mesures sous les vents dominants de sud-ouest ne sont pas pertinentes au niveau des premières habitations eu égard aux obstacles (forêt) présent sur plusieurs centaines de mètres ; → Station dégagée (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
3 Station représentative de l'Environnement Local Témoin	A environ 450 mètres au nord du périmètre d'autorisation	<ul style="list-style-type: none"> → Position à l'abri des vents dominants ; → Eloigné des secteurs les plus émissifs de la carrière (zone de traitement et de circulation) ; → Environnement comparable à l'environnement local aux abords des autres stations.

Suivis des dépôts atmosphériques en mg/m²/j années 2018 à 2021 (localisation sur carte ci-dessus)

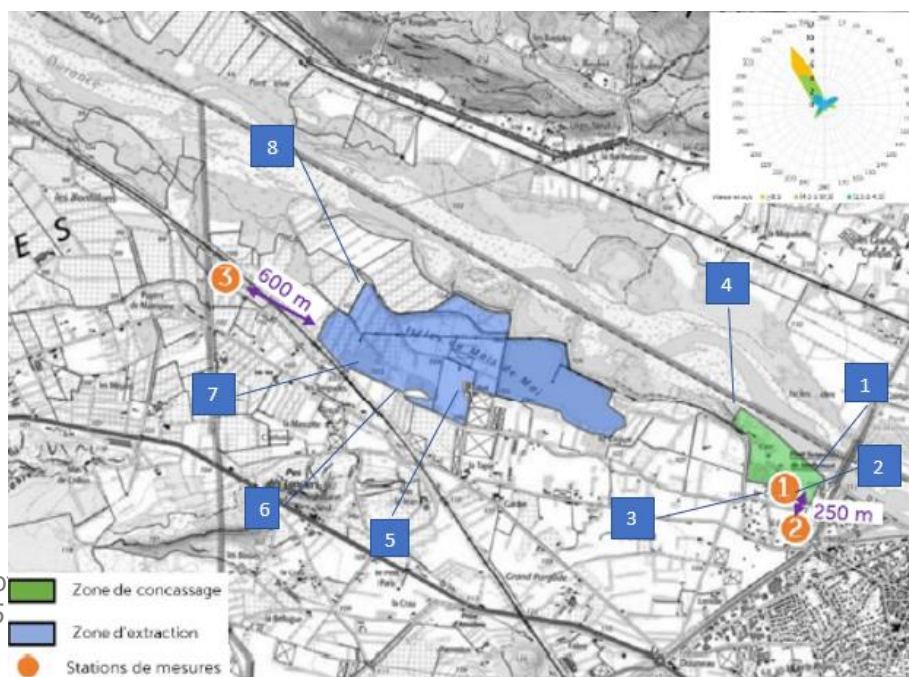
1-Nord-Est	2- Ouest	3-Est	4-Sud	5-Témoin
471	462	400	723	225
179	317	305	429	159 57
147	287	173	332	123
115	224	128	226	78
70	129	37	77	57
Moyenne 164	Moyenne 287	Moyenne 209	Moyenne 337	Moyenne 131

Carrière B

Roche : alluvions siliceuses avec une teneur moyenne en SiO₂ de 63% (analyse sur sable 0/2)

Surface totale autorisée 91ha pour un tonnage de 450 000t/an

Extraction dragline, reprise chargeur pour aiimentation trémies mobiles sur convoyeur de plaine capoté jusqu'à l'installation de traitement qui comprend une partie en voie sèche (concassés pour produits routiers) une autre en voie humide (produits bétons).

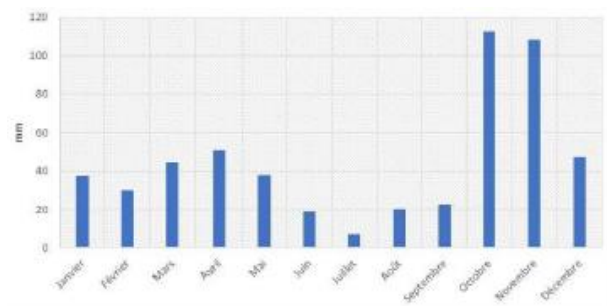
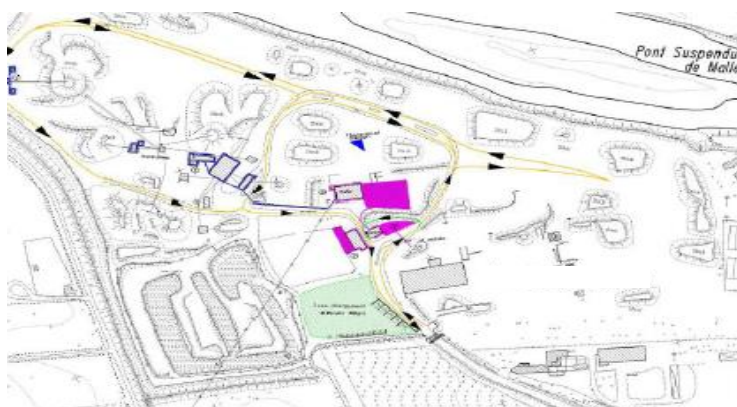


UNPG – MIF No
UNPG-MIF du 5

localisation

Typologie de la station	Localisation	Commentaires
<p>1</p> <p>Station en limite d'autorisation</p>	<p>Au sud de la zone de concassage, à proximité de la zone de chargement des particuliers</p>	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur le périmètre d'autorisation le plus proche de la zone de concassage ; → Sous les vents dominants de nord-ouest ; → Exposée aux émissions en provenance de la circulation des engins ; → La station est également relativement proche des habitations situées à proximité
<p>2</p> <p>Station dans l'environnement humain</p>	<p>A environ 250 mètres de la station 1 dans l'axe des vents dominants par rapport à la zone de concassage</p>	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur l'habitation la plus proche à l'entrée du site ; → Sous les vents dominants de nord-ouest ; → Station dégagée (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
<p>3</p> <p>Station représentative de l'Environnement Local Témoin</p>	<p>A environ 600 mètres à l'ouest de la zone d'extraction.</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Position à l'abri des vents dominants ; → Eloigné des secteurs les plus émissifs de la carrière (zone de traitement et de circulation) ; → Environnement comparable à l'environnement local aux abords des autres stations.

Moyens d'abattelements des poussières :



Capotage des tapis, système d'aspiration des particules fines, bâtiments et silos pour le stockage des sables (<2 mm) et produit sec (2/6C et 2/4C), arrosage des pistes et des zones de manoeuvre, bâchage des chargements, portique d'arrosage et voie de sortie en enrobés, pulvérisation d'eau sur le concasseur et le crible primaire.

Absence de mesures de protection sur les pistes non revêtues ; stockages non protégés de la majorité des matériaux.

Compte tenu des conditions d'extraction sous-eau et du transport des matériaux par convoyeurs à bandes capotés, seule la zone de broyage/concassage/criblage a été considérée dans le cadre de cette étude.

Données météo locales : 538 mm/an, vents secteurs NO

Suivis des dépôts atmosphériques en mg/m²/j années 2018 à 2021 (localisation sur carte ci-dessus)

Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	Station 8
401	379	553	413	700	304	353	411
289	202	233	221	310	258	156	276
197	167	188	151	205	129	84	197
132	109	84	63	79	75	46	91
41	51	25	44	37	28	26	14
Moyenne 211	Moyenne 176	Moyenne 203	Moyenne 161	Moyenne 231	Moyenne 162	Moyenne 112	Moyenne 193



Carrière C

Roche : grès-quartzite avec une teneur moyenne de SiO₂ de 78% (analyse sur sable 0/4)

Surface autorisée 16,5ha, 400 000 tonnes/an.

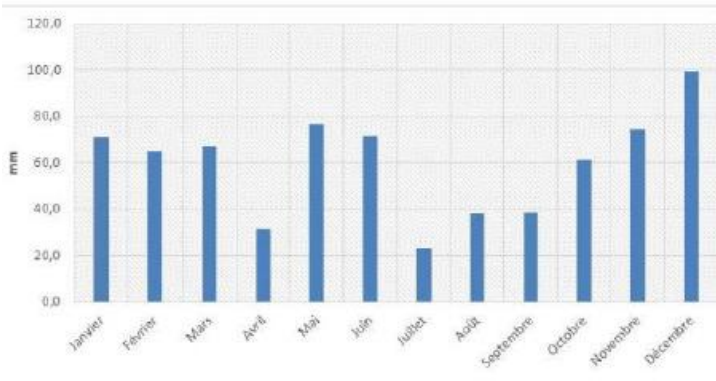
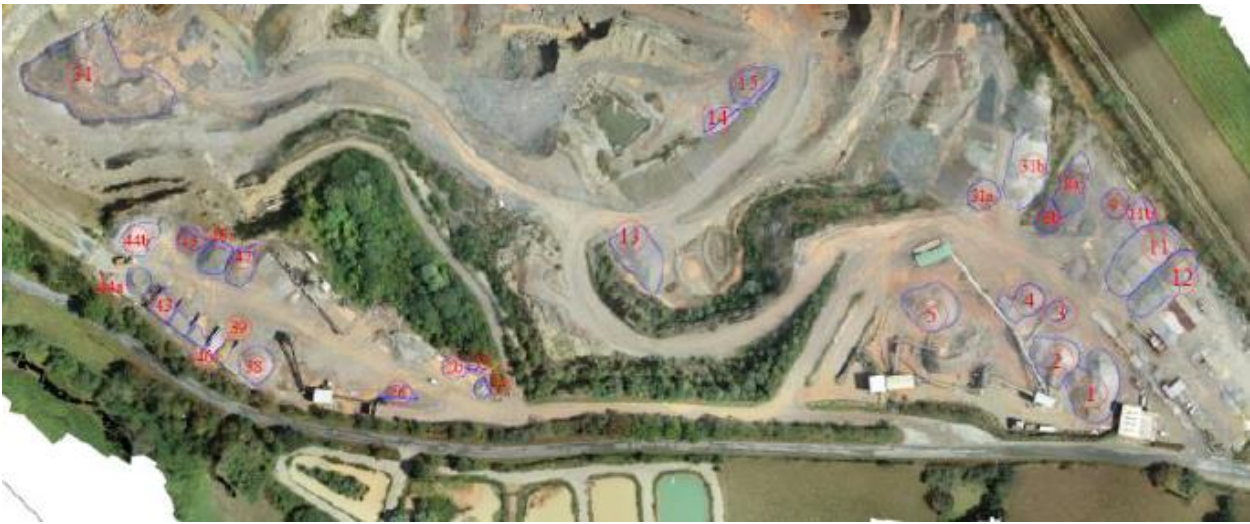
Tirs de mines, transport interne par tombereaux ; installation bardée.

Moyens d'abattements des poussières :

Arrosage des pistes, capotage des bandes transporteuses,

présence de merlons, aspersion à la jetée des matériaux les plus fins, fermeture du local concasseur, brumisation des matériaux, lavage des roues.

Typologie de la station	Localisation	Commentaires
<p>1</p> <p>Station en limite d'autorisation</p>	A l'est de la zone de concassage et de criblage	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur le périmètre d'autorisation le plus proche de la zone de concassage et de criblage et des stocks ; → Sous les vents dominants d'ouest/sud-ouest ; → Exposée aux émissions en provenance de la circulation des engins.
<p>2</p> <p>Station dans l'environnement humain</p>	A environ 400 mètres de la station 1 dans l'axe des vents dominants par rapport à la zone de concassage et de criblage	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur les habitations les plus proches au nord-est ; → Sous les vents dominants de sud-ouest ; → Station dégagée (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
<p>3</p> <p>Station représentative de l'Environnement Local Témoin</p>	A environ 1300 mètres au nord-ouest de la zone d'extraction.	<ul style="list-style-type: none"> → Position à l'abri des vents dominants ; → Eloigné des secteurs les plus émissifs de la carrière (zone de traitement et de circulation) ; → Environnement comparable à l'environnement local aux abords des autres stations.

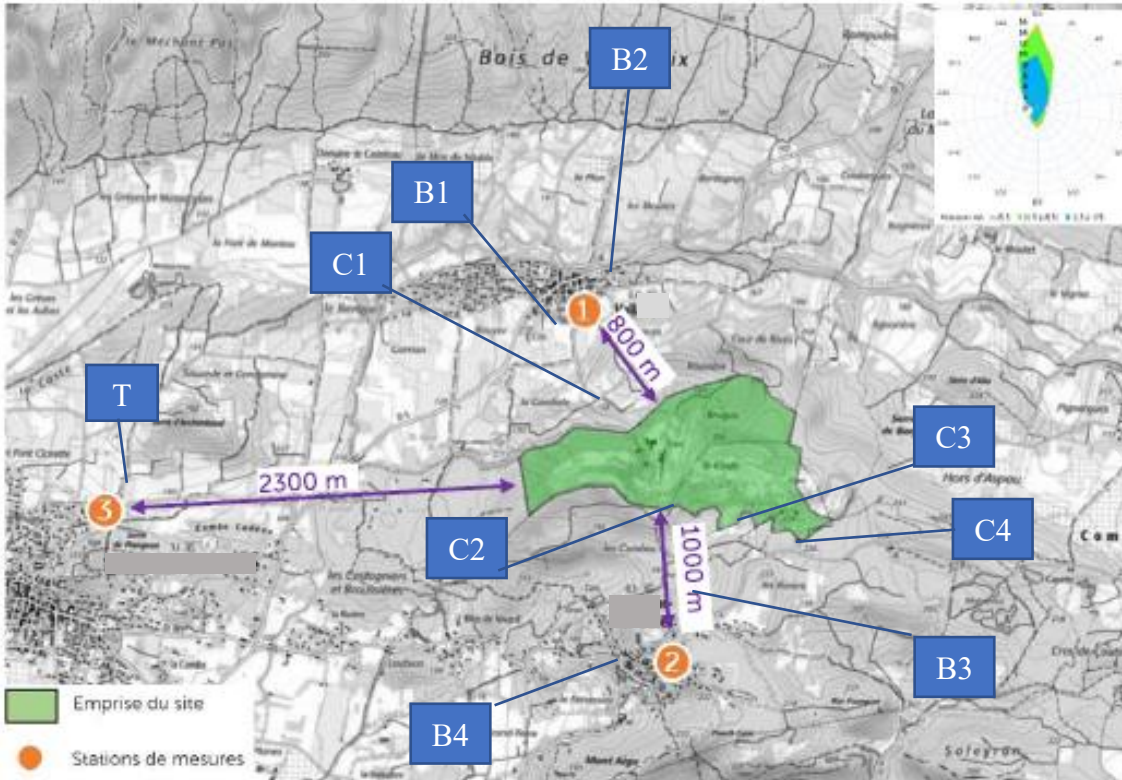


Données météo locales : 717 mm/an, vents secteurs SO

Suivis des dépôts atmosphériques en mg/m²/j années 2018 à 2021 (localisation sur carte ci-dessus)

Station L1	Station L2	Station L3	Station V1	Station V2	Station V3	Témoïn
483	666	436	381	312	395	528
248	510	251	130	105	140	176
109	236	87	99	71	80	128
58	135	69	59	52	54	45
39	92	48	50	27	29	30
Moyenne 166	Moyenne 312	Moyenne 163	Moyenne 128	Moyenne 106	Moyenne 117	Moyenne 153

Carrière D



Roche : sables siliceux et quartzites avec des teneurs moyennes de 99% de SiO₂.

Surface autorisée 96ha, tonnage 575 000 tonnes

Typologie de la station	Localisation	Commentaires
<p>1</p> <p>Station dans l'environnement humain</p>	<p>A environ 800 mètres des installations de traitement sous les vents dominants</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ La station est située sur les habitations les plus proches au nord au niveau de la commune de Vallabrix ; ➔ Sous les vents dominants de sud-est ; ➔ Commune avec la station B1 du réseau de jauges (plus exposée à l'extérieur du site) ; ➔ Station dégagé (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
<p>2</p> <p>Station dans l'environnement humain</p>	<p>A environ 1000 mètres de la zone d'exploitation des sables dans l'axe des vents dominants</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ La station est située sur les habitations les plus proches au sud au niveau de l'école de Saint-Victor-des-Oules ; ➔ Sous les vents dominants de nord-ouest ; ➔ Proche de la station B4 du réseau de jauges ; ➔ Station un peu encaissée comme la majorité de la commune
<p>3</p> <p>Station représentative de l'Environnement Local Témoin</p>	<p>A environ 2300 mètres à l'ouest de la carrière</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Position à l'abri des vents dominants ; ➔ Commune avec la station A du réseau de jauges ; ➔ Eloigné des secteurs les plus émissifs de la carrière ; ➔ Environnement comparable à l'environnement local aux abords des autres stations.

Les bancs de quartzites affleurant ou intercalés entre les stériles et le gisement sableux sont soit fracturés au brise roche soit par tirs d'ébranlement. Une partie du quartzite est concassée à partir du groupe mobile de concassage selon une ou deux campagnes par an.

Les installations de traitement sont constituées d'un poste de criblage lavage (avec cribles, groupe de lavage, convoyeurs) et d'un poste de séchage (avec crible, refroidisseur, convoyeurs) et de silos de stockage.

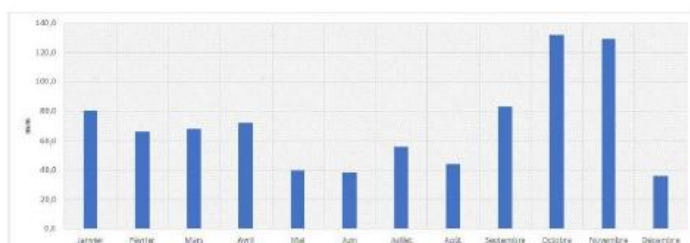
Les sables produits sont stockés :

- Soit autour de l'installation de lavage (sables lavés) ;
- Soit dans les silos de l'installation de séchage (sables séchés) ou sous un hangar (sables essorés).



Moyens d'abattelements des poussières :

La piste interne est revêtue d'un enrobé, l'arrosage est fait plusieurs fois par jour, une bande transporteuse permet de réduire les déplacements du chargeur alimentant les installations, Le traitement des matériaux débute par le lavage des sables, les produits humidifiés sont stockés au sol, les convoyeurs sont capotés, les produits séchés sont protégés des vents, stockés en silos ou sous abri, le transport des sables chez les clients est assuré par camions citernes ou camions bâchés, le sécheur est équipé d'un système de ventilation avec filtre à manches.



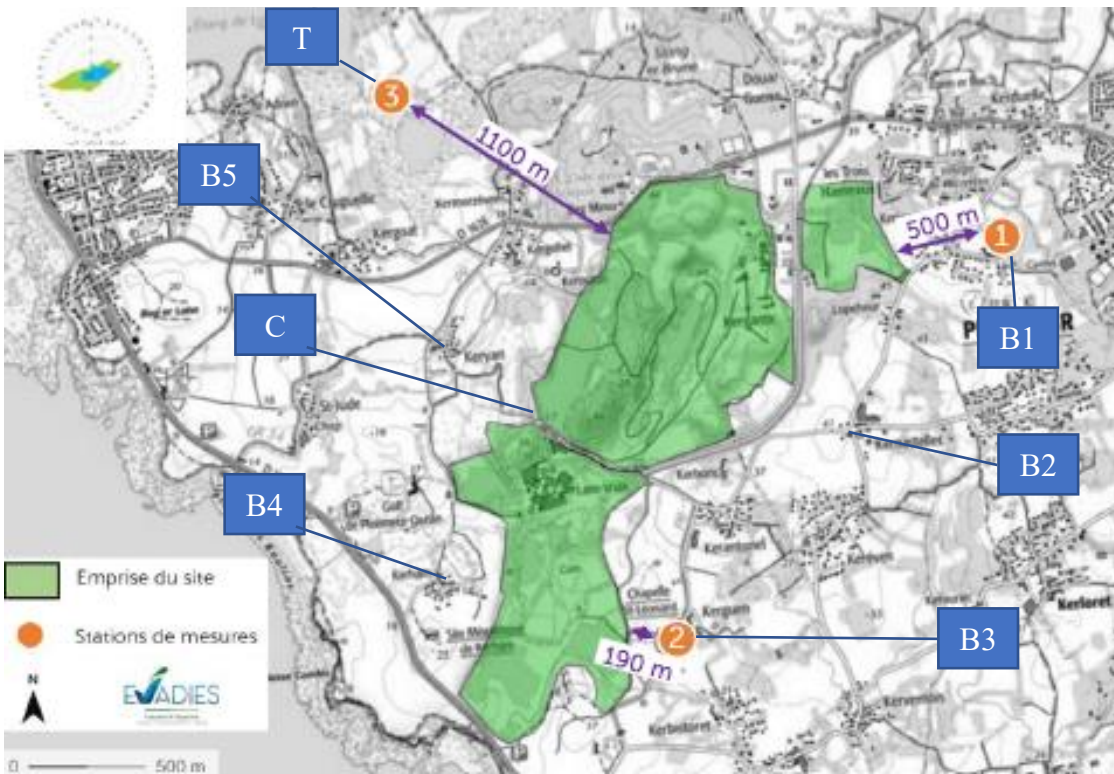
Données météo locales : Les précipitations moyennes sur la période 1991-2020 s'élèvent à 734 mm avec des vents de secteur N.

Suivis des dépôts atmosphériques en mg/m²/j années 2018 à 2021 (localisation sur carte ci-dessus)

Témoin	Sta. B1	Sta. B2	Sta. B3	Sta. B4	Sta. C1	Sta. C2	Sta. C3	Sta. C4
168	734	195	606	391	223	1163	1067	571
121	337	97	251	194	156	945	233	268
62	109	79	161	115	74	457	167	238
33	56	45	118	53	47	346	100	159
6	24	10	91	49	23	260	68	112

Moy. 77	Moy.219	Moy. 79	Moy.217	Moy.147	Moy.104	Moy.634	Moy.327	Moy.263
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Carrière E



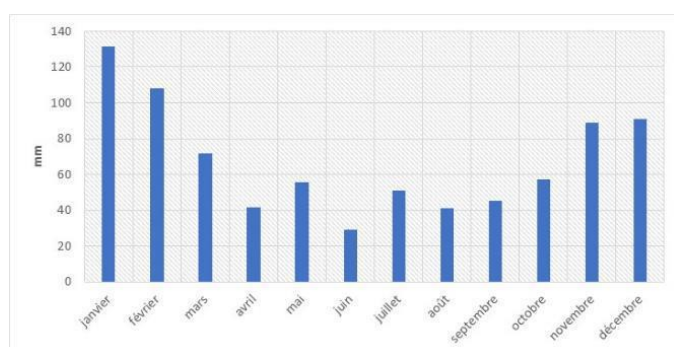
Roche : sables, kaolin, granite, quartz et micas

Superficie autorisée 174 ha, 500 000 tonnes /an.

La découverte du gisement est réalisée par foration et tirs de mine pour l'extraction du granite et/ou du quartz ou à la pelle hydraulique pour les stériles du kaolin. Les installations de traitement comprennent un ensemble de postes de préparation des matières sous eau (délayage, criblage, classification, cyclonage) puis de concentration par décantation et filtration, suivis d'un séchage avant broyage et conditionnements pour expéditions.

Les sables extraits et le kaolin ont été stockés à l'est du secteur à environ 1 km de la station 1.

Typologie de la station	Localisation	Commentaires
1 Station dans l'environnement humain	A environ 500 mètres à l'est du secteur Lopeheur dans l'axe des vents dominants	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur les habitations les plus proches à l'est du secteur de L → Sous les vents dominants d'ouest ; → Exposée aux émissions en provenance des secteurs de L et de K ; → Station dégagé (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
2 Station dans l'environnement humain	A environ 190 mètres à l'est du secteur de Lanvrian dans l'axe des vents dominants	<ul style="list-style-type: none"> → La station est située sur les habitations les plus proches à l'est du secteur de L → Sous les vents dominants d'ouest ; → Commune avec la station B3 du réseau de jauges (plus exposée à l'extérieur du site) ; → Station dégagé (ni arbre, ni haie, ni bâtiment) à proximité immédiate permettant l'écoulement de l'air.
3 Station représentative de l'Environnement Local Témoin	A environ 1100 mètres au nord-ouest du secteur de Kergantic.	<ul style="list-style-type: none"> → Position à l'abri des vents dominants ; → Commune avec la station A du réseau de jauges ; → Eloigné des secteurs les plus émissifs de la carrière (zone de traitement et de circulation) ; → Environnement comparable à l'environnement local aux abords des autres stations.



Données météo locales : Pluviométrie moyenne 811 mm (2014-2018) ; vents dominants secteurs NE et SO.

Suivis des dépôts atmosphériques en mg/m²/j années 2018 à 2021 (localisation sur carte ci-dessus)

Témoin	Sta. B1	Sta. B2	Sta. B3	Sta. B4	Sta. B5	Sta. C
339	227	239	360	316	335	913
184	163	150	273	219	258	283
160	128	119	190	146	178	252
110	88	79	91	113	95	138
45	49	37	49	49	22	49
Moy. 170	Moy. 126	Moy. 120	Moy. 191	Moy. 168	Moy. 180	Moy. 281

ANNEXE 3 : protocole allégé pour l'évaluation du risque sanitaire pour les riverains

Du fait des enseignements de l'étude nationale, et lorsqu'un projet présente une situation spécifique qui nécessite une confirmation expérimentale, un **protocole allégé** de mesures *in situ* des poussières fines et/ou de la silice cristalline doit être engagé suivant les étapes suivantes :

- 1- **Paramètres suivis** : Se concentrer sur la fraction PM10, notamment pour le suivi de la silice cristalline alvéolaire.
- 2 - **Stratégie spatiale** : 3 à 5 stations sont implantées autour du site en fonction de sa configuration (localisation des sources émissives à considérer), des conditions météorologiques (nombre de dominantes de vents, vitesses des vents, ...) et de la localisation et de l'éloignement des populations locales. Les stations sont implantées au niveau des populations en considérant *a minima* une station témoin située hors vents dominants (disposition suivant la figure 1, en remplaçant les préleveurs par des micro-préleveurs).
- 3 - **Stratégie temporelle** : Réaliser une seule campagne en saison sèche pendant une semaine. Cela permet d'assurer plusieurs prélèvements si besoin tout en répondant aux obligations de quantification sur micro-préleveurs (entre 13 et 44 h). L'analyse critique des résultats de l'étude réalisée montre qu'il vaut mieux jouer sur le nombre de mesures (augmenter le nombre de prélèvements et le nombre de stations) que d'augmenter la durée des prélèvements.
- 4 - **Outils de mesures** : Utilisation des appareils du type micro-préleveur équipés de filtre PVC si la mesure de silice cristalline est réalisée comme le MicroVol² ou appareils équivalents. Le tableau ci-après précise par rapport aux préleveurs séquentiels, le temps nécessaire à respecter pour atteindre notamment le bruit de fond ambiant attendu en silice cristalline avec un micro-préleveur.

Limite de quantification du laboratoire ($\mu\text{g}/\text{filtre}$)	Temps nécessaire pour atteindre la concentration représentative du bruit de fond en silice cristalline alvéolaire en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un préleveur séquentiel	Temps nécessaire pour atteindre la concentration représentative du bruit de fond en silice cristalline alvéolaire en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un préleveur séquentiel
	1,0 m ³ /h < Débit < 2,3 m ³ /h	3 l/min < Débit < 10 l/min
4	3,5 heures < Temps de prélèvement des PM10 < 8 heures	13 heures < Temps de prélèvement des PM10 < 44 heures

Les données météorologiques sont issues de la station que le site emploie dans son suivi environnemental ; sinon, il est nécessaire d'implanter une station le temps de la campagne.

- 5 - **Contrôles qualité** : s'assurer que les limites de quantification analytiques permettent aux concentrations en poussières et en SCA d'être au moins trois fois inférieures aux valeurs repères disponibles les plus faibles et intégrer des blancs de mesures (laboratoire et terrain).

² Consulter la [fiche produit microvol2.pdf \(ecomesure.com\)](https://www.ecomesure.com/fiche_produit_microvol2.pdf)

ANNEXE 4 : normes Qualité de l’Air (particules)

PARTICULES (PM₁₀)		
Objectif de qualité	30 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ (UE)	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m ³ (FR)	en moyenne sur 24 heures

PARTICULES (PM_{2,5})		
Objectif de qualité	10 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	20 µg/m ³ (FR)	en moyenne annuelle
Valeur limite 2015 pour la protection de la santé humaine	25 µg/m ³ (UE)	en moyenne annuelle