



## Évaluation des particules contenues dans la poussière de la roche grès émise par la Carrière de Kimwenza (CARREKIM) dans la commune de Mont Ngafula à Kinshasa (RD Congo)

Jeampy Mudinzaba Mafuta\*, Credo Mesongolo Lialia, Charlie Ndjima Lombe, Olivier Ndaywel Nsenge, Benjamin Katumbi Kyassa et Emmanuel Biey Makaly

Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologie. Mention Science et Gestion de l'Environnement. BP 190 Kinshasa XI (RDC). E-mail : [jmudinzaba@gmail.com](mailto:jmudinzaba@gmail.com)

Reçu le 13 juin 2026, accepté le 11 septembre 2026, publié en ligne le 29 septembre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i3.13>

### RESUME

**Description du sujet.** Le changement climatique et l'émergence de maladies sont liés aux activités humaines, en particulier aux industries extractives et de transformation telles que les carrières de pierre. Ces industries se doivent de surveiller l'impact de leurs opérations sur l'environnement et la santé publique.

**Objectif.** Cette étude évalue la composition des poussières de grès issues de la Carrière de Kimwenza « CARREKIM » (Commune de Mont-Ngafula, Kinshasa, République Démocratique du Congo). Elle identifie les risques associés et propose des mesures préventives pour réduire les émissions de poussière durant l'extraction et le concassage de la roche.

**Méthodes.** La méthode expérimentale a été adoptée. L'échantillonnage a été effectué à la CARREKIM et les analyses ont été réalisées au laboratoire de microscopie du Centre de Recherche Géologique et Minière (CRGM).

**Résultats.** Cette étude montre que la poussière de grès de la carrière CARREKIM est principalement constituée de particules de silice (ou quartz). Celles-ci représentent environ 80 % de la composition, suivies de 10 % de feldspath, 5 % de mica et 5 % d'autres éléments. L'inhalation de ces poussières peut provoquer la silicose, une maladie pulmonaire grave, incurable et potentiellement mortelle.

**Conclusion.** Les résultats révèlent une forte proportion de silice dans les poussières, ce qui impose d'instaurer des mesures préventives rigoureuses pour réduire ces émissions dangereuses pour la population environnante.

**Mots-clés :** Poussière de grès, silice cristalline, silicose, industrie extractive, Mont-Ngafula/Kinshasa

### ABSTRACT

**Evaluation of particles contained in sandstone rock dust emitted by the Kimwenza Quarry (CARREKIM) in the Mont Ngafula commune in Kinshasa (DR Congo)**

**Description of the subject.** Climate change and the emergence of diseases are linked to human activities, particularly extractive and processing industries such as stone quarries. These industries must monitor the impact of their operations on the environment and public health.

**Objective.** This study evaluates the composition of sandstone dust from the Kimwenza Quarry "CARREKIM" (Mont-Ngafula Commune, Kinshasa, Democratic Republic of Congo). It identifies the associated risks and proposes preventive measures to reduce dust emissions during rock extraction and crushing.

**Methods.** An experimental method was adopted. Sampling was conducted at the CARREKIM, and analyses were performed at the microscopy laboratory of the Geological and Mining Research Center (CRGM).

**Results.** This study demonstrates that sandstone dust from the CARREKIM quarry consists primarily of silica (or quartz) particles. These account for approximately 80 % of the composition, followed by 10% feldspar, 5% mica, and 5% other elements. Inhaling this dust can cause silicosis, a severe, incurable, and potentially fatal lung disease.

**Conclusion.** The findings reveal a high percentage of silica in the dust, highlighting the urgent need for strict preventive measures to reduce these emissions that pose a hazard to the surrounding population.

**Keywords:** Sandstone dust, crystalline silica, silicosis, extractive industry, Mont-Ngafula/Kinshasa.

## 1. INTRODUCTION

L'industrie minière joue un rôle important dans le développement économique des pays. Cependant, les projets miniers font face à de sérieuses oppositions tant de la part des communautés locales que des organisations de protection de l'environnement, en raison des impacts associés à l'extraction minière (Kouadio, 2018). L'exploitation quotidienne des carrières entraîne une augmentation constante de la production de poussière atmosphérique, soulevant des enjeux liés à ses propriétés chimiques et des préoccupations sanitaires dues à la finesse de ses particules (Bachene, 2021). La pollution atmosphérique par les particules est un sujet important de préoccupation environnementale. Ces polluants sont généralement à l'origine de la dégradation de l'environnement, plus particulièrement de l'atmosphère, et sont surtout nocifs pour la santé humaine (Maugendre, 2009).

Les carrières de pierre exploitent plusieurs types de roches dont la composition chimique dépend directement de leur nature géologique. L'un des éléments les plus dangereux présents dans ces roches est la silice, qui figure parmi les principaux constituants du grès (Martaude, 2008). Les nuisances générées par l'exploitation des carrières, telles que les émanations de poussières dans l'air, la contamination des eaux de surface, les impacts sur la faune et la flore ainsi que la dégradation du sol, engendrent également des risques pour la population en raison des vibrations des engins et de l'utilisation des explosifs qui provoquent des nuisances sonores (Martaude, 2008).

Les poussières de silice cristalline peuvent induire une irritation des yeux et des voies respiratoires, des bronchites chroniques et une fibrose pulmonaire irréversible, nommée silicose. Cette atteinte pulmonaire grave et invalidante n'apparaît en général qu'après plusieurs années d'exposition et son évolution se poursuit même après la cessation de l'exposition (WHO, 2019).

La poussière exerce également un effet direct sur les végétaux. Lorsque les dépôts de poussière deviennent trop importants, ils s'accumulent sur les plantes, obstruent leurs stomates et bloquent ainsi le processus de photosynthèse (HAL, 1997). Par ailleurs, les particules en suspension peuvent réduire la visibilité et influencer le climat en absorbant ou en réfléchissant la lumière. C'est pourquoi il convient de comprendre les raisons fondamentales pour lesquelles il faut s'intéresser aux particules de poussière issues des carrières et y faire face.

Le secteur minier, bien qu'il contribue significativement à l'économie, notamment en République Démocratique du Congo (RDC),

engendre des impacts environnementaux négatifs tels que la pollution des sols, de l'eau et de l'air, ainsi que la perte de biodiversité (Kihembe, 2023). La RDC, souvent qualifiée de scandale géologique en raison de son important potentiel en ressources naturelles et minérales parmi les plus précieuses au monde, fait face à différents types de pollutions dus aux activités industrielles dans plusieurs de ses villes.

Il en est de même à Kinshasa, où des industriels exploitent les ressources pour leurs propres intérêts sans appliquer de mesures préventives adéquates, maintenant des carrières à ciel ouvert non sécurisées sur les plans environnemental et sanitaire. L'une des zones les plus exposées à ces poussières est le quartier Kimwenza, situé dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa. C'est là que se trouve la carrière CARREKIM, une exploitation à ciel ouvert dont les impacts environnementaux sont particulièrement visibles.

Une étude effectuée en 2020 à Lubumbashi en RDC, sur l'évaluation des concentrations de poussière (PM<sub>2,5</sub>) dans une carrière de pierres et de leurs effets sur la santé respiratoire des travailleurs a indiqué que les concentrations de particules, étaient largement supérieures aux recommandations de l'OMS. Ces concentrations élevées interviennent à l'augmentation du taux de maladies respiratoires. Les résultats de cette dernière poussent à s'intéresser aux particules que les carrières émettent dans l'atmosphère et à poser des pistes de solutions pour pallier les problèmes des pollutions de l'atmosphère causés par les carrières de pierres.

Cette étude vise à évaluer les particules présentes dans la poussière de grès de la carrière CARREKIM. Elle identifie les particules les plus abondantes et énumère les risques associés. De plus, des mesures préventives pour réduire les émissions de poussière lors du concassage sont proposées afin d'offrir aux autorités des solutions pour une exploitation durable, tout en protégeant la population environnante.

L'évaluation des particules contenues dans la poussière de grès émise par la carrière Carrekim à Mont-Ngafula présente un triple intérêt : (i) Sur le plan scientifique, les données sur la qualité de l'air à Kinshasa, et particulièrement à Mont-Ngafula, restent très limitées. Cette étude permet d'identifier précisément la taille, la forme et la composition minéralogique des particules émises par la carrière ; (ii) Sur le plan socio-sanitaire, le grès est une roche sédimentaire riche en silice cristalline hautement toxique. L'inhalation de ses particules provoque la silicose, une maladie pulmonaire incurable, et augmente les risques de tuberculose, de

bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et de cancer du poumon ; (iii) -Sur le plan environnemental, ce travail analyse la dispersion des particules fines ( $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) dans l'air et leur impact sur la photosynthèse des plantes ainsi que sur la composition chimique des sols. Il aborde également le risque d'infiltration de ces polluants dans les nappes phréatiques et la contamination des cours d'eau par ruissellement.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu d'étude

#### Situation géographique du quartier Kimwenza

Le quartier Kimwenza (Figure 1), situé dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa, est délimité par plusieurs zones : au nord par le quartier Cité verte, à l'ouest par la localité de Tshilombo, à l'est

par le quartier Kindele et au sud par la ferme Takizala. Divisé en huit localités, ce quartier compte deux grandes avenues, celle de Kimwenza et l'autre venant du triangle de la Cité Verte et 46 rues

#### Historique

Le quartier Kimwenza, établi en 1965, a été nommé d'après la grande route et le chemin de fer. Initialement dirigé par un chef coutumier, il a fait l'objet de convoitises, entraînant des plaintes des habitants. Ponzi Mubangu, à la tête de Mont-Ngafula, a transféré l'administration à un chef de quartier, rétablissant ainsi l'identité de Kimwenza gare, officiellement reconnue le 07 octobre 2000 par le bourgmestre de la commune de Mont-Ngafula.

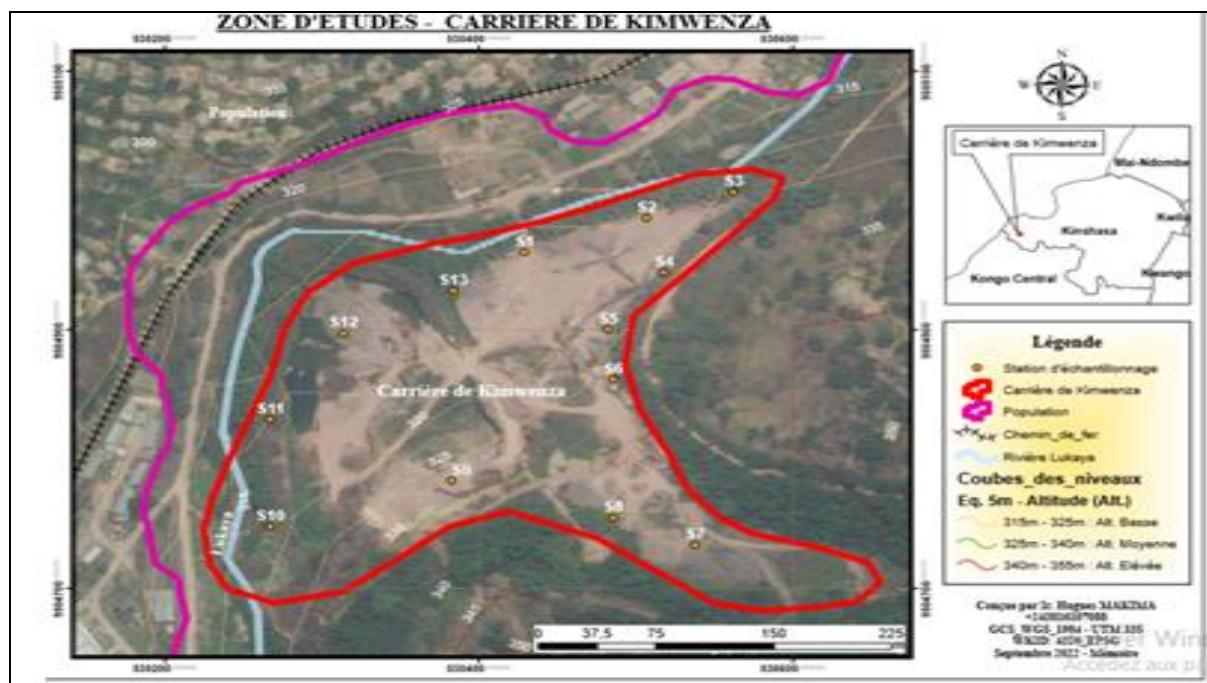


Figure 1. Carte de la carrière de Kimwenza/Commune de Mont-Ngafula

### 2.2. Méthodes

Ce travail a été réalisé en utilisant deux méthodes : la recherche documentaire et la méthode expérimentale. L'expérimentation a consisté à prélever un échantillon dans la carrière, puis à l'analyser en laboratoire selon des étapes suivantes :

**Sciage** : La roche est divisée en deux parties grâce à la machine à scie verticale. Les parties divisées vont subir un polissage mécanique et manuel avec le but de diminuer l'épaisseur et rendre les faciès et faciliter le collage. Pour la lame on utilise la poudre abrasive et on vérifie l'épaisseur a plus au moins 1à 2 mm avec abrasif 90, 150, 200, 240 (Figure 2).



Figure 2. Machine à scie verticale

**Collage :** Les matériels utilisés pour le collage sont les suivants :

(i) La plaque chauffante : Cette étape consiste à chauffer le biscuit lavé après sciage pour le collage, à une température de 45°C, tandis que le verre porte objet doit être chauffé à 10°C.

(ii) Le bol : qui sert de mélange pour les deux réactifs (la colle araldite blanche et la colle araldite jaune).

(iii) La colle araldite : La solution est composée de deux couleurs, blanche comme base et jaunâtre comme durcissant, et sont mélangées dans un bocal pour obtenir une pâte utilisée pour coller.

(iv) Le verre porte objet : Il permet de connaître la dimension de la lame pour découper le biscuit correctement, en maintenant une épaisseur de 1 à 2 mm. Pour coller le verre porte objet au biscuit avec de la colle araldite, un temps de séchage de 48 à 72 heures pour les roches tendres et de 24 heures pour les roches dures a été fixé.

(v) Les deux baguettes en bois : Ils ont servi à mettre en place le verre porte objet sur le biscuit lors du collage et à évacuer les bulles d'air du centre et des extrémités de la lame.

(vi) La pince ou ciseau : Elle a aidé à poser un biscuit sur une plaque chauffante et de son placement dans une plaque de référence géologique pour le collage.

(vii) La plaque à référence géologique : Elle a servi à donner de référence aux biscuits qui viennent qui ont été sciés ou découpés, mettant l'accent sur la nécessité d'ajuster leur dimension pour qu'ils s'adaptent correctement à la lame.

**Meulage :** La meule diamant a été utilisée pour mélanger ou réduire l'épaisseur du biscuit collé de 1 à 2 mm, avec ajout d'eau pour refroidir le biscuit ou la lame pendant le travail.

**Polissage manuel ou finissage :** A assuré la planéité de la pierre sciée ; jusqu'à atteindre une épaisseur de 30µm pour la lumière transmise.

**Observation à la microscopie :** C'est l'étape finale qui a permis d'interpréter les résultats en classant la lame mince au microscope pétrographique pour observer son contenu (Figure 3).



**Figure 3.** Microscope pétrographique

Ce microscope a deux modes d'observations qui sont :

(i) LPNA (Lumière Polaire Non Analysée) dans ce mode l'analyseur est retiré ; la lumière est simplement polarisée. Ce mode permet d'observer les formes, les teintes naturelles, le relief et les clivages des minéraux.

(ii) LPA (Lumière Polarisée Analysée) l'analyseur est inséré, les filtres sont croisés, ce mode met en évidence la biréfringence (couleur d'interférence) et l'extinction des cristaux, ce qui aide à identifier la nature chimique et la structure des minéraux.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Répartition des éléments retrouvés dans la poussière de la roche grès

La répartition des éléments retrouvés dans la poussière de la roche grès est présentée au tableau 1.

**Tableau 1.** Répartition des éléments retrouvés dans la poussière de la roche grès

| Echantillons ou particules | Fréquence (%) |            |            |
|----------------------------|---------------|------------|------------|
|                            | C9            | C12        | C15        |
| Mica                       | 5             | 5          | 6          |
| Feldspath                  | 15            | 10         | 15         |
| Silice                     | 75            | 80         | 75         |
| Autres éléments            | 5             | 5          | 4          |
| <b>Total</b>               | <b>100</b>    | <b>100</b> | <b>100</b> |

**Légende :** C9 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Est de la carrière ; C12 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Ouest de la carrière ; C15 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Nord de la carrière

Le tableau 1 révèle que la poussière des roches Grès C9, C12 et C15 est principalement composée de silice, représentant respectivement 75, 80 et 75 %. Le feldspath représente 15 % dans C9 et C15, et 10 % dans C12, tandis que le mica varie entre 5 et 6 %. Les autres éléments constituent 4 à 5 % des échantillons.

### 3.2. Analyse statistique descriptive de la composition minérale

Le tableau illustre l'analyse statistique descriptive de la composition minérale

**Tableau 2.** Composition moyenne, écart-type et coefficient de variation (CV) des échantillons

| Échantillons ou particules | Fréquence (%) |            |                               |
|----------------------------|---------------|------------|-------------------------------|
|                            | Moyenne       | Écart-type | Coefficient de variation (CV) |
| Silice                     | 76,67         | 2,89       | 3,77                          |
| Feldspath                  | 13,33         | 2,89       | 21,68                         |
| Mica                       | 5,33          | 0,58       | 10,88                         |
| Autres éléments            | 4,67          | 0,58       | 12,42                         |

Il ressort des résultats du tableau ci-dessus que la moyenne calculée met en évidence la prédominance de la silice (76,67 %) par rapport aux autres minéraux. Le feldspath (13,33 %), le mica (5,33 %) et les autres éléments (4,67 %) restent secondaires.

Les faibles écarts-types, en particulier pour le mica et les autres éléments ( $< 1$ ), indiquent une dispersion très limitée des données. La silice et le feldspath affichent une légère variabilité (2,89), qui demeure toutefois mineure. Le très faible CV de la silice (3,77 %) confirme sa stabilité spatiale. Le CV plus élevé du feldspath (21,68 %) traduit une variabilité relativement plus importante, bien que quantitativement faible.

### 3.3. Rapport minéralogiques comparatifs

Le rapport minéralogiques comparatifs est présenté au tableau 3

**Tableau 3.** Rapport silice / feldspath et indice de dominance

| Échantillon | SiO <sub>2</sub> / Feldspath | Indice de dominance |
|-------------|------------------------------|---------------------|
| C9          | 5,00                         | 3,00                |
| C12         | 8,00                         | 4,00                |
| C15         | 5,00                         | 3,00                |

**Légende :** C9 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Est de la carrière ; C12 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Ouest de la carrière ; C15 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Nord de la carrière

L'indice de dominance de la silice, compris entre 3 et 4, montre que la silice représente à elle seule trois à quatre fois la somme des autres minéraux.

### 3.4. Evaluation de l'homogénéité entre les points de prélèvement

Le tableau 4 indique l'évaluation de l'homogénéité entre les points de prélèvement

**Tableau 4.** Différences absolues entre les échantillons (%)

| Comparaison | Silice | Feldspath | Mica | Autre |
|-------------|--------|-----------|------|-------|
| C9-C12      | 5      | 5         | 0    | 0     |
| C9-C15      | 0      | 0         | 1    | 1     |
| C12-C15     | 5      | 5         | 1    | 1     |

**Légende :** C9 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Est de la carrière ; C12 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Ouest de la carrière ; C15 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Nord de la carrière

Les différences entre les échantillons ne dépassent pas 5 % pour la silice et le feldspath, et 1 % pour les autres minéraux, ce qui indique une très forte homogénéité.

### 3.5. Indicateurs de dispersion statistique

Les indicateurs de dispersion statistique sont présentés au tableau 5

**Tableau 5.** Étendue (maximum – minimum)

| Élément         | Étendue (%) |
|-----------------|-------------|
| Silice          | 5           |
| Feldspath       | 5           |
| Mica            | 1           |
| Autres éléments | 1           |

L'étendue confirme cette faible dispersion : 5 % pour la silice et le feldspath, et seulement 1 % pour le mica et les autres éléments.

### 3.6. Contribution relative de chaque phase minérale

Le tableau 6 indique la contribution relative de chaque phase minérale.

**Tableau 6.** Contribution proportionnelle

| Élément         | Contribution à la masse minérale totale (%) |
|-----------------|---------------------------------------------|
| Silice          | 76,67                                       |
| Feldspath       | 13,33                                       |
| Mica            | 5,33                                        |
| Autres éléments | 4,67                                        |

La silice contribue à plus des trois quarts de la masse minérale totale, soulignant son rôle dominant dans la poussière étudiée.

### 3.7. Classement de l'abondance des minéraux

Le classement de l'abondance des minéraux est illustré au tableau 7.

**Tableau 7.** Ordre d'abondance des minéraux

| N° | Minéral   | Moyenne (%) |
|----|-----------|-------------|
| 1  | Silice    | 76,67       |
| 2  | Feldspath | 13,33       |
| 3  | Mica      | 5,33        |
| 4  | Autres    | 4,67        |

Les résultats du tableau ci-dessus donnent le classement de l'abondance des minéraux ci-après : Silice > Feldspath > Mica > Autres. Ceci, montre une organisation minérale stable sur l'ensemble des sites.

### 3.8. Indice de similitude entre les échantillons des roches prélevées dans les parties Est, Ouest et Nord de la carrière

L'Indice de similitude entre les échantillons des roches prélevées dans les parties Est, Ouest et Nord de la carrière est indiqué au tableau 8.

**Tableau 8.** Matrice de similitude (%)

| N°  | C9  | C12 | C15 |
|-----|-----|-----|-----|
| C9  | 100 | 95  | 99  |
| C12 | 95  | 100 | 96  |
| C15 | 99  | 96  | 100 |

**Légende :** C9 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Est de la carrière ; C12 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Ouest de la carrière ; C15 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Nord de la carrière

Les valeurs de similitude très élevées (95–99 %) indiquent une composition minéralogique quasi identique entre les trois points de prélèvement.

### 3.9. Indicateur de stabilité de la silice

Le tableau 9 présente l'indicateur de stabilité de la silice

**Tableau 9.** Stabilité de la silice à travers les échantillons

| Échantillon | Écart à la moyenne (%) |
|-------------|------------------------|
| C9          | -1,67                  |
| C12         | +3,33                  |
| C15         | -1,67                  |

**Légende :** C9 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Est de la carrière ; C12 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Ouest de la carrière ; C15 : Echantillon de roche Grès prélevée dans la partie Nord de la carrière

Les faibles écarts par rapport à la moyenne ( $\pm 3,33$  %) confirment la constance de la proportion de quartz.

### 3.10. Synthèse des résultats quantitatifs

La synthèse des résultats quantitatifs est indiquée au tableau 10.

**Tableau 10.** Synthèse statistique globale

| Paramètre                    | Valeur |
|------------------------------|--------|
| Nombre d'échantillons        | 3,00   |
| Teneur moyenne en silice (%) | 76,67  |
| Silice maximum (%)           | 80,00  |
| Silice minimum (%)           | 75,00  |
| Variabilité globale (CV %)   | 3,77   |

Le tableau 10 montre que la synthèse finale met en évidence une teneur moyenne en silice très élevée (76,67 %), une faible variabilité (CV = 3,77 %) et une homogénéité globale de la carrière. Tous ces résultats indiquent une très forte prédominance de la silice dans tous les échantillons de poussière de grès, une faible dispersion entre les points de prélèvement, une forte homogénéité minéralogique au sein de la carrière et une représentation proportionnelle stable des minéraux secondaires.

## 4. DISCUSSION

Cette étude a permis d'identifier les particules de poussière de grès émises par la carrière CARREKIM à Kimwenza, en analysant les caractéristiques minéralogiques d'échantillons collectés en différents points. La discussion s'articule autour des implications de la distribution minérale, de la variabilité statistique et de l'homogénéité spatiale, en lien avec la géologie du gisement et les conséquences environnementales et sanitaires pour les travailleurs et les riverains.

Les résultats mettent en évidence, de manière cohérente, une forte dominance de la silice dans tous les échantillons. Cela confirme que le matériau exploité est un grès riche en quartz, typique des formations sédimentaires matures. Cette dominance est largement documentée dans la littérature sédimentologique, en particulier pour les quartzarénites où l'altération subaérienne et le transport prolongé éliminent les minéraux instables (Pettijohn *et al.*, 1987 ; Blatt *et al.*, 1980). Des

observations similaires ont été rapportées par Folk (1974), qui souligne qu'une teneur élevée en quartz reflète une forte maturité minéralogique issue du recyclage des sédiments.

L'analyse quantitative révèle que la silice représente la fraction majeure des éléments identifiés. Cette forte proportion s'explique par le fait que la silice résiduelle constitue également le ciment naturel quartzique qui assure la consolidation et la diagenèse des grains de sable. Cette fraction principale est suivie par le feldspath, le mica et d'autres minéraux accessoires ou ferromagnésiens. Ces proportions relativement faibles de feldspath et de mica suggèrent que, bien que le grès soit compositionnellement stable, il n'a pas atteint une maturité chimique complète.

La persistance du feldspath indique une préservation partielle de minéraux moins résistants, ce qui traduit des conditions d'altération modérées ou des distances de transport relativement courtes. Selon McBride (1985), la teneur en feldspath dans les grès est un indicateur clé d'une altération diagénétique limitée et de la proximité des roches sources. De plus, König (2006, révisé en 2022) confirme que la silice agit fréquemment comme un ciment des grès, croissant en continuité optique sur les grains de quartz en fonction de l'âge de la formation, ce qui corrobore les taux élevés observés à Kimwenza.

Le mica, bien que présent en faible quantité, se concentre préférentiellement dans la fraction

particulaire fine de la poussière. Cela concorde avec les conclusions de Gupta *et al.* (2012), qui soulignent que la présence de mica accentue la genèse de particules respirables dans les carrières, majorant ainsi les risques d'exposition professionnelle.

D'un point de vue statistique, les coefficients de variation très faibles, en particulier pour la silice, démontrent une grande stabilité compositionnelle à travers le site d'étude. Cette faible dispersion indique que la composition minéralogique ne varie pas de manière significative dans l'espace, confirmant l'homogénéité de l'unité lithologique. Une telle uniformité minéralogique au sein des corps gréseux a été rapportée par Tucker (2001), qui note que les grès quartzueux bien triés présentent souvent une dispersion géochimique minimale entre les points de prélèvement.

De même, la matrice de similitude élevée (95 à 99 %) confirme la forte cohérence minéralogique entre les trois points de prélèvement. Des valeurs aussi élevées indiquent que la poussière provient d'une même roche mère ayant subi des variations de faciès minimales. Cette observation s'aligne sur les travaux de Boggs (2006), qui démontrent que les dépôts sédimentaires au sein d'un même paléomilieu présentent une forte homogénéité interne lorsqu'ils sont influencés par des conditions tectoniques et sédimentaires stables.

Malgré sa simplicité minéralogique et son uniformité spatiale, cette forte teneur en silice cristalline engendre des risques majeurs pour la santé publique et environnementale. Les travaux de Leung *et al.* (2012) et de l'OMS (2019) rappellent avec force que même des matériaux riches en quartz et géologiquement stables posent de graves risques sanitaires lorsqu'ils sont finement broyés et inhalés.

Pavan (2020), dans son étude sur la toxicité de la silice, démontre que l'inhalation de ces poussières dans les carrières et les chantiers du bâtiment est à l'origine de pathologies pulmonaires graves, notamment la silicose et le cancer bronchique. Au vu des taux de silice analysés au laboratoire du CRGM, la population du quartier Kimwenza est exposée à un risque élevé de développer la silicose, le lupus (maladie systémique à manifestation cutanée) et d'autres affections respiratoires chroniques.

Ces résultats corroborent également les conclusions du *Health and Safety Executive* (2018) concernant la teneur en silice cristalline des matériaux de construction courants. Cette étude comparative a révélé que le grès est le matériau de construction qui possède la plus forte teneur en silice cristalline (70 à 90 %), suivi par le béton et le mortier (25 à 70 %), tandis que le marbre présente la concentration

la plus faible (2 %). Les analyses de cette étude s'inscrivent parfaitement dans ces ordres de grandeur, confirmant la dangerosité intrinsèque de la roche exploitée à CARREKIM.

Sur le plan environnemental, l'impact des poussières sédimentées sur la flore locale est critique. En reliant nos concentrations aux travaux d'Auclair (1976) sur les effets des particules sur la végétation, il apparaît que la poussière altère sévèrement la photosynthèse, inhibe la croissance des plantes et peut entraîner leur dépérissement. À Kimwenza, les végétaux soumis à ces fortes concentrations de poussière affichent un déficit de croissance visible. Les particules en suspension se déposent sur le limbe des feuilles et obstruent les stomates, bloquant l'interception du rayonnement solaire et les échanges gazeux, ce qui ralentit considérablement l'activité photosynthétique.

Enfin, l'analyse du contexte institutionnel met en exergue des défaillances de gouvernance environnementale. Bien que l'article 129 du Code minier de la RDC encadre rigoureusement l'octroi des autorisations de recherche et d'exploitation des carrières en répartissant les compétences entre la Division provinciale des mines, le Ministère de tutelle et le Cadastre minier, son application sur le terrain souffre d'un manque de suivi.

Les résultats de cette étude mettent en évidence une carence dans le contrôle de la part de l'État congolais, qui tolère des implantations résidentielles à proximité immédiate de la carrière CARREKIM. Cette absence de périmètre de sécurité et de mesures d'atténuation environnementale expose directement les populations riveraines à des risques sanitaires graves et irréversibles.

## 5. CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude analyse les poussières de grès de la carrière CARREKIM (Mont-Ngafula, Kinshasa) et évalue leurs risques. Composée majoritairement de silice, cette poussière expose les travailleurs et les riverains à la silicose, une maladie pulmonaire incurable. Face au non-respect des normes et à la dangerosité de la proximité entre zones extractives et résidentielles, l'étude préconise des actions urgentes pour une exploitation durable.

Pour les gestionnaires de la carrière, l'accent doit être mis sur l'atténuation immédiate des poussières. Cela implique des équipements de protection individuelle aux travailleurs, d'arroser régulièrement le site et de capoter les appareils. De plus, il convient d'aspirer les poussières fines, de limiter la vitesse des véhicules sur le site et de bâcher systématiquement les camions de transport pour éviter la volatilisation des particules.

Les communautés locales doivent adopter des mesures de prudence face à ces risques sanitaires majeurs. Il leur est fortement recommandé d'éviter toute construction d'habitations à proximité des carrières à ciel ouvert. Pour les populations déjà installées et fortement exposées, un déménagement ou une relocalisation reste la solution la plus sûre afin de prévenir l'apparition de pathologies respiratoires mortelles.

Les chercheurs peuvent faire des études sur la caractérisation physico-chimique de ces polluants de carrières de pierres qui va nécessiter à faire des analyses de composition chimiques en proposant une Fluorescence X (FX) ou une ICP-AES afin de déterminer la concentration de potentiels métaux dans ces poussières.

## Références

- Auclair D., 1976. *Effets des particules sur la végétation ; in pollution par les particules émises dans l'atmosphère*. Monographies scientifique, série « Environnement », la documentation française, Paris, pp.113-143
- Bachene N., 2021. *Évaluation du personnel au travers la stratégie d'une gestion des carrières. Cas Sonelgaz Tizi-Ouzou*. Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri, 79 p.
- Blatt H., Middleton G. & Murray R., 1980. *Origin of sedimentary rocks*. Origin of Sedimentary Rocks, 782 p.
- Boggs S., 2006. *Principles of sedimentology and stratigraphy* 4th ed. Pearson, 662 p.
- Folk R. L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing, 182 p.
- Gupta V. et al., 2012. Occupational exposure to mineral dust in quarry environments. *Journal of Environmental Health*, 74(6), 34–41.
- HAL, 1977. Effet des poussières sur la photosynthèse, influence des polluants particulaire sur la photosynthèse du Pin sylvestre et du peuplier. *Annales des Sciences Forestières*, 34(1), 38 p.
- Health and Safety Executive (HSE), 2014. *Contrôle de l'exposition à la poussière de silice*. Guide de l'HSE de 2014, 6 p.
- Kihembe J., 2023. *Environnement Minier*. Université Officielle de Bukavu, RD Congo, 56 p.
- Konig C., 2006. *Silice, eaux, minéraux et roche*. Futura Sciences, 4 p.
- Kouadio Assemien F.Y., 2016. *Catastrophie de la vulnérabilité à la pollution des aquifères dans une zone minière : cas de la mine d'or Afema*. Thèse de doctorat, Université Felix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 697 p.
- Leung C., Prentice-Hall C., Yu I.T. & Chen W., 2012. Silicosis: A review. *The Lancet*, 379(9830), 2008–2018.
- Martaude T., 2008. *Évaluation environnementale de la production de granulats en exploitation de carrières - Indicateurs, Modèles et Outils*. Thèse de doctorat, Géologie appliquée, Université d'Orléans, France, 212 p.
- Maugendre M., 2009. *Étude des particules de suie dans les flammes de kérosène et diesel*. Thèse de doctorat, - Institut National des Sciences Appliquées de Rouen, France, 150 p.
- McBride E. F., 1985. Diagenesis of feldspar-rich sandstones. *Sedimentary Geology*, 41(1–2), 1–31.
- OMS, 2019. *Exposition à la silice cristalline et risques pour la santé*, 8 p.
- Pavan C., 2020. *Poussière de silice, sa toxicité mis à nu*. UCLouvain, 27 octobre 2020. Communiqué de presse
- Pettijohn F. J., Potter P. E. & Siever R., 1987. *Sand and sandstone* (2nd ed.). Springer, 553 p.
- Tucker, M. E., 2001. *Sedimentary petrology*. Blackwell Science. Press, 53 p.
- World Health Organization (WHO), 2019. *Exposure to crystalline silica and health risks*. WHO Press, 18 p.