

Soumis le : 08 Mai 2013
Forme révisée acceptée le : 03 Mars 2014
Email de l'auteur correspondant :
oumbatoul@live.fr

Nature & Technology

Estimation des particules de poussières causées par l'industrie cimentière par les plaques métalliques

Henni-Chebra K, Bougara A, Hallal A

Laboratoire de Géo-matériaux, Université Hassiba Benbouali de Chlef, BP151, Route de Soudja, Chlef 02000, Algérie

Résumé

La réduction des émissions de particules fines constitue le plus grand défi écologique que l'industrie cimentière algérienne doit relever. L'Entreprise du Ciment et Dérivés d'Ech-Cheliff (Algérie) certifiée en 2003 aux normes de qualité ISO 9001, se prépare à être certifiée aux normes environnementales ISO 14001. Des études préalables in situ ont été effectuées au niveau de la cimenterie pour quantifier le taux de particules de poussière. La présente étude mène une campagne de surveillance des poussières au sein de la cimenterie. Elle a pour objectif l'échantillonnage et l'analyse des aéro-particules déposées par gravité autour de l'entreprise ECDE. Le mode de prélèvement est celui décrit dans la norme française NFX 43-007 et qui fait appel à l'utilisation de plaquettes métalliques minces recouvertes d'un fixateur hydrophobe. Sept stations de prélèvements ont été positionnées tout autour de la cimenterie et quatre séries de prélèvements ont été effectuées pour mesurer de façon continue l'évolution de la quantité des aéro-particules redéposées. Les résultats obtenus avec la méthode utilisée dans cette étude sont comparés avec ceux obtenus au moyen des opacimètres. Il est constaté que la station la moins sensible indique une valeur très faible de 0.048 g/m²/jour, une valeur nettement inférieure au seuil toléré par la norme allemande TA-Luft. La station la plus sensible (qui est proche du concasseur) affiche une valeur de 20 g/m² par jour alors que le seuil toléré par la norme appliquée est de 1 g/m² par jour. On pense que la forte concentration trouvée est liée à la réception des ajouts minéraux et le concassage du gypse. Selon les prescriptions de la norme allemande, l'air est fortement pollué au-delà de 0.350 g/m²/jour. Pour réduire les émissions de poussières, il est impératif d'imposer des mesures draconiennes telles que prévoir l'opération de concassage du gypse au niveau de la carrière, réorganiser la réception des ajouts et la protéger des vents dominants pour éviter l'envol des poussières.

Mots-clés : Industrie cimentière, poussières, particules sédimentables, environnement

Abstract

Reducing emissions of fine particles is the greatest environmental challenge that the industry faces Algerian cement. The Company Cement and derivatives Ech-Cheliff (Algeria) certified in 2003 to ISO 9001 quality standards, is preparing to be certified to ISO 14001 Preliminary field studies were conducted environmental standards at the cement plant quantifying the rate of dust particles. This study conducts a monitoring dust in the cement plant. It aims to sampling and analysis of air-particles deposited by gravity around the company ECDE. The sampling method is described in the French standard NFX 43-007 and that appeals to the use of thin metal plates coated with a hydrophobic fixer. September sampling stations were positioned around the cement and four sets of samples were carried out to continuously measure changes in the amount of flying particles redeposited. The results obtained with the method used in this study are compared with those obtained by means of opacity meters. It is found that the least sensitive station indicates a very low value of 0.048 g / m² / day, a value significantly lower the tolerated by the German TA Luft standard threshold. The most sensitive station (which is close to the crusher) shows a value of 20 g / m² per day while the threshold tolerated by the standard applied is 1 g / m² per day. It is believed that the high concentration is found linked to the reception of mineral additives and crushing gypsum. According to the requirements of the German standard, the air is heavily polluted beyond 0.350 g / m² / day. To reduce dust emissions, it is imperative to impose draconian measures such as providing for the crushing operation gypsum at the quarry, reorganize receiving additions and protect it from prevailing winds to prevent dust settling hazard.

Keywords: cement industry, dust, dust settling sediment, environment

1. Introduction

En Algérie, la production de ciment est une industrie de base. L'Etat Algérien a consenti de très importants investissements pour le développement de la filière. Cependant le processus de fabrication du ciment engendre des incidences environnementales comme les émissions de gaz (CO_2 , NO_x , SO_2) mais surtout les émissions de poussières à tous les niveaux de la production. Les poussières des cimenteries algériennes constituent le polluant principal de l'air et contribuent aux maladies respiratoires des employés et des habitants aux alentours des cimenteries (PILLET G et al, 2006) [1]. Afin d'étudier l'impact des poussières émises par les cimenteries sur l'environnement, deux études ont été réalisées. La première étude menée par l'université de Constantine sur la cimenterie de Ain Touta (KELIFAR et al, 2005) [2], a montré en utilisant les bacs de 0.0314 m^2 de surface que les échantillons de poussières prélevés proviennent des gaz dégagés de la cimenterie et elle a recommandé l'utilisation de dépoussiéreurs appropriés (filtres à manches). La seconde étude, réalisée par l'Agence Internationale pour le Développement de la Qualité et de l'Environnement (AIDEQ, 2005) [3] sur la cimenterie de Chlef, a montré en utilisant l'analyseur neplélomètre, que les concentrations en PM 10 obtenues pour l'ensemble des points dépassent largement le seuil d'acceptabilité de 30 mg/Nm^3 définie par la norme Algérienne (Décret Exécutif N°06-02, 2006) [4]. Cette étude a suggéré la rénovation de tous les filtres par des filtres obéissant à cette norme et la surveillance en continu des émissions de poussières par des opacimètres et des jauges Owen.

L'objectif de cette communication est de mesurer le niveau d'empoussièrement engendré par le processus de fabrication du ciment au sein de la cimenterie en utilisant la méthode des plaquettes métalliques décrite par la norme Française NFX 43-007 (AFNOR, 2008) [5]. Les

résultats trouvés seront confrontés aux valeurs seuils admissibles par la norme française. L'analyse des résultats obtenus tiendra en compte aussi des résultats obtenus par les opacimètres dont les valeurs seuils sont définies par la norme Algérienne (Décret Exécutif N°06-02, 2006) [4].

2. Experimentation

Dans ce présent travail, le niveau d'empoussièrement est mesuré en utilisant la méthode des plaquettes métalliques.

2.1 Présentation de la méthode utilisée

La méthode suivi est celle des plaquettes métalliques décrite par la norme Française NFX 43-007 (AFNOR, 2008) [5]. Ces plaquettes en acier inoxydable enduites d'un fixateur hydrophobe sont des dispositifs destinés à recueillir les poussières présentes dans l'air ambiant. Le dépôt est ensuite prélevé et transféré sur un filtre pour la pesée et l'analyse en vue d'estimer l'importance des retombées atmosphériques.

Aussi, pour le suivi en continu des émissions de poussières, la cimenterie est équipée d'appareils de mesure de l'opacimétrie de type CPM 5003. Le CPM 5003 est un outil de surveillance d'émissions particulières avancé, conçu pour fournir des résultats pendant des années de service sans panne et avec un entretien minimal.

2.2 Appareillage

Les plaquettes métalliques sont disposées horizontalement à 1,5 m du sol. Elles sont de dimensions $50 \times 100 \text{ mm}$ fixées sur des supports de longueur 2 m avec un ancrage au sol de 40 cm et répondant à la norme AFNOR (voir figure 1). Les particules qui se déposent sur la plaquette par gravitation sont retenues ou stabilisées par

4 Estimation des particules de poussières causées par l'industrie cimentière par les plaquettes métalliques

l'enduit qui recouvre la plaquette. L'enduit est défini par la norme AFNOR comme un fixateur hydrophobe, ayant

la propriété de fixer les poussières déposées (dans cette étude, c'est la vaseline).

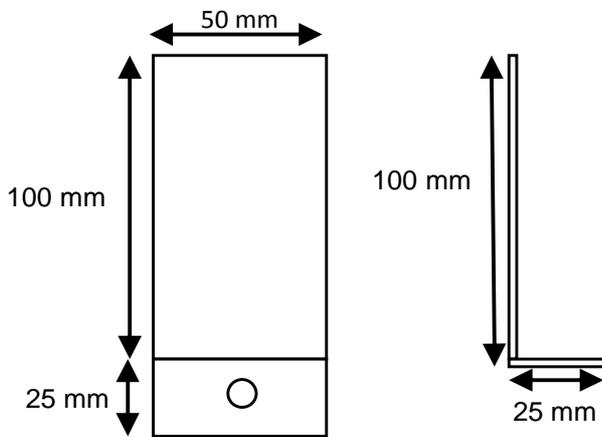


Fig. 1. Photo et dimensions des plaquettes en acier (AIROBEP, 2004) [6].

Le système de CPM 5003 inclut une unité de commande de microprocesseur, un émetteur et un récepteur duels. Lorsque la poussière passe entre l'émetteur et le récepteur, le colmatage momentané de la lumière par les particules provoque un signal et le convertit en concentration de poussière avec le microprocesseur.

2.3 Programme de surveillance

Le réseau de surveillance est composé de sept stations pour prélèvement disposées de manière à balayer tout le champ de la cimenterie (illustré à la figure 2), à savoir l'atelier de broyage du cru (station S1) la zone d'expédition (station S2), la base de vie (station S3), la zone ciment (station S4), la zone de réception des ajouts (station S5), la zone de réception de la matière première (station S6) et enfin la trémie de dosage du cru (station S7). Le réseau de suivi a été mis en place à la mi-juin

période ou l'envol des poussières est logiquement facilité par temps sec. Un premier prélèvement a été programmé pour la quantification des poussières sédimentables avec un temps d'exposition de 21 jours. Vu le niveau d'empoussièrement très élevé de la majorité des stations, le temps d'exposition a été réduit à 14 jours pour une série de trois prélèvements comme indiquée par la norme AFNOR. Le niveau d'empoussièrement étant toujours élevé, le temps d'exposition a été réduit encore une fois à 7 jours pour une série de trois prélèvements. Un dernier prélèvement a été effectué avec un temps d'exposition de 28 jours. On reportera dans cette communication les résultats englobant l'évolution de l'empoussièrement des quatre séries de prélèvement.

Pour les mesures de l'opacimétrie, la cimenterie dispose de sept appareils de mesure, positionnés au droit des différents équipements, à savoir, filtres cru (EP1 et EP2), filtres refroidisseurs (RF1 et RF2), et broyeurs ciment (BK1, BK2 et BK3), ainsi illustrée dans la Figure 2.

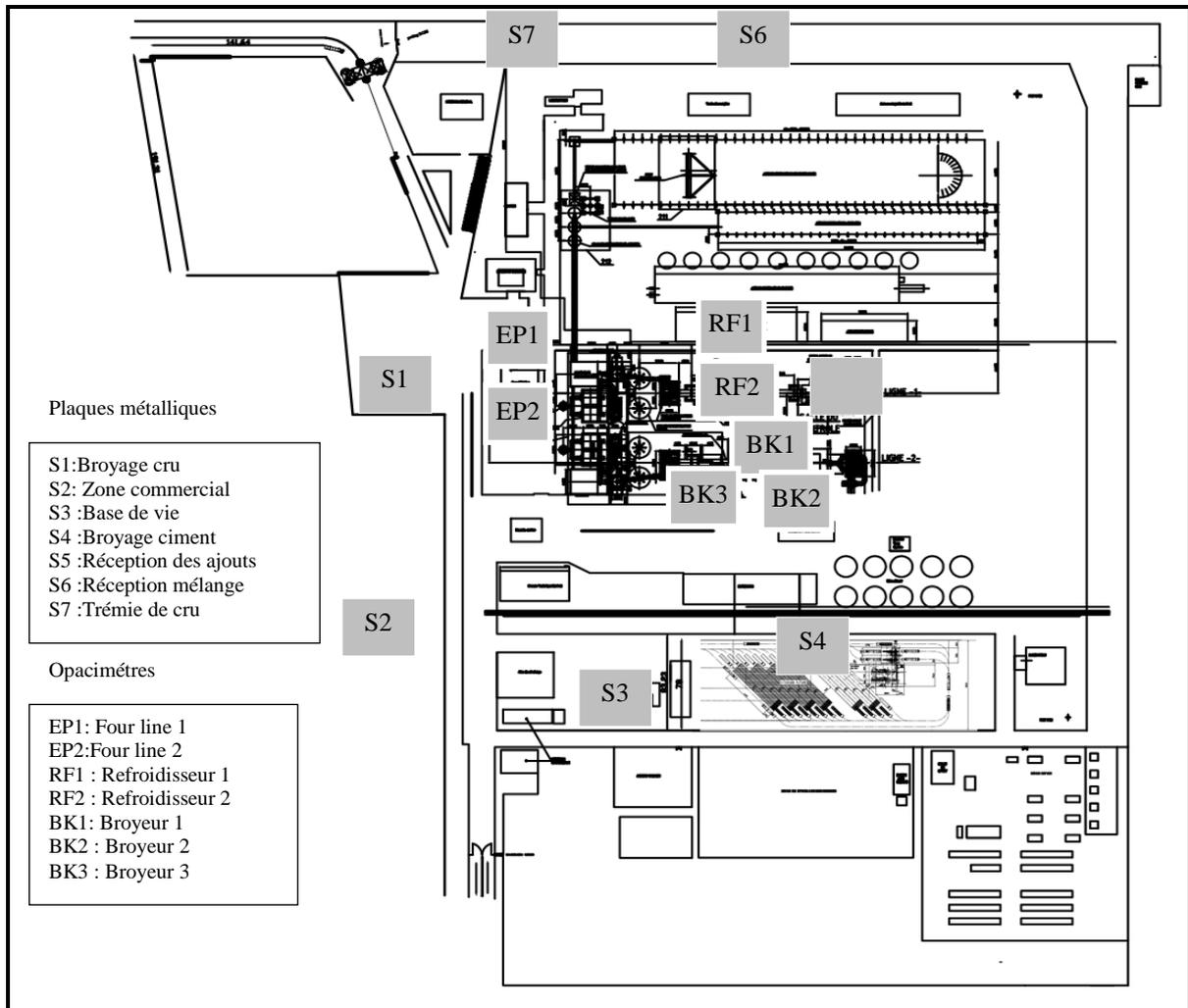


Fig. 2. Réseau de surveillance

2.4 Détermination du niveau d'empoussièrement

Après expiration du temps d'exposition, nous avons procédé au prélèvement des dépôts de poussière recueillis sur les plaquettes pour la pesée. Le poids des poussières de chaque prélèvement est déterminé comme la différence de poids avant et après le dépôt. Une fois le poids des poussières de chaque prélèvement déterminé, il a été procédé au calcul de la teneur majeure des poussières selon la relation donnée par la norme AFNOR.

$$P = \frac{m}{10^3} \times \frac{10^4}{S} \times \frac{730}{t} = 7300 \times \frac{m}{S.t} \quad (1)$$

Avec :

P : la teneur majeure des poussières

t : la durée d'exposition de la plaquette en heures (avec la durée moyenne d'un mois = 730 heures).

m : la masse en milligrammes des poussières recueillies.

S : la surface d'exposition de la plaquette en centimètre carré.

3. Résultats et discussion

3.1. Niveau d'empoussièrément

Figure 3 illustre l'évolution de l'empoussièrément des 4 séries où il est constaté que la station 5 enregistre au cours de chaque série le niveau d'empoussièrément le plus fort des 7 points de prélèvement dépassant largement le seuil acceptable fixée par la norme AFNOR (1000 mg/m²_jour). On pense que ceci est attribué à l'emplacement de cette station sur l'axe des vents dominant Nord Est et Nord Nord Ouest. Il est à noter que pour la période des essais de ce présent travail, les vents dominants sont de Nord Nord Ouest, de Nord Est et d'Ouest Sud Ouest comme déterminés à partir des données de la station météorologique de Chlef (Algérie) (I.E.P.I, 2006) [7]. Aussi ce taux élevé peut être associé à l'envol des poussières provenant des fuites au niveau du concassage du gypse à ciel ouvert. La station qui enregistre le niveau d'empoussièrément le plus faible à chaque prélèvement est le site 3 dont les quantités de poussières recueillies sont presque nulles par rapport à la valeur de référence fixée par la norme Française ; soit 36 mg/m² jour. De même ces valeurs sont inférieures à la valeur du seuil fixée par la norme Allemande TA-Luft (TA-LUFT, 2002) [8], soit 350 mg/m² jour, considérée

comme référence dans les études des retombées des poussières sédimentables. Ce résultat est justifié d'une part par l'éloignement de la station N°3 des zones produisant la poussière et d'autre part par la protection naturelle existante sur le site (plantation d'arbres).

Par contre, les stations 1 et 4 présentent un niveau d'empoussièrément moyen dû à l'arrêt temporaire du four de la ligne 1 de la cimenterie. Une surélévation peu significative du niveau d'empoussièrément est remarquée pour la station 2 qui peut être expliquée par l'existence de cette station au niveau de l'accès des camions. Les niveaux d'empoussièrément les plus forts ont été enregistrés lors de la première série de prélèvement qui s'est déroulée pendant la période la plus sèche et la plus chaude (T° 42°C à 46°C), par contre c'est au cours de la quatrième série dont les essais se sont déroulés par un temps humide et pluvieux que les niveaux d'empoussièrément les plus faibles ont été obtenus sur la majorité des points de prélèvement. On estime que le niveau d'empoussièrément enregistrée durant cette étude est mieux représenté par les séries de prélèvement 2 et 3 que par celui des autres séries, vu qu'elles n'ont pas été perturbées par des facteurs qui probablement pourraient fausser les mesures.

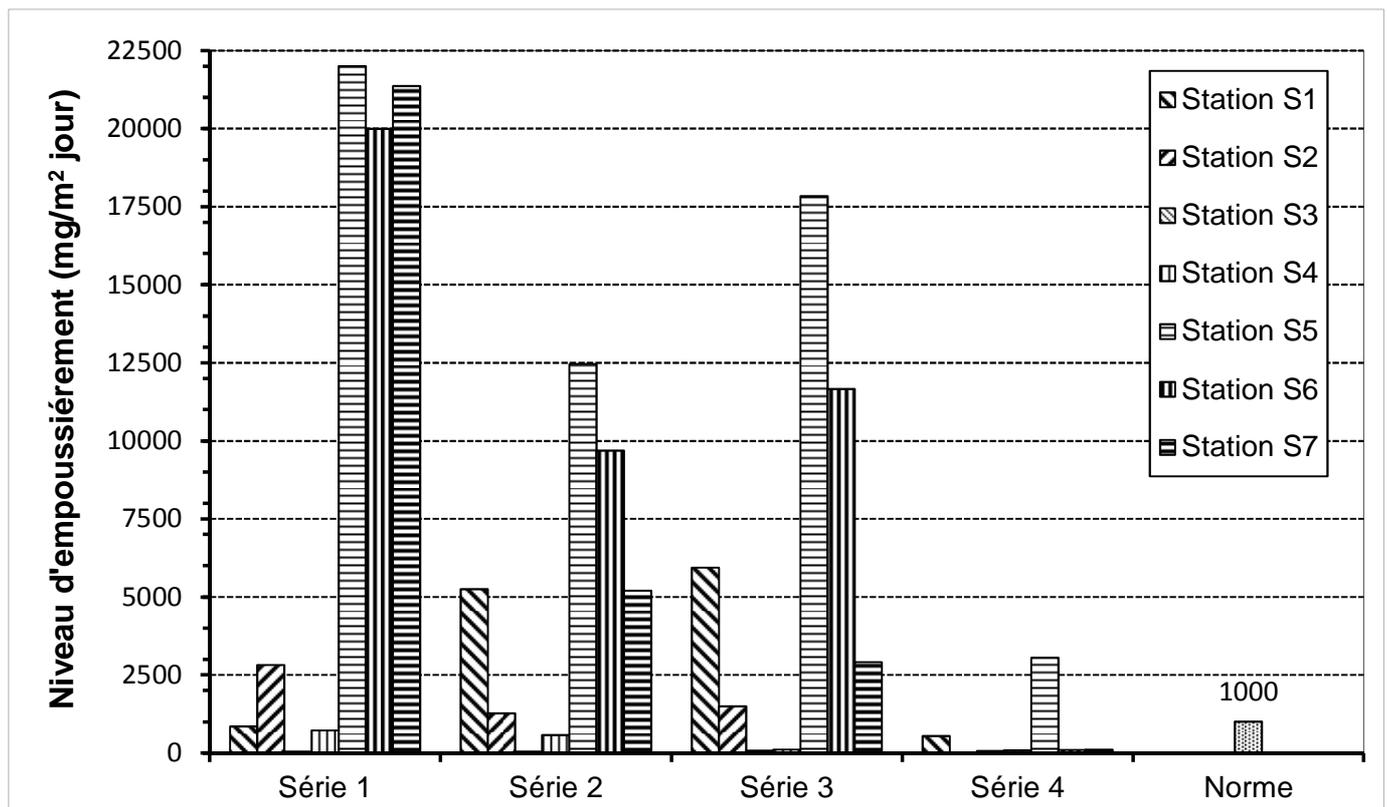


Fig. 3. Évolution du niveau d'empoussièrment pour les quatre séries de prélèvement.

N.B : Les valeurs prélevées de la station 3 n'apparaissent pas sur le graphe à cause de leur faible valeur

Dans une étude réalisée par ORAMIP (ORAMIP, 2004) [9] sur les retombées de poussière dans le Midi Pyrénées (France) en utilisant les jauges, le niveau d'empoussièrment enregistré au sein d'une carrière varie entre 35 et 123 mg/m² jour durant le mois d'Octobre caractérisé par une pluviométrie assez importante. Dans cette étude, la période de prélèvement de la série 4 a connu une pluviométrie comparable à celle du Midi Pyrénées et les valeurs obtenues varient de 15 à 107 mg/m² jour à l'exception de celles des stations 1 et 5. En effet les valeurs de ces stations sont anormalement élevées par rapport aux autres stations à cause de la déficience du filtre de la ligne 1 et le mauvais emplacement du concasseur du gypse. Par conséquent, l'ordre de grandeur des niveaux d'empoussièrment

déterminé dans la série 4 de notre étude est comparable à celui de l'étude réalisée dans le Midi-Pyrénées.

3.2. Résultats de l'opacimétrie

Figure 4 indique les quantités de poussières enregistrées au niveau des appareils de surveillance pendant l'étude. Selon cette figure, la quantité de poussière émise varie de 1.52 à 28.99 mg/Nm³ pour les différents opacimètres utilisés à l'exception des opacimètres placés aux niveaux des filtres EP1 et EP2. Les résultats obtenus sont bien en dessous de la Norme Algérienne qui est de 30 mg/Nm³ (Décret Exécutif N°06-02, 2006) [4] témoignant ainsi le bon fonctionnement des filtres à manches. Cependant, les opacimètres placés aux niveaux des filtres EP1 et EP2 ont enregistré des valeurs anormales, car l'opacimètre EP1 (ligne 1) est hors service

8 Estimation des particules de poussières causées par l'industrie cimentière par les plaquettes métalliques

en attendant le remplacement de l'électro filtre par le filtre à manches, tandis que l'opacimètre EP2 n'a pas été étalonné pendant la période des essais. On constate que l'opacimètre BK2 enregistre le niveau le plus élevé en dessous du seuil (30 mg/Nm^3) par rapport aux autres opacimètres (BK1 et BK3), soit $28,99 \text{ mg/Nm}^3$. Cet écart est causé probablement par le problème d'étanchéité des filtres dont souffrait le dispositif de filtration en cette période. En ce qui concerne l'écart entre les deux autres opacimètres BK1 et BK3, on pense que cela est lié au processus de chaque atelier et aussi à la bonne maîtrise du fonctionnement des filtres nouvellement installées.

En se basant sur les résultats de l'opacimétrie, on peut conclure que les quantités de poussières recueillies sur les 7 points de prélèvement des plaques ne

proviennent pas seulement des émissions du processus de fabrication du ciment (sources émettrices). Située dans une zone dégageant beaucoup de poussières, la station 5 enregistre à chaque prélèvement le niveau d'empoussièrement le plus fort, la majorité des poussières recueillies provenant donc du concassage à ciel ouvert du gypse et la réception et le stockage des ajouts. Les stations 6 et 7 situées respectivement dans la zone de la trémie de réception du mélange calcaire-argile et la zone de la trémie du cru, la majorité des poussières recueillies sur les plaquettes peuvent provenir des fuites des bandes transporteuses (couvertures détériorées) de la zone 5 et du filtre de la ligne 1 lorsque le vent souffle de Nord Nord Ouest – Nord Est. La station 2 située sur le site commercial, où le trafic des camions d'expédition est très important empoussérant toute la zone.

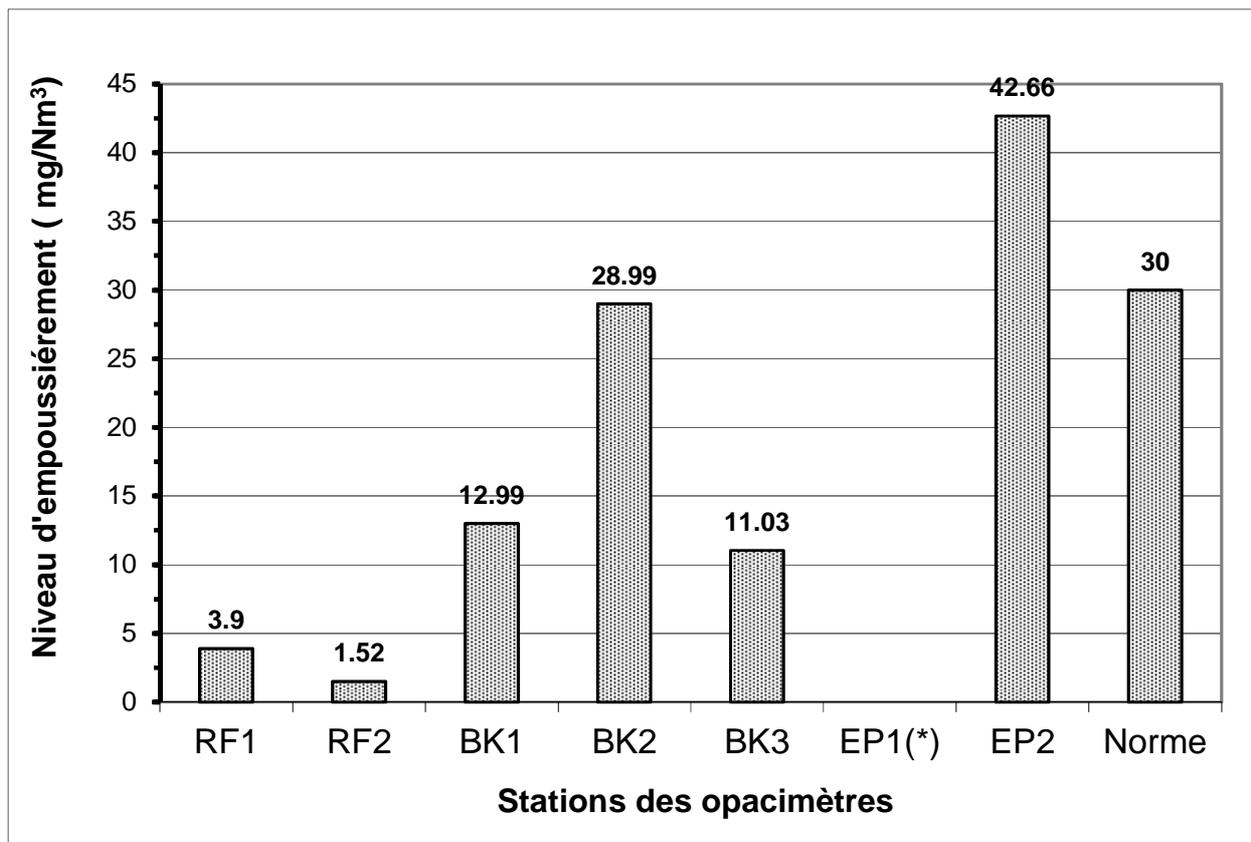


Fig. 4. Évolution des émissions de poussières au moyen des opacimètres CPM 500.

EP1(*) : L'opacimètre de la station EP1 n'est pas fonctionnelle à cause de l'arrêt temporaire de la ligne 1.

3.3 Caractérisation des particules de poussières

Pour déterminer la provenance des poussières prélevées des 7 points de surveillance, nous avons

procédé à l'analyse chimique des échantillons. La composition chimique des poussières prélevées sur les plaquettes et celle adoptée comme référence par le laboratoire de l'ECDE est donnée par le tableau 1.

Tableau 1

Composition chimique des prélèvements.

Station	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	PAF	SO ₃
S1	60,96	16,70	4,98	3,78	0,84	37	0,04
Référence	61 - 64,5	17 - 23	2,5-05	02-3,5	0,5-01		01-02
S2	59,34	16,42	5,13	3,78	0,84	47	0,07
Référence	61 - 64,5	17 - 23	2,5-05	02-3,5	0,5-01		01-02
S3(*)	/	/	/	/	/	/	/
S4	39,143	2,61	3,028	2,371	0,96	29	0,048
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08
S5	49,63	1,65	3,63	3,085	0,96	27	0,83
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08
S6	37,88	16,35	3,32	2,60	1,91	34,52	0,06
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08
S7	39,87	15,94	3,02	2,36	1,19	39,05	0,02
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08

S3(*) Quantité prélevée insuffisante pour l'analyse

La comparaison des valeurs des constituants des particules de poussières montre une corrélation entre la composition chimique des échantillons des stations 1 et 2 et les composants de ciment, tandis que les stations 4, 5, 6 et 7 montrent une corrélation avec les composants du cru, ce qui est plausible, vu que ces stations sont situées dans les zones trémies cru, mélange (calcaire + argile) et stockage des ajouts. Les stations 1 et 2 sont situées dans les zones où le trafic des camions d'expédition de ciment est très fréquent (pont bascule et zone commerciale), donc la majorité des poussières proviennent de la circulation des camions ainsi que par l'envol de ciment. Ces résultats prouvent clairement que les particules de poussières recueillies au sein de la cimenterie sont engendrées par le

processus de fabrication du ciment tout entier mais pas particulièrement par les sources émettrices contrôlées par les opacimètres.

4. Conclusion

Les niveaux d'empoussièrement affichés par les opacimètres placés au niveau de chaque source d'émission sont en dessous du seuil fixé par la norme algérienne (30 mg/N m³), prouvant ainsi l'efficacité des filtres à manches introduits. Par ailleurs, les retombées de poussières sur les plaquettes demeurent très élevées selon la norme AFNOR. On pense que cela n'est pas dû seulement au processus de fabrication, mais dépend

d'autres facteurs tels que l'effet de l'éloignement par rapport à la source d'émission.

La caractérisation des particules de poussières des échantillons prélevés montre que ces particules proviennent de la fabrication du ciment, confirmant ainsi les résultats de l'étude effectuée à la cimenterie de Ain-Touta. Cette dernière étude a recommandé de s'équiper de filtres performants. Cependant les résultats trouvés dans ce travail ont montré que cette mesure est insuffisante et que le niveau d'empoussièrément demeure toujours élevé malgré l'utilisation de ces filtres.

On suggère délocaliser l'opération de concassage du gypse et la prévoir au niveau de la carrière, réorganiser la réception des ajouts et la protéger des vents dominants afin d'éviter l'envol des poussières. En plus, prévoir un programme de nettoyage et d'arrosage intensif en période chaude et sèche dans les zones très sensibles, afin d'affaiblir les envols de poussières.

En se basant sur les résultats des niveaux d'empoussièrément obtenus lors de la quatrième série de prélèvement, il est constaté que les seuils définis par les normes AFNOR et Ta-Luft sont plus ou moins sévères pour les sites reconnus pour leur climat chaud et sec sur la plus grande partie de l'année et favorables pour les sites où le climat est à longueur d'année humide et pluvieux, ce qui encourage à revoir les valeurs de référence fixées par ces normes particulièrement pour les sites de climat chaud.

5. Références

[1] PILLET G et al. Tableau de bord méso – économique des couts et bénéfices environnementaux de l'industrie

du ciment en Algérie Résultats et guide méthodologique. Nov.2002, 6p.

- [2] R. Kelifa et al. Impact des cimenteries sur l'environnement : le cas de la cimenterie de Ain touta XXIII Rencontre de génie civil- Risque et Environnement, 2005, 8 p.
- [3] AIDEQ, Etude d'impact de la cimenterie de l'E.C.D.E: Rapport d'expertise de l'Agence internationale pour le développement de la qualité et l'environnement, 2005, p.110.
- [4] Décret Exécutif N°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 07 Janvier 2006 J.O.R.A. N°01 du 08 Janvier 2006, Valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de la qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.
- [5] AFNOR NFX43 – 007.Pollution atmosphérique, Mesure des retombées par la méthode des plaquettes de dépôts, Décembre 1973, réutilisé en décembre 2008.
- [6] AIROBEP, Qualité d'air étude Février 2004, les particules sédimentables sur la zone de l'étang de Berre.
- [7] I.E.P.I: Institut de l'énergie et de l'environnement « Diagnostique énergétique d'une cimenterie ». Fiche technique, prisme N° 1, 9p.
- [8] TA-LUFT – Instructions techniques sur la qualité de l'air. Loi fédérale allemande sur la protection de l'environnement contre les nuisances, Juillet 2002.
- [9] ORAMIP : Observatoire Régional de l'Air en Midi – Pyrénées « Etude 2004 – 018 bilan annuel 2003 suivi des retombées de poussières en Midi –Pyrennées » France, 2004.