

# IMPACT DES RETOMBEES DE POUSSIÈRES CAUSEES PAR L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE SUR L'ENVIRONNEMENT

**Henni-Chebra K, Bougara A, Hallal A**

Laboratoire de Géo-matériaux, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Algérie  
[aekbougara@hotmail.com](mailto:aekbougara@hotmail.com) (email auteur correspondant)

**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 certifiée en 2003 aux normes de qualité ISO 9001, se prépare à être certifiée aux normes environnementales ISO 14001. 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 et qui fait appel à l'utilisation de plaquettes. 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. La station la plus sensible (qui est proche du concasseur) affiche une valeur de 20 g/m<sup>2</sup> par jour alors que le seuil toléré par la norme appliquée est de 1 g/m<sup>2</sup> par jour. La caractérisation des particules de poussières montre que ces particules proviennent de la fabrication du ciment, confirmant ainsi les résultats des études antérieures. 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 incite à revoir les valeurs de référence fixées par ces normes particulièrement pour les sites de climat chaud.

**MOTS-CLÉS :** Fabrication ciment, poussières, aéro-particules, environnement

## 1. Introduction

Le ciment fait de sa fabrication une industrie qui occupe une place prépondérante dans les économies de toutes les nations, sa production est un indicateur économique lié d'une part au nombre d'habitants mais également au potentiel de croissance de chaque pays sur une période donnée [1] (A.C.C, 2006). L'évolution de sa production dans le monde progresse chaque année, celle-ci a atteint 2,77 milliard de tonnes en 2007, dans les 30 années à venir la consommation de ciment de certain pays en voie de développement devrait doubler [2] (VECOVEN J, 2005). En Algérie la production de ciment est une industrie de base. L'Etat a consenti de très importants investissements pour le développement de la filière. Cependant en raison de la forte demande, accentuée par le programme de relance économique (autoroutes, un million de logements, autres équipements publics), l'offre reste insuffisante, et pour remédier à cela, l'industrie cimentière a décidé d'investir pour augmenter la capacité de production qui est de 11,6 millions de tonnes pour la porter à 17,6 millions de tonnes à l'horizon 2012 [3] (E.C.D.E, 2010).

Cependant le processus de fabrication du ciment engendre des incidences environnementales comme les émissions de gaz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ) 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 [4] (PILLET G et al, 2006). 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 [5] (KELIFAR et al, 2005), a montré en utilisant les bacs de  $0.0314 \text{ m}^2$  de surface que les échantillons de poussières prélevés proviennent des gaz dégagés de la cimenterie et elle a recommandé l'utilisation de dépoussiéreurs appropriés. La seconde étude, réalisée par l'Agence Internationale pour le Développement de la Qualité et de l'Environnement [6] (AIDEQ, 2005) 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. Cette étude a suggéré la rénovation de tous les filtres par des filtres obéissant aux normes ( $15 \text{ mg/Nm}^3$ ) 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'empoussièremment engendré par le processus de fabrication du ciment au sein de la cimenterie en utilisant la méthode des plaquettes métalliques, et de faire ensuite une analyse des résultats obtenus en les comparant avec les résultats trouvés en utilisant d'autres méthodes expérimentales.

## **2. Expérimentation**

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

### *2.1. Présentation de la méthode utilisée*

La méthode suivie est celle des plaquettes métalliques décrite par la norme Française NFX 43-007 [7] (AFNOR, 2008). 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 particulaires 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 x 100 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 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).

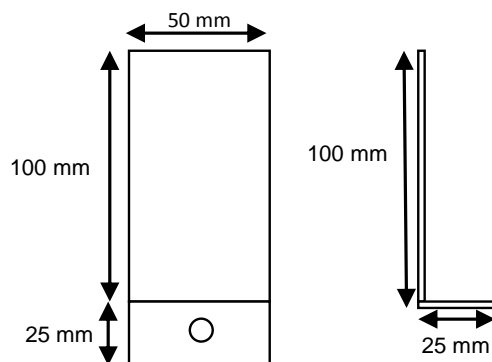


Figure 1. Dimensions des plaquettes en acier [8] (AIROBEP, 2004).

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 où 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.

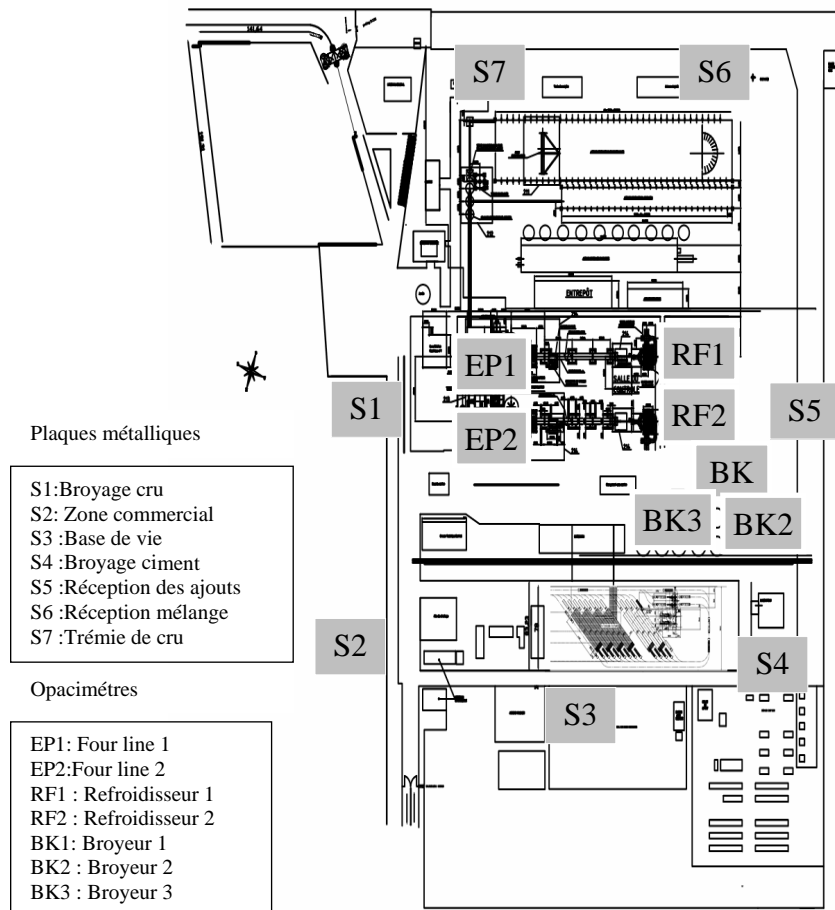


Figure 2. Réseau de surveillance

#### 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.

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

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'empoussièremment

Figure 4 illustre l'évolution de l'empoussièremment des 4 séries où il est constaté que la station 5 enregistre au cours de chaque série le niveau d'empoussièremment le plus fort des 7 points de prélèvement dépassant largement le seuil acceptable fixée par la norme AFNOR. 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) [9] (I.E.P.I, 2006). 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'empoussièremment le plus faible à chaque prélèvement est le site 3 dont les quantités de poussières recueillies sont inférieures à la valeur de référence fixée par la norme Allemande TA-Luft [10] (TA-LUFT, 2007), soit  $36 \text{ mg/m}^2 \text{ jour}$ . 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). Les stations 1 et 4 présentent un niveau d'empoussièremment moyen dû à l'arrêt temporaire du four de la ligne 1 de la cimenterie. Une surélévation peu significative du niveau d'empoussièremment 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'empoussièremment 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 ( $T^\circ 42^\circ\text{C}$  à  $46^\circ\text{C}$ ), 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'empoussièremment les plus faibles ont été obtenus sur la majorité des points de prélèvement. On estime que le niveau d'empoussièremment 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.

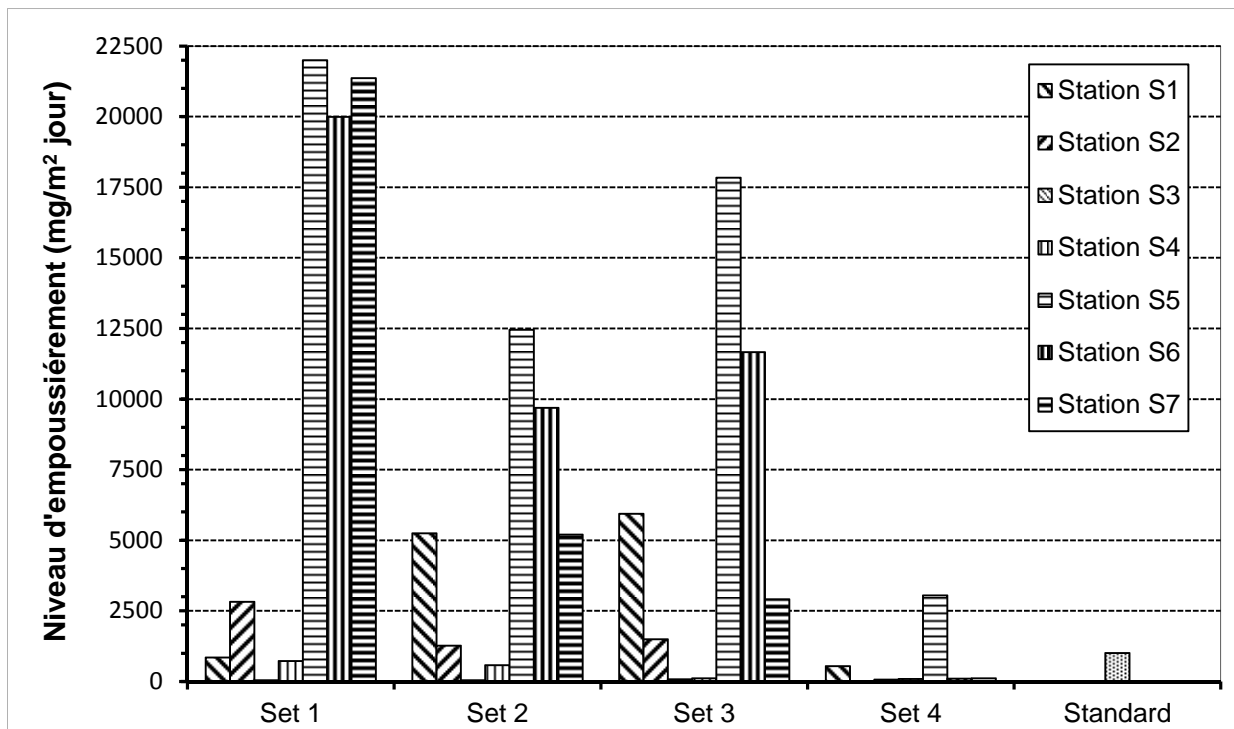


Figure 4. Évolution du niveau d'empoussièremment pour les quatre séries de prélèvement.

Dans une étude réalisée par ORAMIP sur les retombées de poussière dans le Midi Pyrénées (France), le niveau d'empoussièrment obtenu varie entre 35 et 123 mg/m<sup>2</sup> jour durant le mois d'Octobre [11] (ORAMIP, 2004). Dans cette étude, toutes les valeurs obtenues pour la série de prélèvement N° 4 varient de 15 à 107 mg/m<sup>2</sup> 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. L'ordre de grandeur des niveaux d'empoussièrment déterminé dans cette étude est comparable à celui de l'étude réalisée dans le Midi-Pyrénées.

### 3.2. Résultats de l'opacimétrie

Figure 5 indique les quantités de poussières enregistrées au niveau des appareils de surveillance pendant l'étude. Selon la Figure 5, il est constaté que mis à part les 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/Nm<sup>3</sup> [12] (Décret Exécutif N°06-02, 2006). Les quantités de poussières recueillies sur les 7 points de prélèvement ne proviennent donc pas que des émissions du processus de fabrication du ciment. Située dans une zone dégageant beaucoup de poussières, la station 5 enregistre à chaque prélèvement le niveau d'empoussièrment 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 empoussiérant toute la zone.

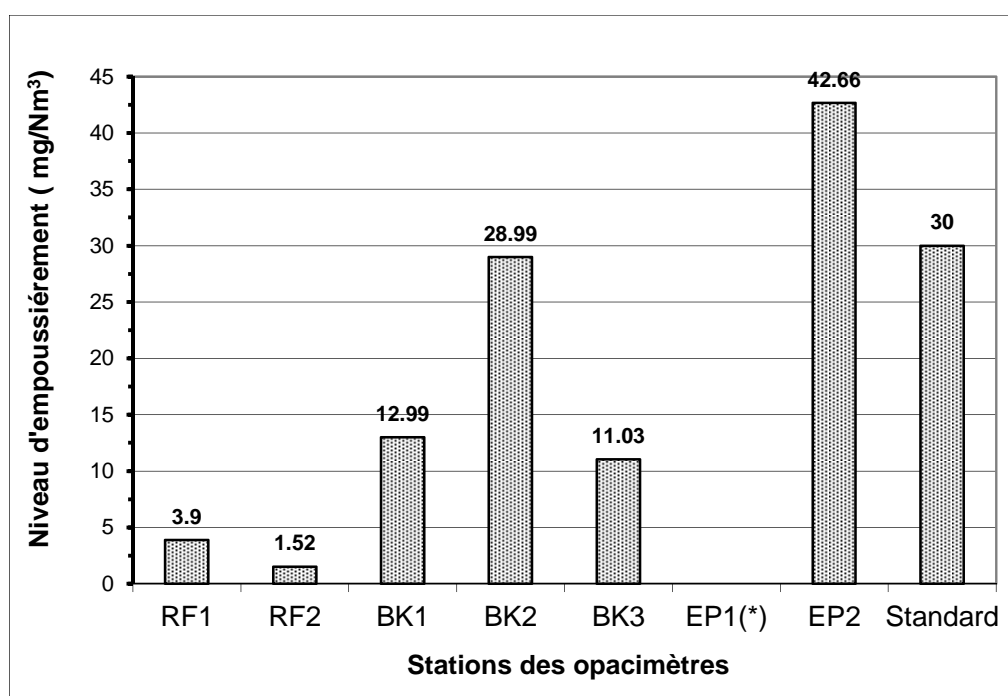


Figure 5. Évolution des émissions de poussières au moyen des opacimètres CPM 500.

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 <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	PAF	SO <sub>3</sub>
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.

## 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 m<sup>3</sup>), 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'empoussièrement 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.

## Références

- [1] A. C. C: Atelier du changement climatique : « Les enjeux du développement durable au sein de l'industrie du ciment : Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> » *Rapport final* Octobre 2005 – février 2006 - Page 32
- [2] VECOVEN J. L'industrie du ciment données générales. ATILH : Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques : Ecole thématique « Matériaux cimentaires » du 25 au 30 Septembre 2005 – HOLCIM.
- [3] E.C.D.E, Entreprise de ciment et dérivés de Chlef. Production et perspectives, Rapport de gestion, Exercice 2009, Mai 2010, 112p.
- [4] 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.
- [5] KELIFAR 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.
- [6] 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.
- [7] AFNOR NFX43 – 007.Pollution atmosphérique, Mesure des retombées par la méthode des plaquettes de dépôts, Décembre 1973, réutilisé en décembre 2008.
- [8] AIROBEP, Qualité d'air étude Février 2004, les particules sédimentables sur la zone de l'étang de Berre.
- [9] I.E.P.I : Institut de l'énergie et de l'environnement « Diagnostique énergétique d'une cimenterie ». Fiche technique, prisme N° 1, 9p.
- [10] TA-LUFT – Instructions techniques sur la qualité de l'air Loi fédérale allemande sur la protection de l'environnement contre les nuisances.
- [11] ORAMIP : Observatoire Régional de l' Air en Midi – Pyrenées « *Etude 2004 – 018 bilan annuel 2003 suivi des retombées de poussières en Midi –Pyrenées* » France, 2004.
- [12] 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.