
Détermination du niveau d'empoussièrement engendrée par la fabrication du ciment

Khadidja Henni-Chebra¹, Abdelkader Bougara^{2*}, El-Hadj Kadri³

¹ Département de Génie Civil, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Algérie

² Département de Génie Civil, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Algérie

³ Laboratory L2MGC, University of Cergy Pontoise, F9500 Cergy Pontoise, France

* aeqbougara@hotmail.com

RESUME : Le processus de fabrication du clinker fait de l'industrie du ciment une forte consommatrice en énergie calorifique, mais c'est aussi une grande génératrice de rejets polluants dans l'atmosphère tels que les émissions des particules fines dont la forte et longue concentration dans l'air provoque des maladies respiratoires. L'objectif du travail présenté est de déterminer le niveau d'empoussièrement engendrée par la fabrication du ciment. Une campagne de mesure des poussières sédimentables réalisée par la méthode des plaquettes, a été effectuée sur 7 points de prélèvements situés autour de la cimenterie de l'E.C.D.E de Chlef (Algérie). Les résultats trouvés affichent des niveaux très forts d'empoussièrement au cours des 4 séries de prélèvements dépassant largement le seuil acceptable (1 g/m² jour) pour la station 5 de valeur variant de 20 à 5 g/m² jour et un niveau très faible d'empoussièrement pour la station 3 de valeur variant de 0.07 à 0.036 g/m² jour.

ABSTRACT: The manufacture process of the clinker makes the cement industry a great consumer of the calorific energy, but this is also a great producer of pollutant waste in air atmosphere such as emission of fine particles where the high and long dosage in air causes respiratory diseases. The objective of this work is to determine the level of dust caused by the cement factory. A measuring campaign of sedimentary dust is carried out using metal plates on 7 sampling sites situated within the cement factory ECDE Chlef (Algeria). The results found reveal very high levels of dust during the four sets of sampling exceeding largely the acceptable threshold (1 g/m² day) for the station 5 varying in value from 20 to 5 g/m² day and a very low level of dust ranging from 0.07 to 0.036 g/m² day for the station 3.

MOTS CLES : fabrication du ciment, émissions, poussières, particules sédimentables, pollution, environnement.

KEY WORDS: cement industry, emission, dust, sedimentary particle, pollution, environment.

1. Introduction

Le ciment est une matière première irremplaçable, il est à l'amont de toute activité de construction, de réalisation d'ouvrages, d'infrastructures et dans des applications nouvelles comme la construction d'autoroutes où l'asphalte est conquis par le béton. Sa fabrication est une industrie de base qui occupe une position dominante et conserve un fort potentiel de croissance. Cependant le processus de fabrication du ciment engendre des incidences environnementales comme les émissions de gaz (CO₂, NO_x, SO₂) mais surtout les émissions de poussières à tous les niveaux de la production, dont la forte et longue concentration dans l'air provoque des maladies respiratoires. Toutefois ce processus ne cesse d'être amélioré avec des technologies nouvelles afin de réduire ces impacts sur l'environnement.

L'adoption des technologies de filtration de plus en plus efficaces telles que les filtres à manches pour capter les poussières générées par le traitement thermique ou le transfert des matières d'une part, et d'autre part la préservation des ressources naturelles par l'utilisation des déchets en valorisation énergétique et de la matière ont permis aux cimentiers d'atteindre un niveau performant en qualité du produit et en protection de l'environnement conformément aux exigences des normes élaborées par la plus grande Organisation Internationale de la Normalisation (I.S.O).

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 (GONZAGUE, 2002). Dans le but d'étudier l'impact des poussières émises par les cimenteries sur l'environnement, deux études récentes ont été réalisées à ce sujet. La première étude menée par l'université de Constantine sur la cimenterie de Ain Touta (RICAL, 2005), a montré en utilisant les bacs de 0.0314 m² de surface que les échantillons de poussières prélevés proviennent des gaz dégagés de la cimenterie et elle a recommandé l'utilisation des dépoussiéreurs appropriés. La seconde étude, réalisée par l'Agence Internationale pour le Développement de la Qualité et de l'Environnement (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 mg/Nm³) et la surveillance en continu des émissions de poussières par des opacimètres et des jauges Owen.

L'objectif de cette communication est de déterminer la quantité des retombées de poussière engendrée 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 pour identifier les sources émettrices.

2. Expérimentation

Le niveau d'empoussièremement peut être mesuré par divers équipements, à savoir les jauges OWEN, les opacimètres, les analyseurs néphélomètres et les plaquettes métalliques. Dans cette étude, le niveau d'empoussièremement engendré par le processus de fabrication du ciment est mesuré en utilisant la méthode des plaquettes métalliques.

2.1. Présentation de la méthode

La méthode suivie est celle des plaquettes métalliques décrite par la norme NFX 43-007 (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.

2.2. Appareillage

Les plaquettes métalliques sont disposées horizontalement à 1,5 m du sol, 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)

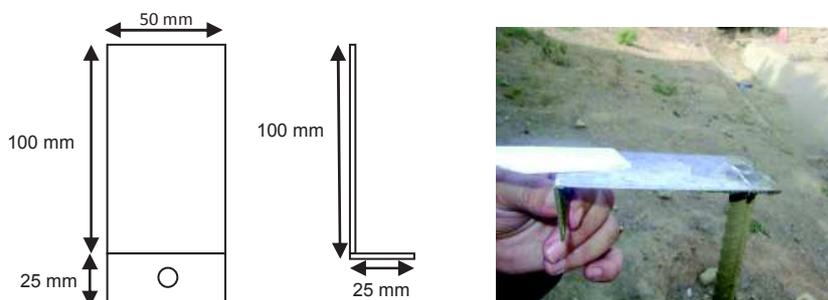


Figure 1. Dimensions plaquette en acier (voir photo de la plaquette)

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 (ici, c'est la vaseline).

2.3. Programme expérimental

Le réseau de surveillance est composé de sept stations pour prélèvement disposé de manière à balayer tout le champ de la cimenterie (voir figure 2), à savoir l'atelier de broyage du cru (station 1), la zone d'expédition (station 2), la base de vie (station 3), la zone ciment (station 4), la zone de réception des ajouts (station 5), la zone de réception de la matière première (station 6) et enfin la trémie de dosage du cru (station 7). Le réseau de suivi a été mis en place à la mi-juillet période où l'envol des poussières étant 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.

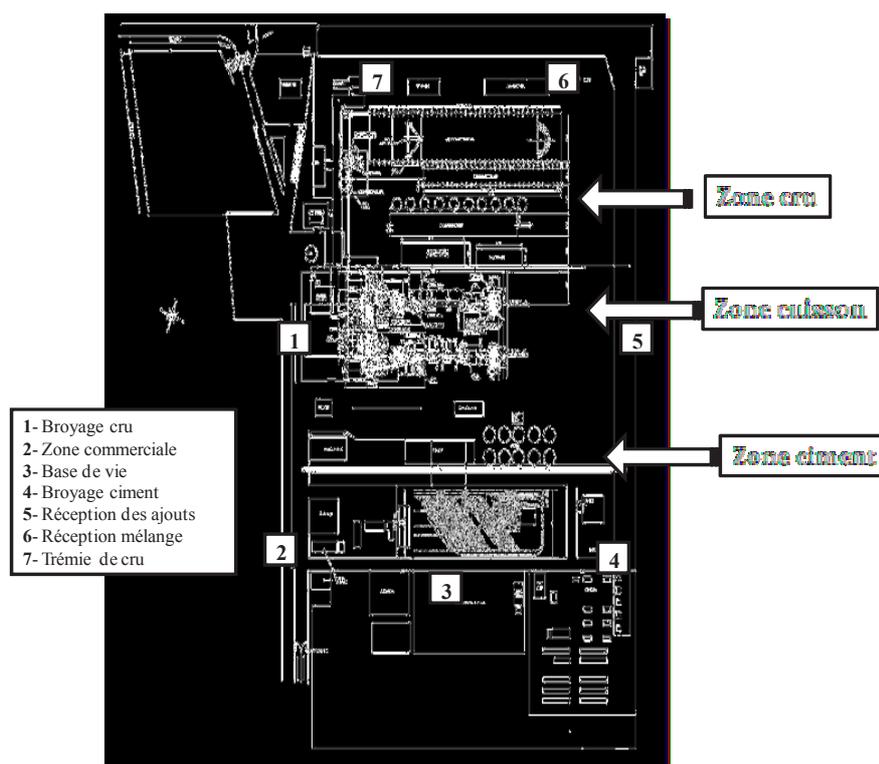


Figure 2. Réseau de surveillance

2.4. Effet des vents dominants

Le suivi de la direction et de la vitesse du vent aident mieux à interpréter les résultats de l'analyse des échantillons. Ce paramètre doit donc être pris en considération dans l'évolution de l'empoussièrèment pour toutes les stations. Les vents dominants dans la région de Chlef sont en général de types Ouest Est/Sud Ouest et Nord Est. Pour la période de nos essais, les vents dominants sont déterminés à partir des données de la station météorologique de Chlef (I.E.P.I) et sont de Nord Nord Ouest, de Nord Est et d'Ouest Sud Ouest comme illustré par la rose des vents sur la figure 3.

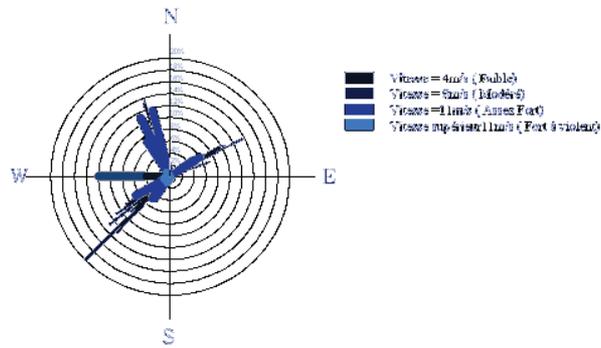


Figure 3. Rose des vents

2.5. Quantification des poussières

Après expiration du temps d'exposition, il a été 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, le calcul de la teneur majeure des poussières est donné par la relation décrite dans 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 :

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.

P = teneur majeure des poussières en mg/m².

3. Résultats et discussion

3.1 Niveau d'empoussièrement de la série 1

L'évolution du niveau d'empoussièrement de la série 1 a montré que la station 3 enregistre un niveau d'empoussièrement très faible, soit de 36 mg/m² jour (voir figure.4). 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'empoussièrement moyen du à l'arrêt temporaire du four de la ligne une de la cimenterie. Une surélévation peu significative du niveau d'empoussièrement est remarquée pour la station 2 qui peut être expliquée par l'existence de cette station au niveau de l'accès des camions. Les stations restantes (5, 6 et 7) ont affichées un niveau d'empoussièrement très considérable de l'ordre 20.000 mg /m² jour, probablement ceci est attribué d'une part à l'emplacement de ces stations sur l'axe des vents dominant Nord Est et Nord Nord Ouest et d'autre part à l'envol des poussières provenant des fuites au niveau des trémies réception mélange calcaire et au niveau du dosage du cru.

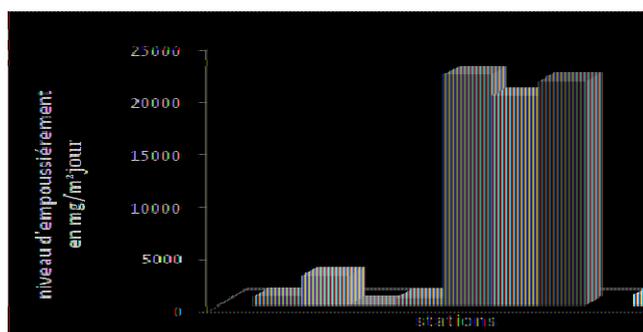


Figure 4. Evolution du niveau d'empoussièrement de la série 1

3.2 Niveau d'empoussièrement de la série 2

Il est remarqué qu'au cours de cette série de mesures, aucun dépassement de la valeur de référence 1000 mg/ m²jour fixée par la norme (NA, 2000) n'a été atteint pour les stations 1, 2, 3, 4 et 7 (voir figure 5). Cette baisse de retombées de poussières sur le réseau de plaquettes est probablement due aux trois jours consécutifs de pluie pendant la période d'exposition de ce prélèvement (I.E.P.I), par contre les stations 5 et 6 dépassent largement le seuil fixé, bien que le niveau d'empoussièrement par rapport au prélèvement de la série précédente a baissé pour la même raison citée précédemment. Il est à noter que les quantités de retombées

Empoussièrément engendrée par la fabrication du ciment

recueillies des stations 1, 3 et 4 sont en dessous même de la valeur de référence de la norme allemande (TA-Luft), jugée plus sévère que la norme française (AFNOR, 2008) et caractérisant un environnement peu polluant.

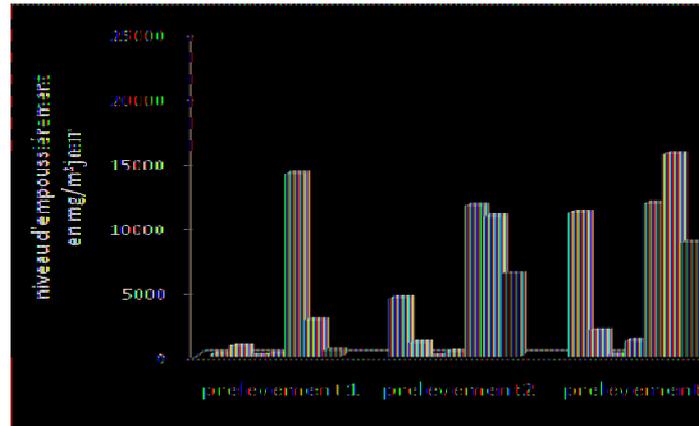


Figure 5. Evolution du niveau d'empoussièrément de la série 2

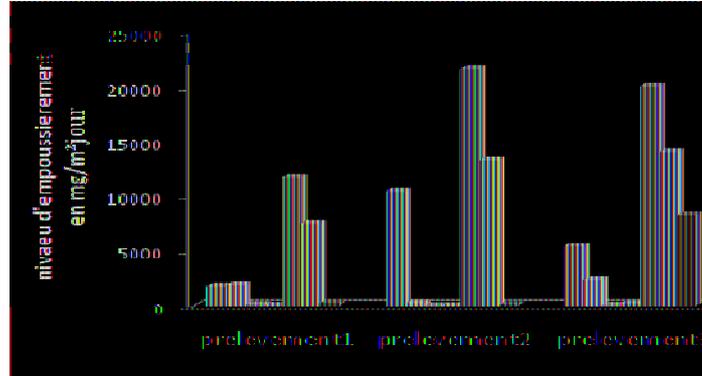


Figure 6. Evolution du niveau d'empoussièrément de la série 3

3.3 Niveau d'empoussièrément de la série 3

La figure 6 illustre l'évolution de l'empoussièrément de la série 3 ou les quantités de poussières recueillies des stations 3 et 4 sont bien en dessous de la valeur fixée par la norme (AFNOR, 2008), par contre les stations 1, 5 et 6 enregistrent un niveau d'empoussièrément très fort dépassant largement le seuil d'acceptation. Les points

les plus exposés du réseau pour cette série de mesure sont en première position la station 5 du fait de sa position par rapport au concasseur de gypse et le stockage des ajouts très exposé aux envols de poussières issues de ses activités et la station 6 est aussi exposée aux envols des poussières du fait de sa position sur le site de la trémie de réception du mélange (argile+calcaire).

3.4 Niveau d'empoussièrement de la série 4

Il est constaté que durant cette période d'exposition le niveau d'empoussièrement pour la majorité des stations est faible même comparé à la norme environnementale allemande (Ta-Luft) dont la référence est fixée à 350 mg/m² jour [58]. Seule la station 5 enregistre un niveau fort (voir figure 7), en effet la quantité de poussières récupérées dépasse toujours le seuil de 1000 mg/m² jour fixé par la norme française (AFNOR, 2008), mais par rapport aux prélèvements des trois précédentes séries, la quantité de poussière recueillie sur la série 4 représente le quart. Dans une étude réalisée par ORAMIP sur les retombées de poussière dans le Midi Pyrénées (France), le niveau d'empoussièrement obtenu varie entre 35 et 123 mg/m² jour durant le mois d'Octobre (ORAMIP, 2004). Dans cette étude, toutes les valeurs obtenues varient de 15 à 107 mg/m² jour à l'exception des 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'empoussièrement obtenu dans cette étude est comparable à celui de l'étude réalisée dans le Midi-Pyrénées.

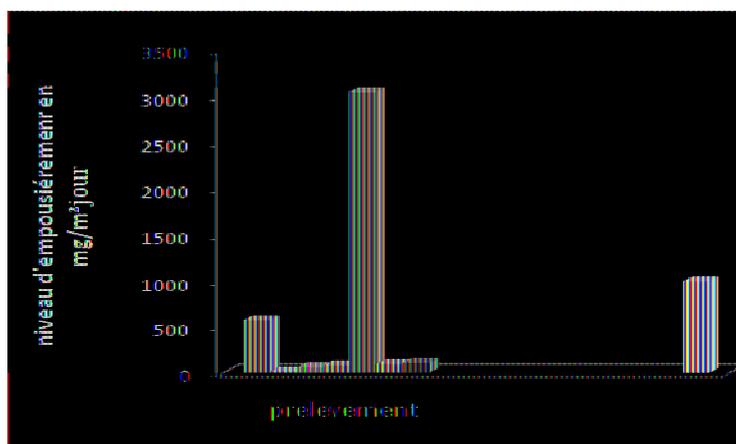


Figure 7. Evolution du niveau d'empoussièrement de la série 4

3.5 Comparaison du niveau d'empoussièrément des 4 séries

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 celui des autres séries, vu qu'ils n'ont pas été perturbé par des facteurs qui probablement pourraient fausser les mesures.

3.6 Caractérisation des particules de poussières

La composition chimique des poussières prélevées sur les plaquettes déterminée par la méthode d'analyse par fusion alcaline (NA, 2005) a montré une bonne corrélation avec la composition adoptée comme référence par le laboratoire de l'ECDE (voir tableau 1). En effet 60% de CaO et 16.5% de SiO₂ en moyenne sont contenus dans la poussière des échantillons des stations 1 et 2, alors que la composition de référence du ciment varie de 61 à 64% pour le CaO et de 17 à 23% pour la SiO₂, tandis que la composition des poussières des stations 4, 5, 6 et 7 montre une corrélation avec les composants du cru ; 41% de CaO et 16% de SiO₂, alors que la composition de référence varie de 41.5 à 43.5% pour le CaO et de 12 à 16% pour la silice. Ces résultats prouvent que les poussières recueillies sur les plaquettes proviennent effectivement de la zone d'activité de la cimenterie. De même, ces résultats viennent confirmer les résultats trouvés par l'étude d'impact de la cimenterie d'Ain-touta, dont le suivi des retombées de poussière a été mené par l'utilisation des bacs (GONZAGUE, 2002).

3.7 Granulométrie des particules de poussière

La distribution en taille des particules de poussière recueillies a été déterminée par le granulomètre-laser. Cette distribution est caractérisée par une granulométrie étalée, dont 80% en volume de particules ont des tailles supérieure à 10 µm (voir Figure.8). Cette distribution classifie ces particules comme des particules sédimentables (DE, 2006). Cette poussière est caractérisée par une surface spécifique de Blaine de 6080 cm²/g.

STATION	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	PAF	SO ₃
1	60,96	16,70	4,98	3,78	0,84	37	0,044
Référence	61 - 64,5	17 - 23	2,5-05	02-3,5	0,5-01		01-02
2	59,34	16,42	5,13	3,78	0,84	47	0,073
Référence	61 - 64,5	17 - 23	2,5-05	02-3,5	0,5-01		01-02
3	-	-	-	-	-	-	-
4	39,143	2,61	3,028	2,371	0,96	29	0,0483
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08
5	49,63	1,65	3,634	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
6	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
7	39,87	15,94	3,02	2,36	1,19	39,05	0,024
Référence	41,5-43,5	12-16	02-3,5	1,5-03	0,5-1,5		0,05-0,08

Tableau 1. Composition chimique des prélèvements et référence

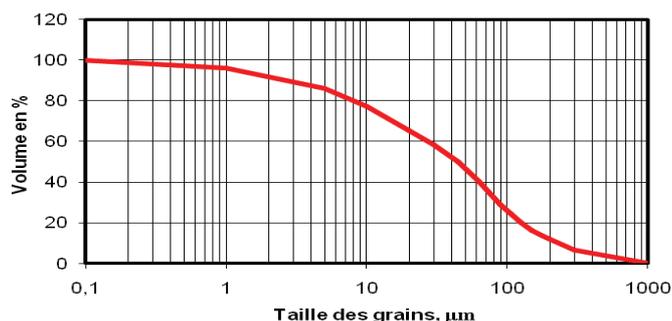


Figure 8. Distribution en taille des particules de poussière

4. Conclusion

En se basant sur les résultats des niveaux d'empoussièrement lors de cette étude, les conclusions suivantes peuvent être énumérées :

- La campagne de mesure des poussières sédimentables a donné des niveaux très forts d'empoussièrement au cours des 4 séries de prélèvements dépassant largement le seuil acceptable (1000 mg/m² jour) pour la station 5 et un niveau très faible d'empoussièrement pour la station 3. La quantification des poussières sédimentables montre que, malgré les mesures draconiennes prises par celle-ci, les retombées de poussières demeurent très élevées démontrant ainsi que celles-ci ne proviennent pas seulement du processus de fabrication.

Empoussièrément engendrée par la fabrication du ciment

- La caractérisation des particules de poussières des échantillons prélevés montre que ces particules proviennent de la fabrication du ciment, confirmant ainsi les résultats des études antérieures.
- Délocaliser le concassage du gypse en l'installant au niveau de la carrière, réorganiser la réception des ajouts et la protéger des vents dominants afin d'éviter l'envol des poussières.
- Prévoir un programme d'arrosage intensif en période chaude et sèche dans les zones très sensibles, afin d'affaiblir les envols de poussières.
- 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 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.

5. Bibliographie

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.

BOUBEKER M « *Evaluation des performances des ciments Portland au calcaire, exemple de la cimenterie de CHLEF* ».Thèse de Magister 2009, Université de Chlef, Algérie.

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*.

I.E.P.I: Institut de l'énergie et de l'environnement « *Diagnostic énergétique d'une cimenterie* ». Fiche technique, prisme N° 1, 9p.

Norme AFNOR NFX43 – 007. *Pollution atmosphérique, Mesure des retombées par la méthode des plaquettes de dépôts*, Décembre 1973, réutilisé en décembre 2008.

Norme NA 442 – *Plan travail qualité*, version 2000.

Norme TA-LUFT – *Instructions techniques sur la qualité de l'air* Loi fédérale allemande sur la protection de l'environnement contre les nuisances.

GONZAGUE P, CENOBLE E., ZEIN K. « *Tableau de bord méso – économique des coûts et bénéfices environnementaux de l'industrie du ciment en Algérie* » Résultats et guide méthodologique. Nov.2002, 6p.

KELIFA R 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.

ORAMIP : Observatoire Régional de l'Air en Midi – Pyrénées « *Etude 2004 – 018 bilan annuel 2003 suivi des retombées de poussières en Midi –Pyrénées* » France, 2004.

Norme NA-237 Page 5, *Ciment NA-5042* 2^{ème} ed. p 24 (Edition et diffusion IANOR). 2005.