

## EFFET DES PARTICULES SEDIMENTABLES ENGENDREES PAR LA FABRICATION DU CIMENT SUR L'ENVIRONNEMENT

HENNI-CHEBRA Khadidja<sup>1</sup>, BOUGARA Abdelkader<sup>2</sup>, KHATIB Jamal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Etudiante Magister, Département de Génie Civil, Université de Chlef

<sup>2</sup> Maître de Conférences, Département de Génie Civil, Université de Chlef

<sup>3</sup> Civil Engineering Materials, University of Wolverhampton Wulfruna Street WV1 1SB, UK

**RESUME :** L'industrie du ciment a évolué en fonction des innovations enregistrées dans différents domaines lui permettant d'intégrer des technologies modernes dans les différentes étapes de la fabrication, mais cela n'empêche pas la production d'engendrer des nuisances sur l'environnement telle que les émissions de poussières, responsables des maladies respiratoires et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), gaz à effet de serre responsable du réchauffement climatique. La présente étude mène une campagne de surveillance des poussières au sein de la cimenterie en utilisant la méthode des plaquettes métalliques. Des séries de prélèvements ont été effectuées pour mesurer de façon continue l'évolution de la quantité des particules sédimentables autour de la cimenterie et les résultats obtenus sont comparés avec ceux obtenus au moyen des opacimètres. Les niveaux d'empoussièremement affichés sont très élevés selon la norme AFNOR. On pense que le niveau d'empoussièremement enregistré ne provienne pas seulement du processus, mais d'autres facteurs tels que l'effet de l'éloignement par rapport à la source émettrice et l'effet des vents dominants. 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 CLES :** fabrication du ciment, émissions, poussières, particules sédimentables, pollution, environnement.

### 1. Introduction

Le ciment dont le besoin augmente sans cesse, et 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 [ACC, 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 [VECOVEN, 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 mais 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 [E.C.D.E, 2009].

Cependant le processus de fabrication du ciment engendre des incidences environnementales comme les émissions de gaz (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) mais surtout les émissions de poussières à tous les niveaux de la production. Toutefois ce processus ne cesse d'être amélioré avec des technologies nouvelles afin de réduire ces impacts sur l'environnement. 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]. 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 [RICAL, 2005], a montré en utilisant les bacs de 0.0314 m<sup>2</sup> de surface que les échantillons de poussières prélevés provient 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) [AIDEQ, 2005] sur la cimenterie de Chlef, a montré en utilisant l'analyseur néphélomètre, 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/Nm<sup>3</sup>) 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, ensuite, faire une analyse des résultats obtenus en les comparant avec des résultats trouvés en utilisant d'autres méthodes expérimentales.

## 2. Expérimentation

Le niveau d'empoussièrement 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'empoussièrement 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 ou l'analyse en vue d'estimer l'importance des retombées atmosphériques.

### 2.2. Appareillage

Les plaquettes métalliques sont disposées horizontalement à 1,5 m, de dimensions 5 x 10 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).

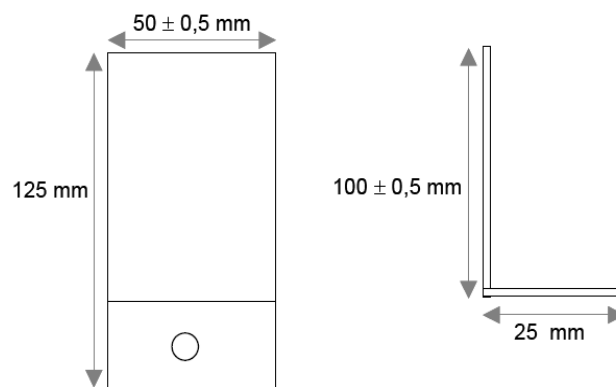


Figure 1. Dimensions plaquette en acier

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).

### 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, à savoir l'atelier de broyage du cru (station 1), la zone d'expédition (station 2), la zone de cuisson (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. On reportera dans cette communication les résultats seulement de la première série de prélèvement.

### 2.4. Effet des vents dominants

Le suivi de la direction et de la vitesse du vent permettent de mieux interpréter les résultats d'analyses des échantillons. Ce paramètre doit donc être pris en considération dans l'évolution de l'empoussièrement 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 2.

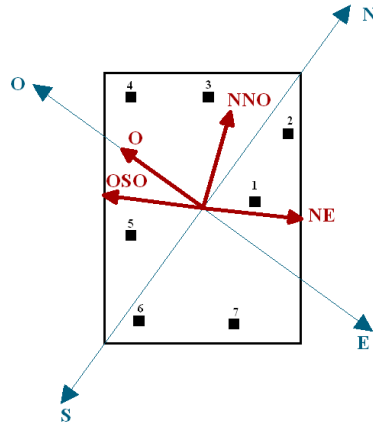


Figure 2. Rose des vents

### 2.5. Quantification des poussières

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, nous procédons au calcul de la teneur majeure des poussières d'après la relation donnée par la norme AFNOR.

$$P = \frac{m}{10^5} \times \frac{10^4}{S} \times \frac{730}{t} = 7300 \times \frac{m}{S \cdot t} \quad (1)$$

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.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1 Niveau d'empoussièrement

Le temps d'exposition des plaquettes de la série 1 de prélèvement est de 21 jours. La période de mise en place du protocole de pose et dépose est étalée du 18 Juillet au 8 Août 2010.

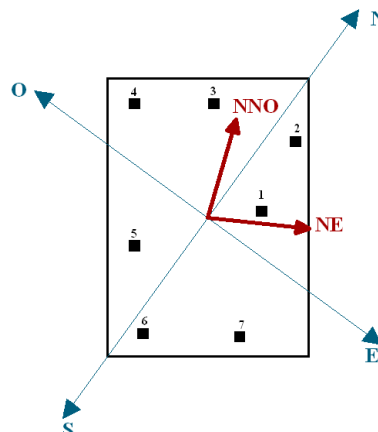


Figure 2. Rose des vents

Le vent au cours de cette période a soufflé majoritairement en provenance du Nord Est et de Nord Nord Ouest (voir figure 3) favorisant le déplacement des poussières respectivement vers le Sud Ouest et le Sud Est du site. L'évolution du niveau d'empoussièrément de la série 1 pour les 7 stations est illustré sur la figure 4, ou on a remarqué que la station 3 enregistre un niveau d'empoussièrément très faible, soit de 36 mg/m<sup>2</sup> 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'empoussièrément moyen du à l'arrêt temporaire du four de la ligne 1 de la cimenterie.

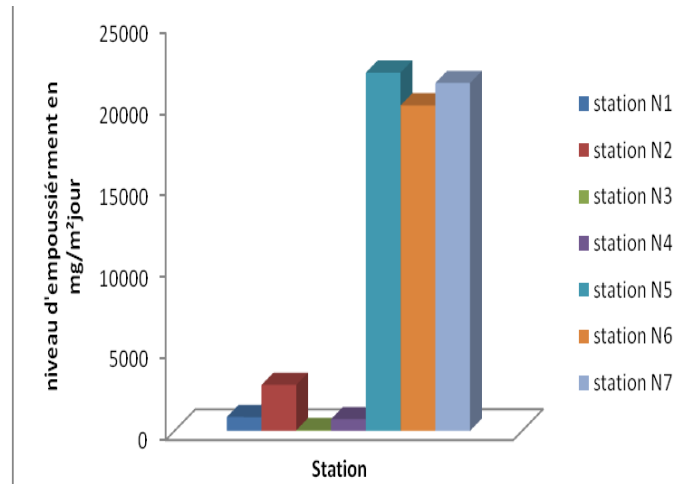


Figure 4. Evolution du niveau d'empoussièrément : période du 18 Juillet au 8 Août

Une surélévation peu signifiante 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 stations restantes (5, 6 et 7) ont affiché un niveau d'empoussièrément très considérable de l'ordre 20.000 mg /m<sup>2</sup> jour. On pense que 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 de réception mélange calcaire et au niveau du dosage du cru, pour les stations 6 et 7, et au niveau de la réception des ajouts (sable, pouzzolane, gypse) et au niveau du concassage du gypse à ciel ouvert, pour la station 5.

Il est à rappeler que la norme française [NA 442] fixe le seuil d'acceptation à 1000 mg/m<sup>2</sup> jour, ce qui permet de considérer le niveau d'empoussièrément enregistré par les trois stations mentionnées dernièrement (5, 6 et 7) comme très fort et hors norme, caractérisant une zone fortement polluée. Cependant, selon cette même norme, les stations 1 et 4 enregistrent un niveau d'empoussièrément acceptable, caractérisant une zone faiblement polluée tandis que la station 3 enregistre un niveau très faible bien en dessous de la valeur de référence fixée à 350mg/m<sup>2</sup> jour par la norme TA-LUFT [Norme Allemande]. En général, on peut dire que le niveau des stations est partagé en deux niveaux : niveau faible et niveau très fort. Les stations du niveau très fort sont situées dans les zones d'activité intense, par contre les stations où le niveau d'empoussièrément constaté est faible sont éloignées de la zone d'activité.

### 3.2 Résultats de l'opacimétrie

Pour le suivi en continu des émissions de poussières, la cimenterie dispose de sept appareils de mesure de l'opacimétrie de type C.P.M 5003, positionnés au droit des équipements, à savoir le filtre cru 1 et 2, filtres refroidisseurs 1 et 2, broyeurs ciment BK1, BK2 et BK3. La figure 5 indique les quantités de poussières enregistrées au niveau des appareils de surveillance pendant une étude expérimentale qui s'étale du 18 Juillet au 7 Novembre 2010. Selon la figure 5, il est constaté que mis à part les opacimètres placés aux niveaux des filtres EP1 (cru) et EP2 (cru), les résultats obtenus sont bien en dessous de la Norme Algérienne qui est de 30 mg/Nm<sup>3</sup> [Décret Exécutif, 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'empoussièrément 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.

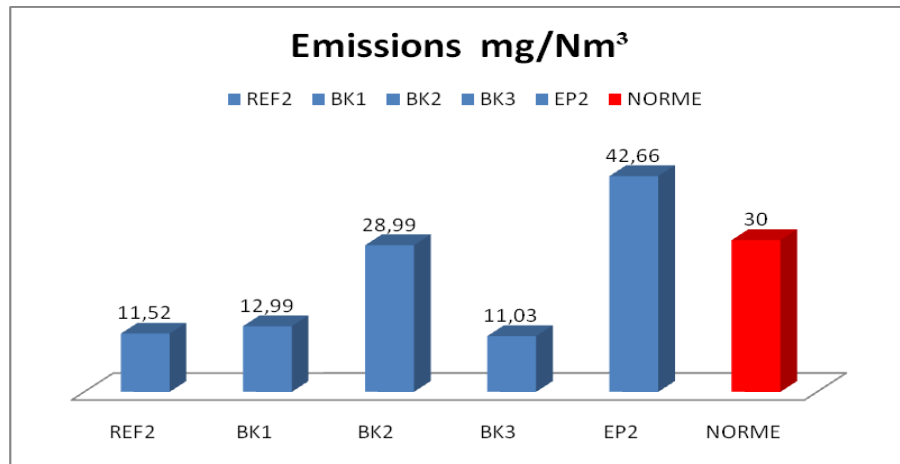


Figure 5. Evolution des émissions des poussières CPM 500

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.

### 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 recueillis au niveau de chaque station. La méthode utilisée est l'analyse par fusion alcaline. Etant donné que les échantillons sont composés de poussières et de vaseline cette méthode est idéale, car avant d'entamer les différentes étapes de l'analyse, celle-ci exige la calcination de l'échantillon dans un four à mouffles, ce qui permettra à la vaseline de s'évaporer. Après calcination, l'analyse des échantillons est exécutée pour 6 points de prélèvement seulement. La composition chimique des poussières prélevées sur les plaquettes 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>
1	60,96	16,70	4,98	3,78	0,84	37	0,044
2	59,34	16,42	5,13	3,78	0,84	47	0,073
3	-	-	-	-	-	-	-
4	39,143	2,61	3,028	2,371	0,96	29	0,0483
5	49,63	1,65	3,634	3,085	0,96	27	0,83
6	37,88	16,35	3,32	2,60	1,91	34,52	0,06
7	39,87	15,94	3,02	2,36	1,19	39,05	0,024

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 montre 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 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 la fabrication du ciment.

## 4. Conclusion

Les niveaux d'empoussièremment affichés par les opacimètres placés aux niveaux de chaque source d'émission sont en dessous du seuil fixé par la norme algérienne (30 mg/N m<sup>3</sup>), cependant les retombées de poussières sur les plaquettes demeurent très élevées selon la norme AFNOR. On pense que cette

différence de niveau d'empoussièrement enregistrée par les deux méthodes ne provienne pas seulement du processus, mais d'autres facteurs tels que l'effet de l'éloignement par rapport à la source d'émission (la réception des ajouts et le concassage à ciel ouvert du gypse pour la station 5) et l'effet des vents dominants (Nord Nord Ouest et Nord Est pour les stations 6 et 7).

La caractérisation des particules de poussières des échantillons prélevés montre que ces particules proviennent du processus de fabrication du ciment, ce qui est démontré ci-dessus, confirmant ainsi les résultats de l'étude effectuée à la cimenterie d'Ain touta. Cette dernière étude a recommandé de s'équiper de filtres performants. Cependant les résultats trouvés dans ce travail a montré que le niveau d'empoussièrement demeure élevé malgré l'utilisation des ces filtres.

En se basant sur les résultats des niveaux d'empoussièrement 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 ou 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

A C C, *Les enjeux du développement durable au sein de l'industrie du ciment : Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>*, Rapport final de l'Atelier du changement climatique, 2006 - Page 32.

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.

Décret Exécutif N°06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 Avril 2006 J.O.R.A. N°24 de l'année 2006.

E.C.D.E, *Production et perspectives*, Rapport de gestion, 2009.

I.E.P.I, *Diagnostic énergétique d'une cimenterie* Rapport d'expertise Institut de l'énergie et de l'environnement.

Norme AFNOR NFX43 – 007. *Détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches prélèvement sur plaquettes de dépôts préparation et traitement*, Décembre 2008.

Norme algérienne NA 442 – Plan travail qualité

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

PILLET G et al. *Tableau de bord méso – économique des coûts et bénéfices environnementaux de l'industrie du ciment en Algérie* Résultats et guide méthodologique.

RICAL K 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 pages.

VECOVEN J, *L'industrie du ciment données générales*, ATILH ; Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques, 2005 — HOLCIM.