Effets de l'exposition directe au phosphate sur la santé orale Effects of direct phosphate exposure on the oral health

N. AMAID¹, M. KHEMISS^{2,3}, Ch. ABDELATIF⁴, M. BEN KHELIFA^{2,3}

¹Docteur en Médecine Dentaire.

²Laboratoire de recherche Réhabilitation Fonctionnelle et Esthétique des maxillaires (LR12SP10)

³Service de Médecine Dentaire. Hôpital universitaire Fattouma Bourguiba de Monastir. Tunisie

⁴Service de Médecine et Chirurgie Buccales. Clinique Dentaire de Monastir. Tunisie

Correspondance : Dr. Mehdi KHEMISS, Service de Médecine Dentaire. CHU Fattouma Bourguiba, Avenue 1^{er} Juin 1955, Monastir 5000, Tunisie. Email: mehdi.khemiss@rns.tn.

Résumé

Introduction : Le phosphate est un élément chimique qui émet des radiations capables de pénétrer les cellules et de perturber leur fonctionnement normal. L'objectif de ce travail était d'identifier l'effet de l'exposition directe au phosphate au cours de son extraction sur la santé orale chez les ouvriers travaillant dans les mines. **Population et méthodes :** Il s'agit d'une étude transversale menée entre Novembre 2015 et Mars 2017 auprès de 36 ouvriers travaillant dans le site minier de Méthlaoui et 36 témoins habitant la ville de Gafsa. Les informations générales ont été collectées en utilisant un questionnaire médical. L'hygiène bucco-dentaire a été évaluée grâce à l'indice de plaque de Loe et Silness. Le risque carieux a été calculé en utilisant l'indice CAO/D et la fluorose dentaire a été évaluée selon l'indice de Dean. Enfin, l'état de la muqueuse orale ainsi que l'abrasion dentaire ont été déterminés arbitrairement. **Résultats :** Les deux groupes sont appariés de point de vue âge, état général, médication en cours, consommation de tabac et d'alcool, fréquence de brossage et indice de plaque. Les sujets exposés directement à la poussière de phosphate présentaient un indice CAO/D significativement moins élevé que les non-exposés (2,41 vs 5,36). De plus, ils avaient respectivement, huit fois et 28 fois plus de risque de développer des lésions au niveau de la muqueuse orale et des abrasions dentaires. Enfin, les fréquences de la fluorose (100% vs 19,5%) et de l'abrasion dentaire (77,8% vs 11,1%) ainsi que les lésions de la muqueuse orale (61,1% vs 16,7%) étaient significativement plus importantes chez les sujets exposés directement au phosphate comparés aux sujets non-exposés. **Discussion :** Les deux groupes étaient comparables de point de vue sexe, âge, consommation de tabac et d'alcool. Par conséquent, toute différence observée au niveau oral ne pouvait être expliquée que par l'exposition au phosphate. L'atteinte carieuse, moins élevée chez les sujets exposés, peut être expliquée par l'exposition directe à la poussière de phosphate au cours de son extraction mais aussi par le taux de fluorure important dans l'eau potable. En plus, la fréquence de la fluorose était significativement plus élevée chez les sujets exposés. Par ailleurs, la prévalence des abrasions dentaires, plus importante chez ces mêmes sujets, est sans doute due à l'interposition de la poussière de phosphate entre les surfaces dentaires des travailleurs. Enfin, les lésions orales, plus fréquente chez les sujets exposés au phosphate, peuvent être expliquées par la teneur du phosphate en Uranium et en Thorium qui sont agressifs pour la muqueuse orale.

Mots clefs. Phosphate, abrasion dentaire, fluorose, carie, muqueuse orale.

Abstract

Introduction: Phosphate is an inorganic chemical and a salt of phosphoric acid. The last may be damaging to health. The purpose of this study was to compare the oral health between subjects

exposed to phosphates and controls. **Population and methods:** Tunisian males, who have been working in phosphate mines for more than three years (n=36) and controls living in the town of Gafsa (n=36) were recruited to participate in this cross-sectional study. General information was obtained using a predetermined questionnaire. The levels of plaque were recorded using the plaque index of Loe and Silness. Caries status was scored by using DMFT introduced by Klein and Palmer. Dean index was used to determine the severity of dental fluorosis. Tooth abrasion and oral lesions were diagnosed by visual examination. **Results:** The subjects in the two groups were matched in age, general health, medication, oral hygiene, frequency of tooth brushing and used similar quantities of tobacco and alcohol. The exposure group DMFT mean value was significantly higher when compared to controls. In addition, subjects working in phosphate mines had 8 and 28 times the risk for developing respectively oral lesions and teeth abrasions. Finally, the frequencies of fluorosis, teeth abrasion, and oral lesions were significantly higher among the exposure group. **Discussion:** The two groups were matched to age, gender, tobacco use and alcohol consumption. The DMFT, lower in control group, can be explained by both direct exposure to phosphate and the high level of fluoride in water. In addition, the frequency of fluorosis was significantly higher in exposed subjects. Moreover, the high prevalence of dental abrasions among subjects exposed to phosphate is probably due to the interposition of phosphate dust between the dental surfaces. Oral lesions, which are more frequent in exposed group may be explained by both Uranium and Thorium present in phosphate. The last are known to be aggressive to the oral mucosa.

Key words. Phosphates, tooth abrasion, dental fluorosis, dental caries, mouth mucosa.

Introduction : Le phosphate est une substance chimique désignée par la lettre P⁽¹⁾. Il s'agit d'un élément vital présent chez toutes les espèces vivantes⁽²⁾. La masse du corps est constituée d'environ 1% de phosphate. En effet, ce dernier est essentiel pour la formation de l'os et la minéralisation de certains tissus dentaires tels que l'émail et la dentine⁽²⁾.

La Tunisie occupait en 2009 la cinquième place mondiale des pays producteurs de phosphate avec une production de presque huit millions de tonnes⁽³⁾. L'exploitation des mines des phosphates de Gafsa a commencé en 1897⁽³⁾ et la compagnie des phosphates de Gafsa (**CPG**) représentait jusqu'à la révolution 4 % du produit intérieur brut de la Tunisie et 10 % de ses recettes d'exportation⁽⁴⁾.

Les gisements phosphatés tunisiens sont sous forme de carbonate fluor-apatite appelé aussi francolites⁽⁵⁾. Il est difficile d'établir une formule développée du carbonate fluor-apatite tunisien car la constitution minéralogique du phosphate du bassin de Gafsa est hétérogène⁽⁶⁾.

Le phosphate est très réactif⁽²⁾, il présente une teneur en Uranium et en Thorium qui émettent des radiations de faible intensité capables de pénétrer les cellules et de modifier les molécules nécessaires à un fonctionnement normal⁽²⁾. D'où le risque pour la santé. Les effets nocifs des radiations atomiques sont le cancer, la leucémie, les problèmes de reproduction et les troubles génétiques⁽⁷⁾.

Ces dernières années il y a eu une prise de conscience croissante des risques professionnels et publics de l'impact des industries non nucléaires qui traitent des matières contenant des radionucléides naturels. Parmi les personnes concernées, on cite les ouvriers travaillant dans le bassin minier. D'où l'objectif de cette étude qui était d'identifier l'effet de l'exposition directe au phosphate sur la cavité orale.

Population et méthodes

Type d'étude : Il s'agit d'une étude transversale et comparative menée dans la ville de Mélaoui, gouvernorat de Gafsa, Tunisie, durant la période allant de Novembre 2015 à Mars 2017.

Population : Les sujets exposés ont été recrutés parmi les ouvriers travaillant dans la CPG dans le site de Mélaoui et ayant une ancienneté d'au moins trois ans. Les non-exposés ont été sélectionnés parmi les sujets males habitant la ville de Gafsa et n'ayant jamais vécu dans aucune ville du bassin minier (Mélaoui, Redayef, Mdhilla et Oum El Araies).

Taille de l'échantillon : Le nombre de sujets nécessaires a été calculé selon l'équation suivante⁽⁸⁾: $n = (Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q) / i^2$ avec n nombre de sujets nécessaires à l'étude, $Z_{\alpha/2}$ niveau de confiance à 95% ($Z=1,96$), p: fréquence de la fluorose, $q = 1-p$, i= précision ($i=0,05$). Selon une étude préliminaire menée auprès de 20 sujets exposés à la poussière des phosphates, 95% ($p = 0,95$) d'entre eux présentaient une fluorose. D'après cette formule, $n = 73$ sujets. Dans le but de mieux élucider l'effet de l'exposition directe à la poussière des phosphates, nous avons inclus 36 sujets exposés et 36 sujets non-exposés.

Questionnaire médical : Le questionnaire, rédigé en langue française, a permis de collecter les informations suivantes: âge, nombre d'année à la CPG, état général, médication en cours, fréquence de brossage, consommation de tabac et d'alcool.

Examen clinique : L'examen clinique a été réalisé par une interne en médecine dentaire. L'hygiène bucco-dentaire a été évaluée après quantification de la plaque bactérienne en utilisant l'indice de plaque de Loe et Silness⁽⁹⁾. Il s'agit d'un indice épidémiologique purement quantitatif qui permet d'apprécier le degré d'hygiène buccodentaire ainsi que la qualité de l'élimination de la plaque bactérienne. Cet indice présente quatre scores (0: pas de plaque dans la région de la gencive marginale, 1: un film de plaque adhère à la surface dentaire au niveau du rebord gingival. La plaque n'est détectée qu'en passant la sonde sur la surface dentaire, 2: accumulation modérée de plaque visible à l'œil nu, 3: Abondance de plaque). La lésion carieuse a été évaluée en utilisant l'indice CAO/D⁽¹⁰⁾ avec C: nombre de dents cariées, A: nombre de dents absentes, O: nombre de dents obturées, D: nombre de dents présentes. La fluorose dentaire a été évaluée selon l'indice de Dean⁽¹¹⁾. C'est un indice épidémiologique qui indique le degré de changement de l'émail. Il présente six scores possibles (0: Aspect lisse et glacé avec couleur blanc-crème et surface claire et translucide, 1: Quelques taches blanches ou points blancs, 2: Petites taches opaques couvrant jusqu'à 25 % de la surface de la dent, 3: Zones opaques blanches couvrant jusqu'à 50 % de la surface de la dent, 4: Toute la surface des dents est touchée, avec une usure marquée des surfaces en contact. Des taches brunes sont parfois présentes, 5: Toute la surface de toutes les dents est touchée avec piqûres discrètes éparses ou groupées et présence des taches brunes). Enfin, l'état de la muqueuse orale (saine ou non) ainsi que l'abrasion dentaire (présente ou non) ont été déterminés arbitrairement.

Analyse statistique : La saisie des résultats a été réalisée en utilisant le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences- version 18; USA). Le seuil de significativité de 5% a été retenu. L'analyse de la distribution des variables quantitatives a été réalisée grâce au test de Kolmogorov-Smirnov. Si la distribution était normale, les résultats ont été exprimés par leurs moyennes±écart-types et la comparaison des moyennes a été réalisée en utilisant le test t de student. Sinon, les résultats ont été exprimés par leurs médianes (1^{er}-3^{ème} quartile) et la comparaison des médianes a été réalisée en utilisant le test de Mann Whitney. Les variables qualitatives sont exprimées par leurs pourcentages. La comparaison des pourcentages a été faite

en utilisant le test de Khi2 si l'effectif calculé est supérieur à cinq. Sinon, nous avons utilisé le test exact de Fisher.

Résultats : Les informations générales ainsi que les données bucco-dentaires des deux groupes sont résumées respectivement aux **tableaux I et II**. Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les sujets exposés directement à la poussière de phosphate et les non-exposés de point de vue âge, état général, médication en cours, consommation de tabac et d'alcool, fréquence de brossage et indice de plaque. Les principaux résultats de cette étude sont :

- Les sujets exposés directement à la poussière de phosphate présentaient un indice CAO/D significativement moins élevé que les non-exposés ;
- Les fréquences de la fluorose et de l'abrasion dentaires ainsi que les lésions de la muqueuse orale étaient significativement plus importantes chez les sujets exposés directement à la poussière comparés aux sujets non-exposés ;
- Les sujets exposés directement à la poussière de phosphate présentaient huit fois et 28 fois plus de risque de développer respectivement des lésions de la muqueuse orale et des abrasions dentaires

**Tableau I. Caractères généraux des deux groupes:
Exposés (n=36) et Non-exposés (n=36)**

		Exposés aux phosphates	Non-exposés aux phosphates	p
Les données sont exprimées en moyenne $\pm$ Ecart Type				
Age (Années)		42,47 $\pm$ 8,6	43 $\pm$ 14,7	0,84
Ancienneté à la CPG (années)		13,17 $\pm$ 11,17	-	-
Les données sont exprimées en médiane [1 ^{er} quartile-3 ^{ème} quartile]				
Consommation de tabac (Paquets/Années)		2,5 [0-15]	0,5 [0-9]	0,8
Fréquence de brossage/jour		0 [0-1]	0 [0-0]	<0,01[‡]
Les données sont exprimées en nombre (pourcentage)				
Comorbidités	Oui	1 (2,7)	1 (2,7)	1 (Test exact de Fisher)
	Non	35 (83,3)	35 (83,3)	
Médication en cours	Oui	1 (2,7)	1 (2,7)	1 (Test exact de Fisher)
	Non	35 (83,3)	35 (83,3)	
Brossage ^δ	Quotidien	19 (52,8)	5 (13,9)	<0,01[†]
	Occasionnel	17 (47,2)	31 (86,1)	
	Jamais	0 (0)	0 (0)	
Tabac	Oui	18 (50)	18 (50)	1
	Non	18 (50)	18 (50)	
Alcool	Oui	8 (22,2)	6 (16,7)	0,55
	Non	28 (77,8)	30 (83,3)	

* $p < 0.05$ (test T): Exposés vs. Non-exposés

[†] $p < 0.05$ (Khi-2): Exposés vs. Non-exposés

[‡] $p < 0.05$ (Mann-Whitney): Exposés vs. Non-exposés

^δComparaison: Brossage quotidien vs. Brossage occasionnel

Tableau II. Données orales des deux groupes: Exposés (n=36) et Non-exposés (n=36)

	Exposés aux phosphates	Non-exposés aux phosphates	P	OR [IC] _{95%}
Les données sont exprimées en moyenne $\pm$ Ecart Type				
Indice CAO/D	2,41 $\pm$ 2,34	5,36 $\pm$ 4,24	<0,01*	-
Les données sont exprimées en médiane [Minimum-Maximum]				
Indice de plaque moyen	2 [2-2]	2 [2-3]	0,1	-
Indice de fluorose moyen	3 [3-4]	0 [0-0]	<0,01 [‡]	-
Les données sont exprimées en nombre (pourcentage)				
Indice de plaque ^δ	0	0 (0)	2 (5,5)	0,09
	1	7 (19,4)	3 (8,3)	
	2	25 (69,4)	20 (55,5)	
	3	4 (11,1)	11 (30,5)	
Indice de Dean [§]	0	0 (0)	29 (80,5)	<0,01 [†]
	1	2 (5,5)	1 (2,8)	
	2	5 (13,9)	3 (8,3)	
	3	14 (38,9)	2 (5,5)	
	4	14 (38,9)	1 (2,8)	
Abrasion dentaire	Oui	28 (77,8)	4 (11,1)	<0,01 [†]
	Non	8 (22,2)	32 (88,9)	
				28 [7,6-103]
Lésion de la muqueuse orale	Oui	22 (61,1)	6 (16,7)	<0,01 [†]
	Non	14 (38,9)	30 (83,3)	
				8 [2,6-23,6]

* $p < 0.05$ (test T): Malades vs. Témoins† $p < 0.05$ (Khi-2): Malades vs. Témoins‡ $p < 0.05$ (Mann-Whitney): Exposés vs. Non-exposésδ Comparaison: Indice de plaque < 2 vs. Indice de plaque ≥ 2 § Comparaison: Indice de Dean = 0 vs. Indice de Dean ≥ 1

OR : Odds ratio, IC : Intervalle de confiance

Discussion : L'objectif de cette étude était d'évaluer l'état bucco-dentaire des sujets exposés au phosphate au cours de son extraction. A notre connaissance, il s'agit de la première étude concernant ce sujet. Il s'agit d'une étude transversale dont la particularité consiste au fait que la collecte des informations liées à l'exposition et à la maladie se fait en même temps⁽¹²⁾. En plus, ce type d'études est facile à réaliser, coûte peu d'argent et permet de mettre en évidence des associations⁽¹²⁾. En revanche, les études transversales ne permettent pas de démontrer une relation de cause à effet⁽¹³⁾. Par conséquent, des études longitudinales sont souhaitées dans le futur pour observer l'effet de l'exposition directe aux phosphates lors de son extraction après un certain laps de temps.

Le nombre de sujets nécessaires a été préalablement calculé avant le début de l'étude⁽⁸⁾. Cependant, il s'agit d'un échantillon de convenance. L'idéal aurait été d'inclure des sujets

représentatifs des ouvriers travaillant dans la mine de Métlaoui⁽¹⁴⁾ mais ceci a été impossible car on ne dispose pas de base de données permettant de faire le tirage au sort. Par ailleurs, seuls les hommes ont été sélectionnés car les femmes ne travaillent pas dans les mines. En plus, les hormones féminines influent sur l'état de santé orale⁽¹⁵⁾. Quant aux sujets témoins, ils ont été sélectionnés parmi les habitants de la ville de Gafsa car nous avons considéré que tous les habitants de la ville de Métlaoui étaient exposés à la poussière des phosphates même quand ils ne travaillaient pas dans la CPG.

Plusieurs indices ont été utilisés pour décrire l'état clinique. L'avantage avec ces outils c'est qu'ils sont fiables, reproductibles et valides⁽¹⁶⁾. Par ailleurs, ils permettent de suivre l'évolution dans le temps, de mesurer l'efficacité d'un programme ou d'un traitement et de comparer les études⁽¹⁷⁾.

Les deux groupes étaient comparables de point de vue sexe, âge, consommation de tabac et d'alcool (**Tableau I**). Par conséquent, toute différence observée au niveau oral ne pouvait être expliquée que par l'exposition au phosphate. Les sujets exposés au phosphate se brossent plus les dents que les non-exposés. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces derniers atteints tous de fluorose tentaient par le brossage de modifier l'aspect disgracieux de leurs dents. Cependant, malgré cette différence, les sujets des deux groupes présentaient la même hygiène orale évaluée par l'indice de plaque de Loe et Silness (**Tableau II**). Nous pouvons supposer que les sujets exposés directement au phosphate se brossaient certes les dents mais la méthode de brossage était inappropriée.

L'indice CAO/D moyen était significativement plus élevé chez les sujets non exposés comparativement aux sujets exposés au phosphate (respectivement $2,41 \pm 2,34$ vs $5,36 \pm 4,24$; $p < 0,01$). Ce résultat peut être expliqué par l'exposition directe à la poussière de phosphate au cours de son extraction mais aussi par le taux de fluorure important dans l'eau potable consommée par la majeure partie de la population habitant la ville de Métlaoui⁽¹⁶⁾. En effet, la fréquence de la fluorose était significativement plus élevée chez les sujets exposés (respectivement 100% vs 19,5% ; $p < 0,01$). Parmi ces sujets, 28 (77,8%) présentaient les indices 3 et 4 de Dean. Par conséquent, une campagne de sensibilisation doit être organisée auprès de la population du bassin minier pour prévenir la fluorose.

Par ailleurs, nous avons observé une différence de la prévalence des abrasions dentaires entre les sujets exposés au phosphate et les non-exposés (respectivement 77,8% vs 11,1% ; $p < 0,01$). En plus, le risque de développer ce type de lésion dentaire augmente considérablement ($OR=28$) chez les sujets travaillant dans la mine. Ces résultats peuvent être expliqués par le dépôt de la poussière de phosphate sur les surfaces dentaires des travailleurs. En effet, les opérations minières mobilisent de grandes quantités de matières et des déchets de piles contenant des particules de petite taille qui sont facilement dispersées par le vent. Les sources de polluants atmosphériques incluent les véhicules lourds utilisés dans les opérations d'excavation, les voitures qui transportent les ouvriers sur le site minier et les camions transportant le matériel minier. Bien que les émissions individuelles soient relativement faibles, leur cumul peut constituer une réelle préoccupation.

Enfin, les sujets exposés directement au phosphate présentaient plus de lésions au niveau des muqueuses orales comparés aux non exposés (respectivement 61,1% vs 16,7% ; $p < 0,01$). De plus, ces derniers avaient huit fois plus de risque de développer des lésions muqueuses. Ceci peut être expliqué par le fait que le phosphate peut être très réactif. En effet, cet élément chimique présente une teneur en Uranium et en Thorium⁽⁷⁾ qui sont réputés comme agressifs pour la muqueuse orale⁽⁷⁾.

Conclusion : Cette étude montre qu'il existe une liaison entre l'exposition directe au phosphate au cours de son extraction et la survenue d'un certain nombre de pathologies bucco-dentaires (fluorose et abrasion dentaires, lésion de la muqueuse orale). Aucun lien de causalité ne peut être démontré pour l'instant mais on peut affirmer que les sujets travaillant dans les mines de Métaoui ont plus de risque de développer des abrasions dentaires et des lésions de la muqueuse orale.

Références

1. World Health Organization. Fluoride and fluoride (Vol 36, P: 274). Environmental Health Criteria 1991.
2. Chouhan S, Flora SJS. Arsenic and Fluoride: Two Major Groundwater Pollutants. *Indian J Experimental Biology* 2010;48 :666-678.
3. Les perspectives de développement industriel du gouvernorat de Gafsa. Consulté le 06/04/2017 Disponible à partir de l'URL : <http://www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/Download/CEPI/gafsa.pdf>
4. Phosphates en Tunisie, la CPG chancelle. Consulté le 07/04/2017. Disponible à partir de l'URL: <http://www.jeuneafrique.com/mag/269393/economie/phosphates-en-tunisie-la-cpg-chancelle/>
5. Mc Connell D. A structural investigation of the isomorphism of the apatite group. *Amer Min* 1938;23:1-19.
6. Fattah N. Constitution minéralogique et chimique du phosphate de bassin de Gafsa. Rapport Interne CPG, 2000.
7. Fluoride in drinking water and its ill affect on Human Health: A review. *Journal of Tissue Research* 2004;4 :263-273.
8. Kang M, Ragan BG, Park JH. Issues in outcomes research: an overview of randomization techniques for clinical trials. *J Athl Train* 2008;43(2):215-221.
9. Silness J, Loe H. Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964;22:121-135.
10. Klein H, Palmer CE. Studies dental caries: a procedure for recording and statistical proceeding of dental examination findings. *J Dent Res* 1940;19:243-252.
11. Dean HT. The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: Moulton FR, ed. Fluorine and dental health. Washington DC, American Association for the Advancement of Science 1942:23-31.
12. Berry G. Longitudinal observation. Their usefulness and limitation with special reference to the forced expiratory volume. *Bull Physiopathol Respir* 1974;10(5):643-656.
13. Raad D, Gaddam S, Schunemann HJ et al. Effects of water-pipe smoking on lung function: a systematic review and meta-analysis. *Chest* 2011;139(4):764-774.
14. Khemiss M, Rouatbi S, Berrezouga L, et al. Critical analysis of the published literature about the effects of narghile use on oral health. *Libyan J Med* 2015;10:30001.
15. Natto S, Baljoon M, Bergstrom J. Tobacco smoking and periodontal bone height in a Saudi Arabian population. *J Clin Periodontol* 2005;32:1000-1006.
16. Tanasiewicz M, Zalewska I. Usefulness assessment indices of non-cariou dental defects with consideration of aetiological factors and the quality criterion. *Adv Clin Exp Med* 2013;22(3):439-447.
17. Fluoride contamination in drinking water in rural habitations of Central Rajasthan, India. *Environ Monit Assess* 2012;184:5151-5158.