

Anomalies chromosomiques induites dans les lymphocytes des concasseurs de roche granitique de la carrière d'Itchédoun à Glazoué au centre du Bénin

J. Dossou^{9,11}, M. B. Zinsou^{9,11}, G.M. Abinda^{9,11}, S. Aballo⁹, C. Ogoubi⁹, A. Laleye¹⁰, L. Fourn¹⁰, F. S. Loko¹¹ et G. A. Mensah¹²

Résumé

L'étude vise à déterminer la fréquence d'apparition de différents types d'aberrations chromosomiques chez les concasseurs manuels de roche granitique, établir une relation entre l'apparition des aberrations et la durée d'exposition à la poussière de roche granitique, puis à proposer une méthode de protection respiratoire aux concasseurs artisanaux de roche granitique. La méthodologie basée sur des observations transversales comparatives a été axée sur l'épidémiologie et la cytogénétique auprès de 20 concasseurs manuels de roche granitique et de 10 témoins non concasseurs et non exposés à la poussière granitique. Chez chacun des 30 individus de l'échantillon, 20 prélèvements de 5 ml de sang total ont été effectués par la technique de cytogénétique conventionnelle de coloration GEMSA. Les résultats ont mis en évidence une prédominance féminine avec un sex-ratio de 3,17 :1 chez les concasseurs manuels de roche granitique. La population des concasseurs manuels de roche granitique était relativement jeune avec une moyenne d'âge de $35,7 \pm 10,9$ ans. Un phénomène de contamination précoce de concassage manuel de roche granitique a été observé au sein d'une population composée de 62% d'analphabètes et sans aucun moyen de prévention. Le taux des chromosomes dicentriques a été de 34%, contre 3% d'anneaux centriques, 28,7% de fragments acentriques, 24,2% de cassures chromatiniennes et 10,1% de délétions. Aucun des témoins ne présentait une aberration chromosomique. Une corrélation significative ($p < 0,05\%$) a existé entre les dicentriques, la durée de concassage manuel de roche granitique et l'âge des concasseurs manuels de roche granitique. La pneumoconiose due à la poussière de granite était à l'origine des anomalies chromosomiques observées. Pour limiter les risques d'hémopathies malignes (leucémies) que courent les concasseurs manuels de roche granitique, le port obligatoire de masque de protection respiratoire de type N95 et FFP3 doit être envisagé.

Mots clés : Concassage manuel, nanoparticule, silice, génotoxicité, aberrations chromosomiques.

Radiation-induced chromosomal aberrations in lymphocytes of granitic rock crushers of the Itchédoun career at Glazoué in center of Benin

Abstract

The study aims to determine the frequency of occurrence of different types of chromosomal aberrations in granitic rock crusher manuals, to establish a relationship between the appearance of aberrations and the duration of exposure to the granitic rock dust and to propose a method of breathing artisanal granitic rock crusher manuals. The methodology based on a comparative cross-observation was focused on epidemiological and cytogenetic near 20 granitic rock crusher manuals and 10 controls who were non granitic rock crusher manuals and non-exposed to the granitic rock dust. At each of the 30 sampled individuals, 20 samples of 5 ml of whole blood were performed by the technique of coloring GEMSA conventional cytogenetics. The results revealed a female predominance with a sex ratio of 3.17:1. The population of granitic rock crusher manuals was relatively young with an average old of 35.7 ± 10.9 years. A phenomenon of an early contamination of

⁹ Dr J. DOSSOU, Unité de Recherche en Radiosensibilité et Radicarcinogénèse et la Morphologie Humaines en Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (URRMH/LARBA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Tél : +229 21 36 0993/+229 90 03 1984, E-mail : juju_dos@yahoo.fr, République du Bénin

Dr M. B. ZINSOU, G. M. ABINDA, S. Aballo et C. OGOUBI, URRMH/LARBA/EPAC/UAC

¹⁰ Prof. Dr A. LALEYE, Institut des Sciences et de Biologie Appliquée (ISBA), Faculté des Sciences de la Santé (FSS/UAC)

Prof. Dr L. FOURN, Laboratoire de Biologie Humaine et de Cytogénétiques (LBHC/FSS/UAC), République du Bénin

¹¹ Prof. Dr F. S. LOKO, URRMH/LARBA/EPAC/UAC

¹² Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884, Cotonou 01, E-mail : mensahga@gmail.com, ga_mensah@yahoo.com, République du Bénin

the granitic rock crusher manuals was observed in the population composed of 62% illiterate without any measure of prevention. The dicentric rate was 34%, against 3% of anacentrics, 28.7% of acentric fragments, 24.2% of chromosomal breaks and 10.1% of deletions from. The controls had no chromosomal aberration. A significant ($p < 0.05\%$) correlation was found between the dicentric, the duration of the granitic rock manual crushing and age of granitic rock crushers. The pneumoconiosis due to the granitic rock dust caused observed chromosomal abnormalities. To reduce the risk of hematological malignancies (leukemia) faced by granitic rock crusher manuals, the compulsory use of protective breathing mask N95 and FFP3 must be considered.

Keywords: Manual crushing, granite, nanoparticle silica, genotoxicity, chromosomal aberrations.

INTRODUCTION

Le travail de concassage manuel des pierres et roches est un nouveau métier en Afrique avec ses conséquences sanitaires (Kumwimba Musao, 2009). A longueur de journées, des femmes et des enfants réduisent à coup de marteau de gros blocs de pierre et de roche granitique en cailloux s'exposant à l'inhalation de poussières de granite et d'autres cristallines (Bonnetain, 2013). Les poussières rocheuses sont constituées de particules fines de 5 μm qui atteignent les bronches et les plus petites alvéoles (DS/DST, 2005). Il s'agit des nanoparticules dont la connaissance des paramètres physicochimiques permet de mieux comprendre leur comportement dans les milieux biologiques et leur mécanisme d'internalisation dans les cellules.

Les nanoparticules se retrouvent au niveau des poumons provoquant la pneumoconiose et au niveau de l'ADN par leur génotoxicité (Calvert *et al.*, 2003). Cette migration au niveau cellulaire de ces nanoparticules est peu étudiée dans les pays en développement où ce métier est en pleine extension. La méconnaissance de cette dimension cytogénétique des conséquences sanitaires de la poussière, riche en silice, est une raison supplémentaire pour des prises de décisions en faveur des concasseurs manuels. En fait, l'étude morphologique des chromosomes est l'un des outils de la cytogénétique pour mettre en évidence les dommages liés à cette contamination au Silice (SiO_2) et ses dérivés (Carles, 2011). Une étude axée sur les aberrations chromosomiques et leur corrélation avec la durée d'exposition à la poussière granitique est indispensable afin d'alerter l'opinion publique sur le risque lié au concassage manuel des pierres et roches au Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Le milieu d'étude a été la carrière d'Itchédoun à Glazoué au centre du Bénin. La recherche des aberrations chromosomiques a été effectuée dans le laboratoire de cytogénétique et biologie moléculaire de l'Institut des Sciences Biomédicale Appliquée (ISBA) de la Faculté des Sciences de Santé de l'Université d'Abomey-Calavi. L'étude s'est déroulée du 16 avril au 21 octobre 2012 et a comporté un volet épidémiologique et un volet cytogénétique. Le volet cytogénétique a été effectué par la méthode de coloration par Fluorescence Plus GEMSA pour la recherche des chromosomes dicentriques et fragments. Pour le volet épidémiologique, des données ont été collectées sur les caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe et niveau scolaire) et la durée de l'expérience de concassage. Une enquête transversale comparative a été réalisée en prenant en compte les concasseurs exposés à la poussière granitique et les témoins qui ont été des artisans non concasseurs de roche granitique et non exposés à la poussière granitique.

Un échantillonnage raisonné a été utilisé en sélectionnant les 50 concasseurs manuels de roche granitique sur les 215 s'adonnant à ce métier sur la base des deux critères suivants : ayant au moins 5 ans de durée d'expérience et âgé au moins de 53 ans. Ensuite, 20 concasseurs manuels ont été tirés au hasard sur les 50 déjà sélectionnés, puis 10 sujets témoins non concasseurs manuels et non exposés à la poussière granitique, habitant loin du site de même tranche d'âge ont été choisis au hasard dans la population d'Itchédoun à Glazoué.

Chez chacun des 30 individus de l'échantillon (20 concasseurs manuels et 10 témoins) 5 ml de sang capillaire ont été prélevés dans un tube héparine au sodium et acheminé vers le laboratoire de biologie pour analyse. Ainsi, 0,5 ml de sang a été mise en culture dans des flacons NUNC de 25 cm^2 de col incliné dans 5 ml de milieu de culture RPMI 1640 auquel ont été ajoutés 20% de sérum de veau fœtal, 50 μM de 5-Bromo-2-oxyuridine (BrdU), analogue à la Thymidine, 1% d'antibiotiques (streptomycine + pénicilline) et 1% de pyruvate. A tout ceci, ont été ajoutés 100 μl (2%) de phytohémagglutinine (PHA) forme M. A la 46^{ème} heure d'incubation, ont été ajoutés 50 μl de colchicine

(Colcemid GIBCO) pour bloquer les cellules au stade métaphasique. A la 48^{ème} heure, les flacons étaient sortis de l'incubateur. Après la centrifugation, un choc hypotonique était provoqué avec une solution de KCl à 75°C suivi d'un lavage à la solution de Carnoy et de l'étalement des lames. Ensuite, les lames ont été observées au Microscope à Fluorescence muni de Caméra piloté par un Ordinateur pour dénombrer les aberrations chromosomiques et réaliser l'iconographie des images cytogénétiques. Enfin, les analyses des statistiques descriptives des données et de la comparaison des moyennes avec le test de Student du décompte de ces dicentriques et fragments sur 200 métaphases par sujet ont été faites à l'aide du logiciel SPSS 21.

RESULTATS

Caractéristiques épidémiologiques

Les résultats ont mis en évidence une prédominance féminine dans le concassage manuel des roches de granite (figure 1) avec un sexe ratio de 3,17 femmes pour un homme. La population de concassage manuel des roches était relativement jeune avec une moyenne d'âge $35,7 \pm 10,9$ ans. La population exposée de façon précoce était composée de 62% d'analphabètes n'utilisant aucun moyen de protection respiratoire (figure 2). L'âge moyen des témoins a été de 23 ans avec un sexe ratio de 1,5 femmes pour un homme. Les individus ont déclaré qu'ils remarquaient habituellement un amaigrissement après une importante période d'activité de concassage manuel des roches.



Figure 1. Concassage manuel des roches de granite pratiqué par les femmes accompagnées des enfants [photo Zinsou, 2014].

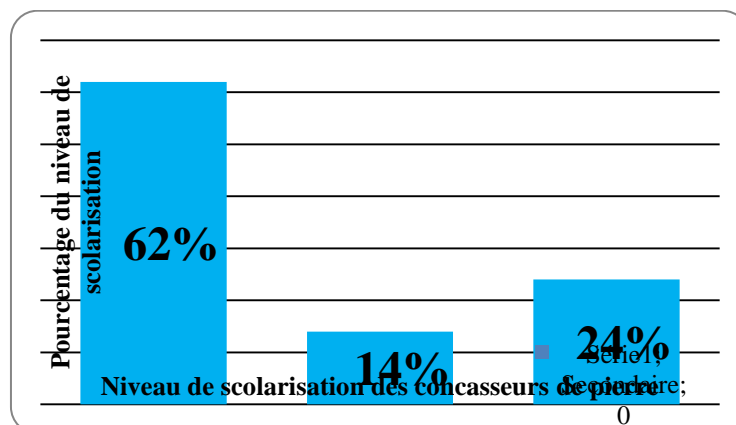


Figure 2. Répartition des concasseurs manuels de roche de granite enquêtés selon leur niveau de scolarisation

La majorité des concasseurs manuels de roche granitique avait une ancienneté de 10 à 19 ans dans le métier de concassage artisanal avec une moyenne de 16 ans d'activité. Le plus ancien travaillait depuis 30 ans et le moins expérimenté avait 4 ans d'ancienneté (figure 3).

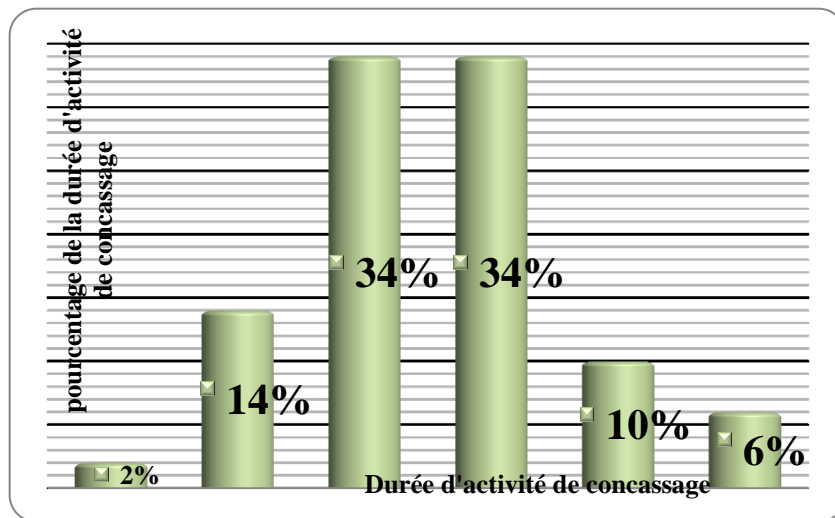


Figure 3. Répartition des enquêtés selon la durée de concassage manuel des roches de granite

Caractéristiques cytogénétiques

Sur les 200 métaphases lues dans les lymphocytes du sang prélevé chez chacun des 10 témoins non concasseurs manuels de roche granitique et non exposés à la poussière granitique, aucun type d'aberrations chromosomiques (chromosomes dicentriques, chromosomes anneaux, chromosomes acentriques, cassure chromatinienne et délétions chromosomiques) n'a été détecté. Chez les concasseurs manuels de roche granitique, la fréquence des chromosomes dicentriques a été de 34%, celle des anneaux de 3%, celle des fragments acentriques de 28,7%, celle des cassures chromatiniennes de 24,2% et celle des délétions chromosomiques de 10,1% (Tableau I). Les concasseurs manuels de roche granitique ayant effectués pendant 14 à 19 ans l'activité de concassage artisanal ont enregistré la moitié du nombre total des aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes de leur sang prélevé. Une diminution progressivement importante de tous les types d'aberrations chromosomiques a été observée dans les lymphocytes du sang prélevé chez les concasseurs de roche granitique ayant une ancienneté de travail de plus de 19 ans.

La répartition des aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé chez les concasseurs de roche granitique selon la classe d'âge a montré que ceux âgés de 30 à 40 ans ont enregistré plus d'aberrations chromosomiques (48,39%) avec une prédominance des chromosomes dicentriques (Tableaux II, III et IV). La répartition de concasseurs de roche selon le sexe a montré que les femmes ont enregistré plus d'aberrations chromosomiques dans les lymphocytes de leur sang prélevé (Tableau V). L'analyse des paramètres de distribution a montré que l'apparition des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes du sang prélevé chez la population des concasseurs manuels de roche granitique a été asymétrique pour les chromosomes dicentriques, les fragments acentriques et les cassures chromatiniennes tandis que cette distribution était relativement symétrique pour les chromosomes anneaux et les délétions chromatiniennes (Tableau VI). Une corrélation significative ($p < 0,05$) a existé entre les chromosomes dicentriques, la durée de concassage et l'âge des concasseurs de roche granitique (Tableau VI et VII).

Un chromosome dicentrique (Figure 4), une délétion chromosomique et un fragment acentrique (Figure 5), une cassure chromatinienne (Figure 6), un chromosome anneau (Figure 7) et un chromosome acentrique (Figure 8) ont été les six types d'aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin.

Tableau I. Caractéristiques épidémiologiques et cytogénétiques des concasseurs manuels de roche granitique

N°	Sexe	Âges (ans)	Nombre de métaphases lues	Durée de concassage	Nombre de types d'aberrations chromosomiques					Total
					Chromosomes			Cassure chromatinienne	Délétions chromosomiques	
					dicentriques	anneaux	acentriques			
1	M	22	200	16	13	00	11	00	00	24
2	F	30	200	25	23	00	14	06	00	43
3	M	42	200	15	18	04	15	13	07	57
4	F	36	200	20	26	03	21	11	01	62
5	F	31	200	15	17	05	06	12	03	43
6	F	53	200	14	27	01	16	08	12	64
7	F	53	200	15	16	00	10	14	07	47
8	F	50	200	09	08	02	06	13	02	31
9	M	20	200	14	09	00	08	02	01	20
10	F	35	200	19	14	00	18	15	04	51
11	F	40	200	10	09	01	10	17	08	45
12	F	50	200	20	30	03	20	11	07	71
13	M	35	200	12	17	00	28	13	03	61
14	F	20	200	14	09	01	16	07	02	35
15	F	20	200	15	10	00	09	12	05	36
16	M	30	200	15	12	01	08	21	07	49
17	M	48	200	21	23	06	14	17	06	66
18	M	38	200	20	18	00	09	21	02	50
19	M	30	200	16	09	01	21	12	04	47
20	F	32	200	15	19	00	16	08	16	59
Total			4.000	320	327	28	276	233	97	961
Fréquence			-	-	34,0%	3%	28,7%	24,2%	10,1%	100

Tableau II. Répartition des types d'aberrations chromosomiques par intervalle d'année de concassage observées dans les lymphocytes du sang prélevé par sexe chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Intervalle des années d'âge	Nombre de types d'aberrations chromosomiques					Total	Fréquences (%)
	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassure chromatinienne	Délétions chromosomiques		
	dicentriques	anneaux					
[09-14[	34	03	44	43	13	137	14,3
[14-19[	159	13	136	109	64	481	50,0
[19-24[	111	12	82	75	20	300	31,2
[24-29[	23	00	14	06	00	43	4,5
Total	327	28	276	233	97	961	100,0

Tableau III. Répartition des types d'aberrations chromosomiques par intervalle d'âge observées dans les lymphocytes du sang prélevé par sexe chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Intervalle des années d'âge	Nombre de types d'aberrations chromosomiques					Total	Fréquences (%)
	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassure chromatinienne	Délétions chromosomiques		
	dicentriques	anneaux					
[20-30[	41	01	44	21	08	115	11,97
[30-40[	155	10	141	119	40	465	48,39
[40-50[	50	11	39	47	21	168	17,48
[50-60[	81	06	52	46	28	213	22,16
Total	327	28	276	233	97	961	100,00

Tableau IV. Répartition des types d'aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé par sexe chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Sexe	Nombre de types d'aberrations chromosomiques					Total	Fréquences (%)
	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassure chromatinienne	Délétions chromosomiques		
	dicentriques	anneaux					
Homme	119	12	114	99	30	374	38,92
Femme	208	16	162	134	67	587	61,08
Total	327	28	276	233	97	961	100,00

Tableau V. Résultats de l'analyse statistique des paramètres de distribution des différents types d'aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Statistiques descriptives	Valeurs statistiques des types d'aberrations chromosomiques				
	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassures chromatiniennes	Délétions chromosomiques
	dicentriques	anneaux			
Moyennes	16,4	1,4	13,8	11,7	4,9
Ecart-types	6,7	1,8	5,8	5,4	4,1
Médianes	16,5	1,0	14,0	12,0	4,0

Tableau VI. Corrélations entre la durée de travail des concasseurs et les aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Variable	Caractéristiques	Valeurs statistiques des types d'aberrations chromosomiques					
		Total des aberrations chromosomiques	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassures chromatiniennes	Délétions chromosomiques
			dicentriques	anneaux			
Durée de concassage	Corrélation =	0,278	0,610	0,148	0,215	0,008	-0,225
	Probabilité p =	0,235	0,004	0,534	0,363	0,975	0,340

Tableau VII. Corrélation entre les âges et les aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé chez des concasseurs manuels de roche granitique au Bénin

Variable	Caractéristiques	Valeurs statistiques des types d'aberrations chromosomiques					
		Total des aberrations chromosomiques	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassures chromatiniennes	Délétions chromosomiques
			dicentriques	anneaux			
Âge (ans)	Corrélation =	0,615	0,511	0,367	0,091	0,414	0,405
	Probabilité p =	0,004	0,021	0,112	0,702	0,069	0,077

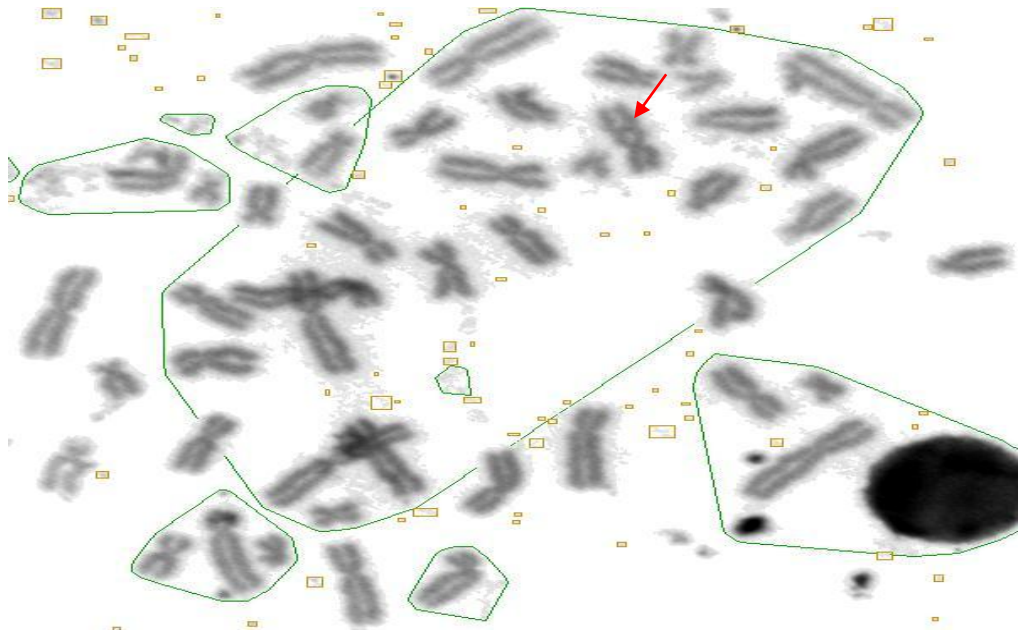


Figure 4. Un chromosome dicentrique dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin

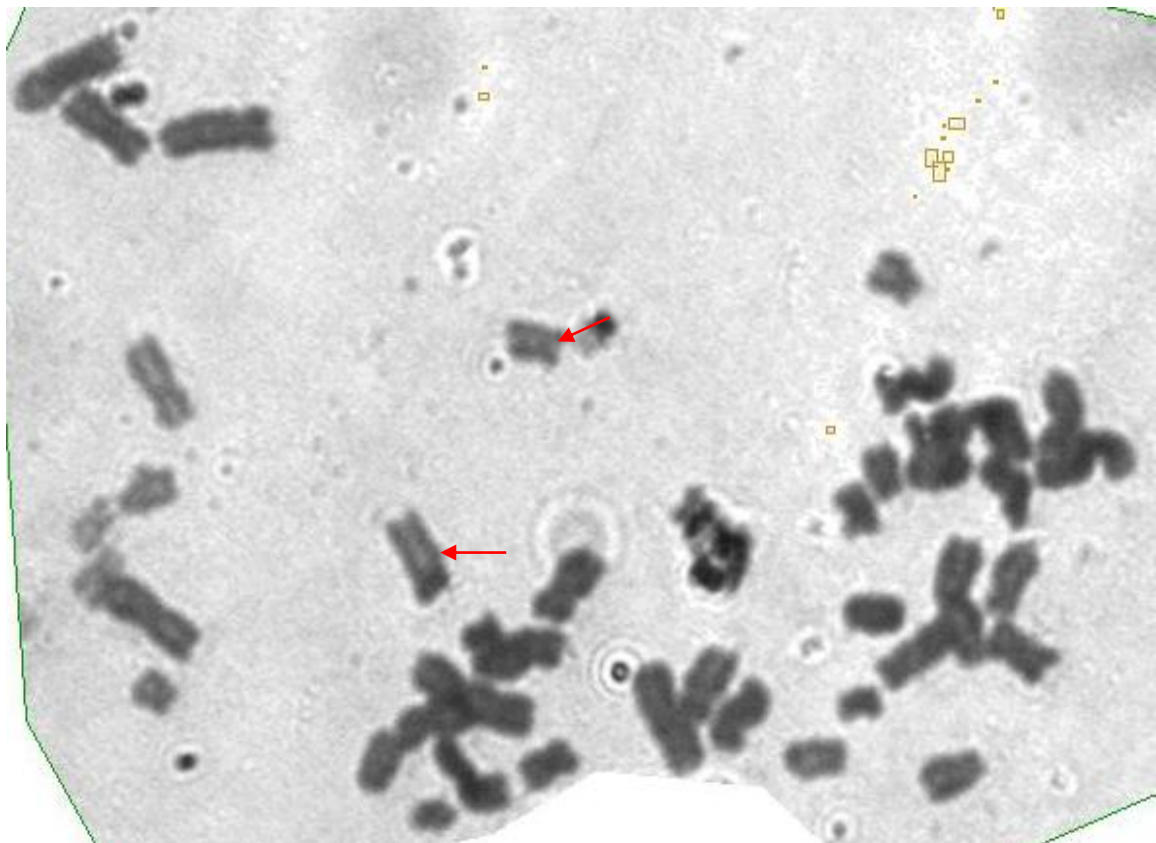


Figure 5. Une délétion et un fragment acentrique dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin



Figure 6. Une cassure chromatinienne dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin

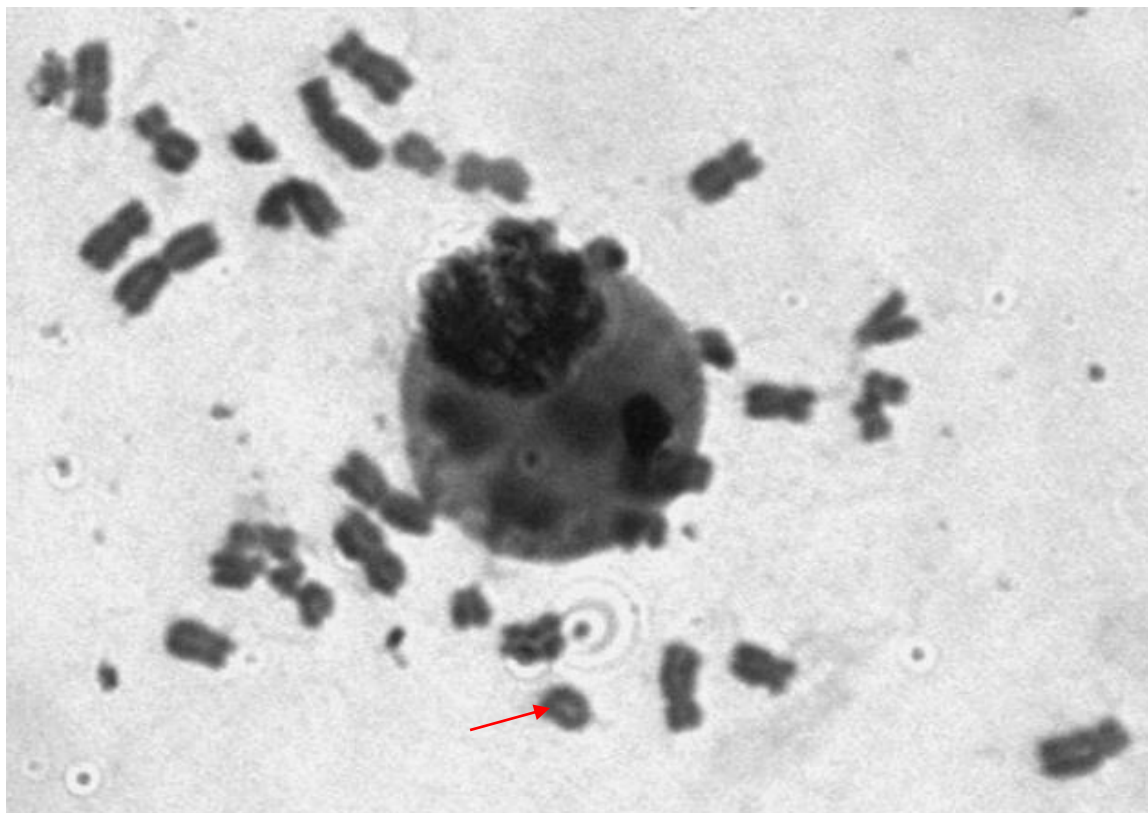


Figure 7. Un chromosome anneau dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin

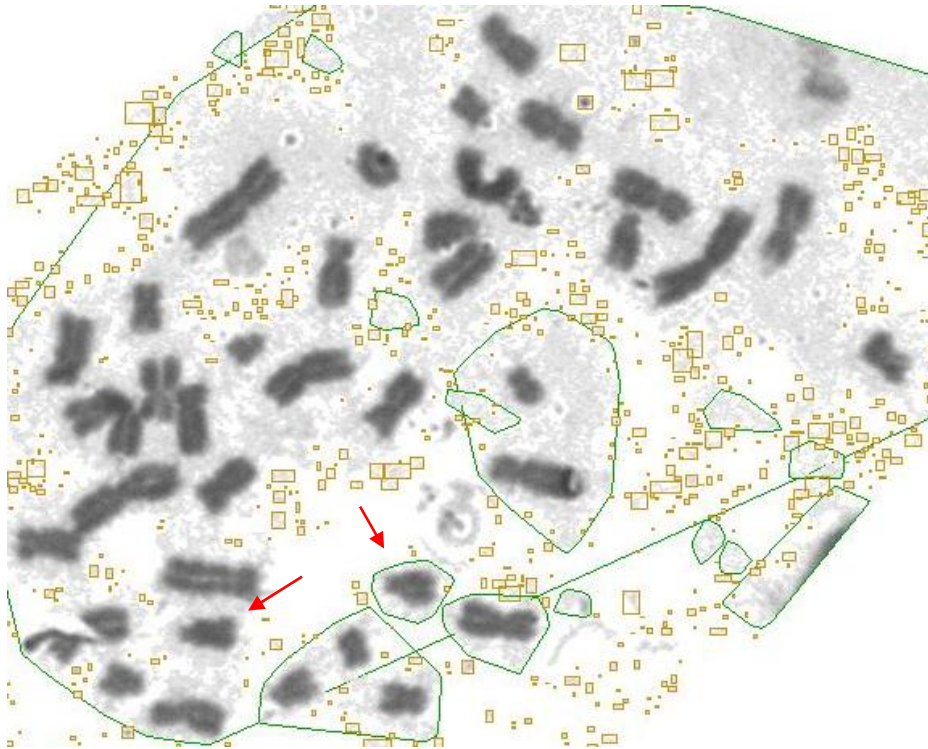


Figure 8. Un chromosome acentrique dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin

DISCUSION

La diminution progressivement importante de tous les types d'aberrations chromosomiques observée chez les concasseurs de roche granitique ayant une ancienneté de travail de plus de 19 ans, peut être justifiée par la mort cellulaire programmée (l'apoptose cellulaire) des lymphocytes à cause de la prédominance des aberrations chromosomiques instables en particulier les chromosomes dicentriques observés chez les concasseurs manuels de roche. La répartition des aberrations chromosomiques observées en classe d'âge montre que les concasseurs de roche granitique âgés de 30 à 40 ans enregistrent plus d'aberrations chromosomiques avec une prédominance des chromosomes dicentriques. Ceci s'explique par le fait qu'il s'agit d'une tranche d'âge physiquement active où ces concasseurs manuels de roche granitique exercent cette activité à longueur de journée et de façon répétitive. La répartition de concasseurs manuels de roche selon le sexe montre que les femmes ont enregistré plus d'aberrations chromosomiques et cela témoigne de la prédominance féminine de cette activité de concassage. Une analyse des résultats de fréquence et de la corrélation souligne que l'apparition des aberrations chromosomiques chez les concasseurs de roches granitique est due à l'exposition de ces concasseurs à la poussière de granite contenant des nanoparticules (la silice) fortement toxique en milieu biologique en particulier aux lymphocytes (Fisher *et al.*, 2012).

Les caractéristiques sociodémographiques des concasseurs laissent croire que le concassage artisanal est un métier des femmes comme l'ont déjà souligné Aballo *et al.* (2007) et Mongbo (2007). L'âge moyen des concasseurs dans la carrière de Tchatchégoun mentionné dans cette étude est inférieur à celui trouvé par Wognin (2002) à Abidjan en Côte d'Ivoire, Aballo *et al.* (2007) au Bénin, Suarhana *et al.* (2007) et Suarhana (2008) en Hollande et Gale et Makosso (1998) dans la région de Dan au Bénin. Les raisons de cette différence résident dans les critères spécifiques d'inclusion de notre étude cytogénétique, ainsi que par le fait qu'à Abidjan et à Dan le concassage de roches et de pierres est confié à des entreprises qui ont respecté les règles d'embauche en évitant le travail des mineurs. Alors que, dans la carrière de Tchatchégoun, la zone d'étude, les concasseurs de roche travaillent tous à leur propre compte pour leur survie et leur scolarité en ce qui concerne les élèves, et ceci sans discrimination d'âge. Les femmes mariées travaillent avec leurs enfants même les

nourrissons. Voulant aider leurs parents ou pour satisfaire leur besoin d'études, les enfants sont exposés aux poussières de granite dont ils ignorent la composition. La poussière de granite est composée de silice (SiO_2) qui est une nanoparticule (NPs), un matériel à l'échelle nanométrique, dont le diamètre est de l'ordre du nanomètre (10^{-9} m). Prasad *et al.* (2012) ont montré que pour des tailles inférieures à 10 nm de silice et pour une durée d'intoxication supérieure ou égale à 17 j, la toxicité est liée à la charge des particules.

Les résultats de cette étude relative à la cytogénétique ont pour preuve ceux de Quignard *et al.* (2012) stipulant l'existence d'une corrélation fortement significative entre la durée d'intoxication à la silice (SiO_2) et la génotoxicité. De même, une corrélation positive existe entre l'âge des concasseurs de roche et l'apparition des chromosomes dicentriques et d'une manière générale entre l'âge des casseurs de roche et l'apparition des différentes lésions chromosomiques incriminées. Une telle corrélation permet de dire que les dommages causés par l'exposition à la poussière de granite ne s'éliminent pas mais s'accumulent. D'ailleurs, Brondeau *et al.* (1997) ont montré dans des expériences *in vivo* que l'action génotoxique de la silice cristalline a été peu explorée et qu'aucun effet n'a été observé dans les tests du micronoyau. En revanche, seules de fortes doses de quartz (silice) incubées avec de l'ADN induisent des cassures doubles brins, des échanges entre chromatides sœurs, des fréquences de micronoyaux dans les cellules d'embryon de hamster syrien. Ces effets ont été attribués à la formation des radicaux libres réactifs formés à base de la silice ionisée et les atomes d'hydrogène membranaire et aux effets du stress oxydants. La toxicité la plus importante est induite par les particules chargées négativement, les seules présentant une activité génotoxique. La génotoxicité peut avoir pour origine un mécanisme d'actions directes suite à une interaction avec l'ADN ou indirectes lié à un stress oxydant.

Brodo *et al.* (2002) ont montré que l'exposition aiguë à la silice chez la souris induit une apoptose active des lymphocytes T-CD4+ dans les ganglions lymphatiques drainant la silice et dans les granulomes inflammatoires pulmonaires. Par conséquent, l'apoptose active induite par la silice peut avoir un rôle important dans l'inflammation et provoquer des désordres immunologiques dans les ganglions lymphatiques régionaux drainant la silice. Ce résultat justifie la fréquence importante des aberrations chromosomiques instables en particulier les dicentriques observée chez les concasseurs de roche dans cette étude. Par ailleurs, un diagnostic différentiel est opportun pour identifier d'autres facteurs génotoxiques autres que la silice.

La silice cristalline est un risque professionnel encore actuel, lié à de nombreuses pathologies, dont la silicose reste la plus fréquente (Borges *et al.*, 2002 ; Brown *et al.*, 2003 ; Pallady Jacob, 2009). Ainsi, Calvert *et al.* (2003) ont retrouvé les associations déjà connues entre l'exposition professionnelle à la silice et la Broncho-pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO), la tuberculose pulmonaire et le Cancer Broncho-pulmonaire (CBP), et apportent des arguments en faveur d'une relation entre cette exposition et la polyarthrite rhumatoïde. Cette étude montre une absence de relation nette entre l'exposition à la silice et les pathologies rénales, le Lupus Erythémateux Disséminé (LED) et la sclérodermie, une affection cutanée qui se caractérise par un durcissement de la peau, doit être interprétée avec prudence car dans cette étude s'appuyant sur des certificats de décès, les données concernant les diagnostics et les utilisations peuvent être incomplètes ou inexacts. Ces résultats confirment les conséquences sanitaires des aberrations chromosomiques observées chez les concasseurs manuels de roche granitique.

CONCLUSION

La pneumoconiose due à la poussière de granite est à l'origine des anomalies chromosomiques observées chez les concasseurs manuels de roche granitique. L'étude montre la présence cumulative des nanoparticules de la silice dans le milieu intérieur et la formation continue des radicaux libres de silice responsables de ces anomalies chromosomiques. En perspective une étude prenant en compte les échanges de chromatides sœurs (SCE) et les micronoyaux (MN) est indispensable pour mieux apprécier les dommages génétiques liés à l'intoxication aux particules de Silice au Bénin. Ainsi, une telle étude complémentaire peut servir à répondre à la recrudescence des maladies du sang observées en général dans le centre du Bénin et en particulier dans le département des Collines au Bénin. Pour limiter les risques d'hémopathies malignes (leucémies) que courent les concasseurs de roche granitique, le port obligatoire de masque de protection respiratoire de type N_{95} et FFP_3 doit être préconisé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aballo, S., 2007 : Aspects radiographiques de la trame pulmonaire chez les casseurs de pierre de Tchatchegou à Glazoue (Benin), mémoire à l'EPAC, p 72.
- Bonnetain, B., 2013 : Etude de projet Aider les casseuses de pierres de Cobly (Bénin). REES 19, ASF/MFR, 35 p. projetshumanitaires.blog.free.fr/.../aider_les_casseuses_de_pierres_de_co... Consulté le 07/07/2014.
- Borges, V. M., M.F Lopes, H. Falcao, J. H. Leite-Junior, P. R. M. Rocco, W. F. Davidson, R. Linden, W. A. Zin, G. A. Dos Reis, 2002: Rôle fondamental de l'apoptose dans les mécanismes immunopathogéniques de la silicose aiguë. Brésil et Etats-Unis. *Amer J Respir Cell Molec Biol*, 27, 1 :78-84.
- Brodo, M., S. Bellochio, C. Bellucci, S. Balloni, D. Pietrella, G. Sbaraglia, G. Muzi, C. Lilli, A. Lumare, M. Dell'Omo, G. Abbritti, 2002. Silice, acide hyaluronique et différenciation fonctionnelle des macrophages alvéolaire. Italie. *Amer J Respir Cell Molec Biol*, 2002 ; 27, 1 :78-84.
- Brondeau, M. T., T. Clavel, M. Falcy, A. Hesbert, D. Jargot, M. Reynier, O. Schneider, 1997 : Silice cristalline. Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS., 8 p.
- Brown, J. M., A. J. Archer, J. C. Pfau, A. Holian, 2003: La silice favorise le développement d'une maladie systémique auto-immune chez un modèle de souris New Zealand déclarant spontanément une forme de lupus) Etats-Unis. *Clin Expl Immunol*; 131, 415-421.
- Calvert, G. M., F. L. Rice, J. M. Boiano, J. W. Sheehy, W. T. Sanderson, 2003: Exposition professionnelle à la silice et risque de diverses maladies : analyse utilisant les certificats de décès de 27 états des Etats-Unis. *Etats-Unis. Occup Environ Médecine*, 2003 ; 60, 122-129.
- Carles, C. S., 2011 : Nanotechnologies et Nanoparticules : Leurs effets sur la santé. 0316_ NANOparticules.pdf. 2011. 59 p. DS/DST (Direction de la Santé, Division de la Santé au Travail), 2005 : L'exposition aux poussières pendant le travail. Ministère de la Santé, Etat du Luxembourg. Brochure, 16 p. www.ms.public.lu/fr/activites/sante-travail/030...sneja/poussieres.pdf. Consulté le 12/07/2014.
- Gale, T., Makosso, C., 1998 : Examens radiographiques systématiques chez les travailleurs de la carrière de Dan au Bénin : place de la silicose. CPU/UNB, pp. 31-36.
- Fisher, E. M., A. W. Richardson, S. D. Harpest, K. C. Hofacre, R. E. Shaffer, 2012: Reaerolization of MS2 bacteriophage from an N95 filtering face piece respirator by simulated coughing. *Ann Occup Hyg. Institut universitaire romand de Santé au Travail, Université de Lausanne et Genève*; 56: 315-325.
- Kumwimba Musao, J., 2009 : La problématique de l'exploitation minière artisanale dans la province du Katanga (cas du district de Kolwezi). Institut Supérieur d'Etudes Sociales - Licence en sociologie industrielle. <http://www.memoireonline.com/12/09/3006/> Consulté le 06/06/2014.
- Mongbo, S. J., 2007: Par le granite, le travail réprime l'avenir des enfants béninois. Périodique de l'ONG SIN-DO, Numéro 12 Mars 2007. http://www.ongsindo.africa-web.org_setchemejm.wordpress.com/.../sin-do-news-n°10-par-le-granite-le-travail
- Pallady Jacob, C. 2009 : Exposition à la silice chez les chauffeurs poids lourds : un nouveau risque professionnel ? A propos de deux cas. Thèse de doctorat, Université de Nantes, N° 104, 157 p. [Archive.bu.univ-nantes.fr/.../43c9ad41-4752-4add-ab51-26260046a61e](http://archive.bu.univ-nantes.fr/.../43c9ad41-4752-4add-ab51-26260046a61e)
- Quignard, S., G. Mosser, M. Boissière, T. Coradin, 2012 : Étude sur le devenir à long terme de nanoparticules de silice sur fibroblastes de peau humaines. *Biomaterials*, 33: 4431-4442.
- Prasad, B. R., G. Mullins, N. Nikolskaya, D. Connolly, T. J. Smith, V. A. Gérard, S. J. Byrne, G. L. Davies, Y. Gun'Ko, Y. Rochev, 2012: Effets de l'exposition à long terme de Quantum-Dots constitués de tellurure de cadmium enrobés ou non de gélatine sur cellules différenciées PC12.;10:4. Université Bordeaux Segalen – Pharmacochimie, Biologie Cellulaire – FRE CNRS 3396 – Bordeaux.
- Suarthana, E., K. G. M. Moons, D. Heederik, E. Meijer, 2007: A simple diagnostic model for ruling out pneumoconiosis among construction workers. *Occup Environ Med*. Sep 2007; 64(9): 595–601. doi: 10.1136/oem.2006.027904. PMID: PMC2092564. Published online in <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2092564/>
- Suarthana, E., 2008: Predicting Occupational Lung Diseases. Thesis, Utrecht University. 136 p. ISBN: 9789039347867. dspace.library.uu.nl/bitstream/.../suarthana.pdf?...2. Consulté le 12/08/2014.
- Wognin, S. B., C. Infante-Rivard, B-Y. Yeboue-Kouame, 2002 : Etude de la prévalence de la silicose chez les travailleurs d'une carrière de granite à Abidjan. *Archives des maladies professionnelles* ; 63 (1) : 25-31.