

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

Par : J. Dossou, M. B. Zinsou, G.M. Abinda, S. Aballo, C. Ogoubi, A. Laleye, L. Fourn, F. S. Loko et G. A. Mensah

Pages (pp.) 35-46.

**Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro spécial Agrobiodiversité et Santé Publique – Septembre 2014**

Le BRAB est en ligne (on line) sur les sites web <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



**Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)**

Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Service Informatique Scientifique et Biométrique (PIS-B)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59 ; E-mail : [brabinrab@yahoo.fr](mailto:brabinrab@yahoo.fr) / [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr)

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)  
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

Tél. : (+229) 21 30 02 64/21 13 38 70/21 03 40 59 - Fax : (+229) 21 30 07 36

E-mail: [brabinrab@yahoo.fr](mailto:brabinrab@yahoo.fr), [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@gmail.com), [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr)

République du Bénin

## Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Analyse des risques de consommation des eaux en sachet pour les populations dans la ville de Porto-Novo au Sud-Bénin <b>S. M. I. Hoteyi, C. C. Gnimadi, G. V. Adjadji, A. M. Igue et G. A. Mensah</b>	1
La "phagocytose" urbaine : le phénomène et ses implications sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin <b>C. C. Gnimadi, M. D. Toffi et S. M. I. Hoteyi</b>	9
Alimentation de rue des populations : une santé en péril à Cotonou au Sud-Bénin ? <b>S. M. I. Hoteyi, C. C. Gnimadi, G. V. Adjadji, A. M. Igue et G. A. Mensah</b>	21
Anomalies chromosomiques induites dans les lymphocytes des concasseurs de roche granitique de la carrière d'Itchédoun à Glazoué au centre du Bénin <b>J. Dossou, M. B. Zinsou, G.M. Abinda, S. Aballo, C. Ogoubi, A. Laleye, L. Fourn, F. S. Loko et G. A. Mensah</b>	35
Quelle recherche agricole pour dynamiser le secteur agricole en Afrique ? <b>V. J. Mama, G. A. Muluh, H. Roy-Macauley et P. Sereme</b>	47
Problèmes de radioprotection au cours des examens radiopédiatriques à l'Hôpital de zone de Suru-Lere à Cotonou au Sud-Bénin <b>J. Dossou, A. Y. Kokoun, G.-M. S. G. Abinda, E. Sany, F. S. Loko et G. A. Mensah</b>	58

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

### Informations générales

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural. La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé. Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être obtenue sur demande adressée au secrétariat du BRAB. Pour recevoir la version électronique pdf du BRAB, il suffit de remplir la fiche d'abonnement et de l'envoyer au comité de rédaction avec les frais d'abonnement. La fiche d'abonnement peut être obtenue à la Direction Générale de l'INRAB, dans ses Centres de Recherches Agricoles ou à la page vii de tous les numéros. Le BRAB publie deux (2) numéros par an mais aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

**Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)**

**01 BP: 884 Cotonou 01 Recette Principale – Tél.: (+229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59**

**E-mail: [brabinrab@yahoo.fr](mailto:brabinrab@yahoo.fr), [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@gmail.com), [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr) – République du Bénin**

**Editeur :** Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

#### **Comité de Rédaction et de Publication :**

**Directeur de rédaction et de publication :** Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche (CAMES)

**Secrétaire de rédaction et de publication :** MSc. Ir. KPERA-MAMA SIKA G. Nathalie

**Membres :** Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU, Maître de Recherche (CAMES), Dr Olorounto Delphin KOUDANDE, Maître de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE, Maître de Recherche (CAMES)

**Conseil Scientifique :** Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Nestor SOKPON (Sciences Forestières, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Prof. Dr Ir. Abdourahamane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Prof. Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Pr. Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr. Dr Ir. Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr. Dr Ir. Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Prof. Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Prof. Dr Ir. Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Prof. Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Prof. Dr ODelphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Prof. Dr Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Prof. Dr Ir. Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Prof. Dr Ir. Gauthier BIAOU (Economie, Bénin), Prof. Dr Ir. Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Economie, Allemagne), Prof. Dr Ir. André KATARY (Entomologie, Bénin), Prof. Dr Ir. Hessou Anasthase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Prof. Dr Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Prof. Dr Ir. Kakai Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Dr Ir. Adolphe ADJANOHOOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir. Isidore T. GBEGO (Zootechnie, Bénin), Dr Ir. Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Dr Ir. Luc O. SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Sénégal)

**Comité de lecture :** Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

## Indications aux auteurs

### Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des rapports de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur et aux co-auteurs.

Le BRAB publie deux (2) numéros par an mais aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

### Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés par voie électronique et/ou en trois (3) exemplaires en version papier par une lettre de soumission (*covering letter*) au comité de rédaction et de publication du BRAB aux adresses électroniques suivantes : E-mail : [brabinrab@yahoo.fr](mailto:brabinrab@yahoo.fr), [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@gmail.com), [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr). Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris e-mail) d'au moins trois (3) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs (*referees*) revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin.

Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé/saisi sous Winword ou Word 97-2003 ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des lecteurs, spécialistes du domaine. Pour qu'un article soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brièveté** (supprimer les expressions creuses).

### Titre

On doit y retrouver l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum ou 100 caractères et espaces) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Il comporte les mots de l'index *Medicus* pour faciliter la recherche sur le plan mondial. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte. Ils doivent être écrits en minuscules, à part la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues.

### Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1<sup>ère</sup> lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs) sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Prof., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, Tél., e-mail, pays, etc.) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme et à la rédaction de l'article. L'auteur principal est celui qui a assuré la direction de la recherche et le plus en mesure d'assumer la responsabilité de l'article.

### Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est nécessaire. Ce résumé doit être précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est : un compte rendu succinct ; une représentation précise et abrégée ; une vitrine de plusieurs mois de dur labeur ; une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document ; etc. Il doit contenir l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Un bon résumé a besoin d'une bonne structuration. La structure apporte non seulement de la force à un résumé mais aussi de l'élégance. Il faut absolument éviter d'enrober le lecteur dans un amalgame de mots juxtaposés les uns après les autres et sans ordre ni structure logique. Un résumé doit contenir essentiellement : une courte **Introduction (Contexte)**, un **Objectif**,

la **Méthodologie** de collecte et d'analyse des données (**Type d'étude, Echantillonnage, Variables et Outils statistiques**), les principaux **Résultats** obtenus en 150 mots (**Résultats importants et nouveaux pour la science**), une courte discussion et une Conclusion (**Implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches**). La sagesse recommande d'être efficacement économe et d'utiliser des mots justes pour dire l'essentiel.

#### **Mots-clés**

Les mots clés suivront chaque résumé et l'auteur retiendra 3 à 5 mots qu'il considère les plus descriptifs de l'article. On doit retrouver le pays (ou la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline et le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

#### **Texte**

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Conclusion, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible.

#### **Introduction**

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

#### **Matériel et méthodes**

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

#### **Résultats**

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

#### **Discussion**

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs.

Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

### Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

### Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion. Il ne faut jamais laisser les résultats orphelins mais il faut les couvrir avec une conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion ne comporte jamais de résultats ou d'interprétations nouvelles. On doit y faire ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats. La conclusion n'est pas l'endroit pour présenter la synthèse des conclusions partielles du texte car c'est une des fonctions du résumé. Il faut retenir que la conclusion n'est pas un résumé de l'article.

### Références bibliographiques

Il existe deux normes internationales régulièrement mise à jour, la :

- **norme Harvard** : -i- West, J.M., Salm, R.V., 2003: Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, 17, 956-967. -ii- Pandolfi, J.M., R.H. Bradbury, E. Sala, T.P. Hughes, K.A. Bjorndal, R.G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M.J.H. Newman, G. Paredes, R.R. Warner, J.B.C. Jackson, 2003: Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301 (5635), 955-958.
- **norme Vancouver** : -i- WEST, J.M., SALM, R.V., (2003); Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, vol. 17, pp. 956-967. -ii- PANDOLFI, J.M., et al., (2003); Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, vol. 301 N° 5635, pp. 955-958.

Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées dans la liste des références et inversement. La bibliographie doit être présentée en ordre alphabétique conformément aux deux (2) exemples donnés ci-dessus comme suit : nom et initiales du prénom du 1<sup>er</sup> auteur, puis initiales du prénom et nom des autres auteurs ; année de publication (ajouter les lettres a, b, c, etc., si plusieurs publications sont citées du même auteur dans la même année) ; nom complet du journal ; numéro du volume en chiffre arabe, éditeur, ville, pays, première et dernière page de l'article. Dans le texte, les publications doivent être citées avec le nom de l'auteur et l'année de publication entre parenthèses de la manière suivante : Sinsin (1995) ou Sinsin et Assogbadjo (2002). Pour les références avec plus de deux auteurs, on cite seulement le premier suivi de « *et al.* » (mis pour *et alteri*), bien que dans la bibliographie tous les auteurs doivent être mentionnés : Sinsin *et al.* (2007). Les références d'autres sources que les journaux, par exemple les livres, devront inclure le nom de l'éditeur et le nom de la publication. Somme toute selon les ouvrages ou publications, les références bibliographiques seront présentées dans le BRAB de la manière suivante :

#### Pour les revues :

- Adjanohoun, E., 1962 : Etude phytosociologique des savanes de la base Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio*, 11, 1-38.
- Grönblad, R., G.A. Prowse, A.M. Scott, 1958: Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.*, 58, 1-82.
- Thomasson, K., 1965: Notes on algal vegetation of lake Kariba.. *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal.*, ser. 4, 19(1): 1-31.
- Poche, R.M., 1974a: Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest)) in West Africa. *J. Applied Ecology*, 11, 963-968.
- Poche, R.M., 1974b: Ecology of the African elephant (*Loxodonta a. africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38, 567-580.

#### Pour les contributions dans les livres :

- Whitton, B.A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. In: Carr, N. G., Whitton, B. A., (eds), *The biology of cyanobacteria*. Oxford, Blackwell.

Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. In : Reyniers, F. N., Netoyo L. (eds.). Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

**Pour les livres :**

Zryd, J.P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.

Stuart, S.N., R.J. Adams, M.D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN–The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

**Pour les communications :**

Viera da Silva, J.B., A.W. Naylor, P.J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA, 3243-3247.

Lamachere, J.M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n° 199, 109-119.

**Pour les abstracts :**

Takaiwa, F., Tnifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiology abstracts, 1980, 4533.

**Thèse ou mémoire :**

Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

**Pour les sites web :**

<http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h. - <http://www.cites.org>, consulté le 12/07/2008 à 09 h.

**Equations et formules**

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

**Unités et conversion**

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

**Abréviations**

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développé des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Eviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

**Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales**

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom (s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p.e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple : *Oryza sativa* = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

**Tableaux, figures et illustrations**

Chaque tableau (avec les colonnes rendus invisibles mais seules la première ligne et la dernière ligne sont visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et/ou scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées. Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excell, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si c'est nécessaire.

**Bulletin d'abonnement N°** .....

**Nom** : .....

**Prénoms** : .....

**Organisme** : .....

.....

**Adresse** : .....

.....

**Ville** : ..... **Pays** : .....

désire souscrire.....abonnement(s) au Bulletin de la Recherche Agronomique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

**Date** : ..... **Signature** : .....

**Paiement par (cocher la case) :**

Chèque à l'ordre du CRA-Agonkanmey/INRAB

Virement à effectuer au compte bancaire du CRA-Agonkanmey/INRAB établi comme suit :

<b>Nom :</b>	CRA-AGONKANMEY/INRAB – 01 BP 884 RP – Cotonou - Bénin			
<b>N° de compte bancaire :</b>	<b>Code bancaire</b>	<b>Position du code</b>	<b>Compte N°</b>	<b>RIB</b>
	0062	01018	011720001108	66
<b>Banque de paiement</b>	ECOBANK - Agence Etoile - 01 BP 1280 Recette Principale – COTONOU - Bénin			
<b>Swift code</b>	ECOC BJ BJ			

Retourner ce bulletin accompagné de votre règlement à :

**CRA-Agonkanmey/INRAB**  
**01 B.P. 884 Recette Principale**  
**COTONOU 01 (République du Bénin)**

E-mail : [brabinrab@yahoo.fr](mailto:brabinrab@yahoo.fr), [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@gmail.com), [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr)

Tarifs pour un abonnement annuel donnant droit à deux (2) numéros du BRAB entier en version pdf par voie électronique :

<b>Bénin :</b>	<b>Individu :</b>	<b>4.000 F CFA (# 6 euros)</b>
	<b>Institution :</b>	<b>15.000 F CFA (# 23 euros)</b>
<b>Hors du Bénin :</b>	<b>Individu :</b>	<b>30.000 F CFA (# 46 euros)</b>
	<b>Institution :</b>	<b>50.000 F CFA (# 77 euros)</b>
<b>Abonnement de soutien :</b>		<b>70.000 F CFA (# 107 euros)</b>

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

**J. Dossou<sup>9,11</sup>, M. B. Zinsou<sup>9,11</sup>, G.M. Abinda<sup>9,11</sup>, S. Aballo<sup>9</sup>, C. Ogoubi<sup>9</sup>, A. Laleye<sup>10</sup>, L. Fourn<sup>10</sup>, F. S. Loko<sup>11</sup> et G. A. Mensah<sup>12</sup>**

### **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 5ml 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 chromatidiennes 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 silice  $\text{SiO}_2$  contenue dans la poussière de granite est 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  $\text{N}_{95}$  et  $\text{FFP}_3$  doit être envisagé.

**Mots clés :** Concassage manuel, nanoparticule, silice, 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 no 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 cytogenetic. 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  $35.7 \pm 10.9$  years. A phenomenon of early contamination of 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 annocentrics, 28.7% of acentric fragments,

---

<sup>9</sup> Dr J. DOSSOU, Unité de Recherche en Radiosensibilité et Radiocarcinogénèse 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](mailto:juju_dos@yahoo.fr), République du Bénin

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

<sup>10</sup> 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

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

<sup>12</sup> 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](mailto:mensahga@gmail.com), [ga\\_mensah@yahoo.com](mailto:ga_mensah@yahoo.com), République du Bénin

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 silica ( $\text{SiO}_2$ ) content in the granite dust is responsible for the occurrence of chromosomal aberrations observed in crusher granite stones from the Itchédoun career Glazoué. To reduce the risk of hematological malignancies (leukemia) faced by granitic rock crusher manuals, the compulsory use of protective breathing mask  $\text{N}_{95}$  and  $\text{FFP}_3$  must be considered.

**Keywords:** Manual crushing, granite, nanoparticle silica, 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  $5\mu\text{m}$  qui atteignent les bronches et les plus petites alvéoles (DS/DST, 2005). Il s'agit des nanoparticules de la silice 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 ( $\text{SiO}_2$ ) 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 chromatidiennes 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 GIEMSA 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  $25\text{ cm}^2$  de col incliné dans 5 ml de milieu de culture RPMI 1640 auquel ont été ajoutés 20% de sérum de veau foetal,  $50\ \mu\text{M}$  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  $100\ \mu\text{l}$  (2%) de phytohémagglutinine (PHA) forme M. A la 46<sup>ème</sup> heure d'incubation, ont été ajoutés  $50\ \mu\text{l}$  de colchicine (Colcemid GIBCO) pour bloquer les cellules au stade métaphasique. A la 48<sup>ème</sup> heure, les flacons étaient sortis de l'incubateur. Après la centrifugation, un choc hypotonique était provoqué avec une solution de KCl à  $75^\circ\text{C}$  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 décomptent de ces dicentriques et fragments sur 200 métaphases par sujet ont été faites à l'aide du logiciel SPSS 21.

## RESULTATS

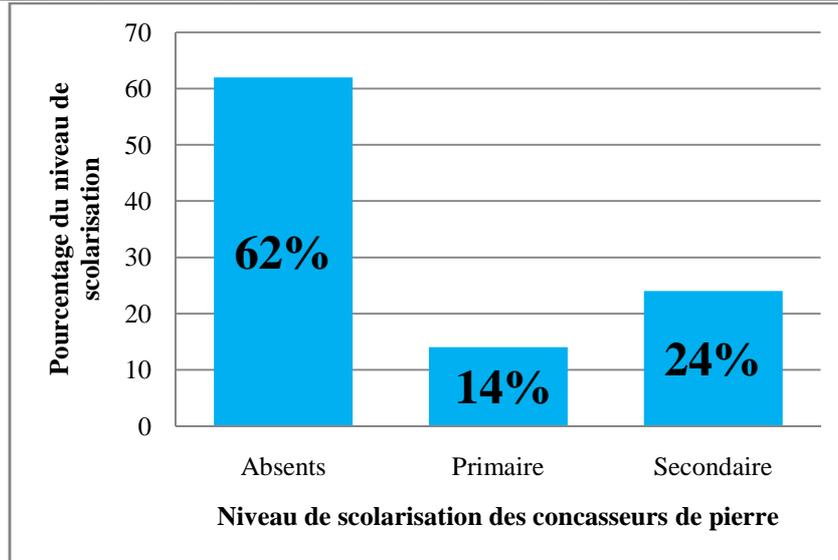
### Caractéristiques épidémiologiques

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 femme pour un homme. Les individus ont déclaré qu'ils remarquaient habituellement un amaigrissement après une importante période d'activité de concassage manuel des roches.

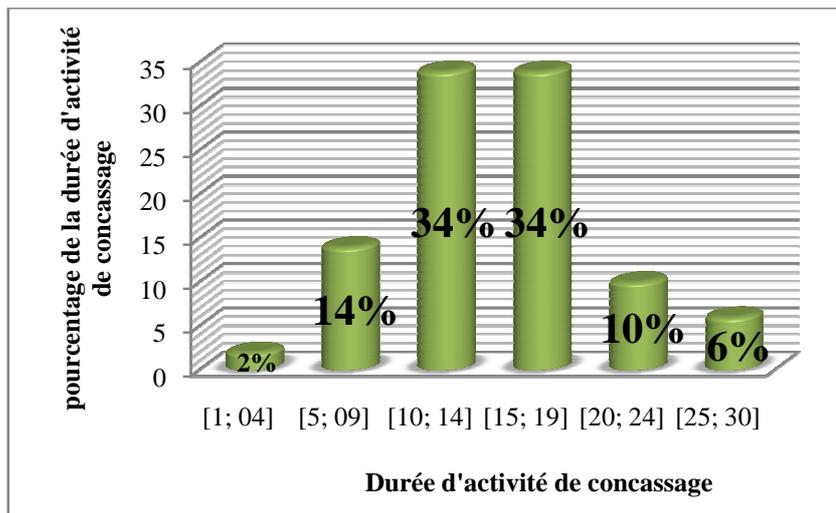
La majorité des concasseurs manuels de roche granitique avait une ancienneté de 10 à 19 ans dans le métier de concassage artisanal avec une moyenne de 16 ans d'activité. Le plus ancien travaillait depuis 30 ans et le moins expérimenté avait 4 ans d'ancienneté (figure 3).



Figure 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**



**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 chromatidienne 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 chromatidiennes 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			Cassures chromatidiennes	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
<b>Total</b>			<b>4.000</b>	<b>320</b>	<b>327</b>	<b>28</b>	<b>276</b>	<b>233</b>	<b>97</b>	<b>961</b>
<b>Fréquence</b>			<b>-</b>	<b>-</b>	<b>34,0%</b>	<b>3%</b>	<b>28,7%</b>	<b>24,2%</b>	<b>10,1%</b>	<b>100</b>

**Tableau II.** Répartition par intervalle d'année de concassage des types d'aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé 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	Cassures chromatidiennes	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
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>28</b>	<b>276</b>	<b>233</b>	<b>97</b>	<b>961</b>	<b>100,0</b>

**Tableau III.** Répartition par intervalle d'âge des types d'aberrations chromosomiques observées dans les lymphocytes du sang prélevé 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	Cassures chromatidiennes	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
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>28</b>	<b>276</b>	<b>233</b>	<b>97</b>	<b>961</b>	<b>100,00</b>

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

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

**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

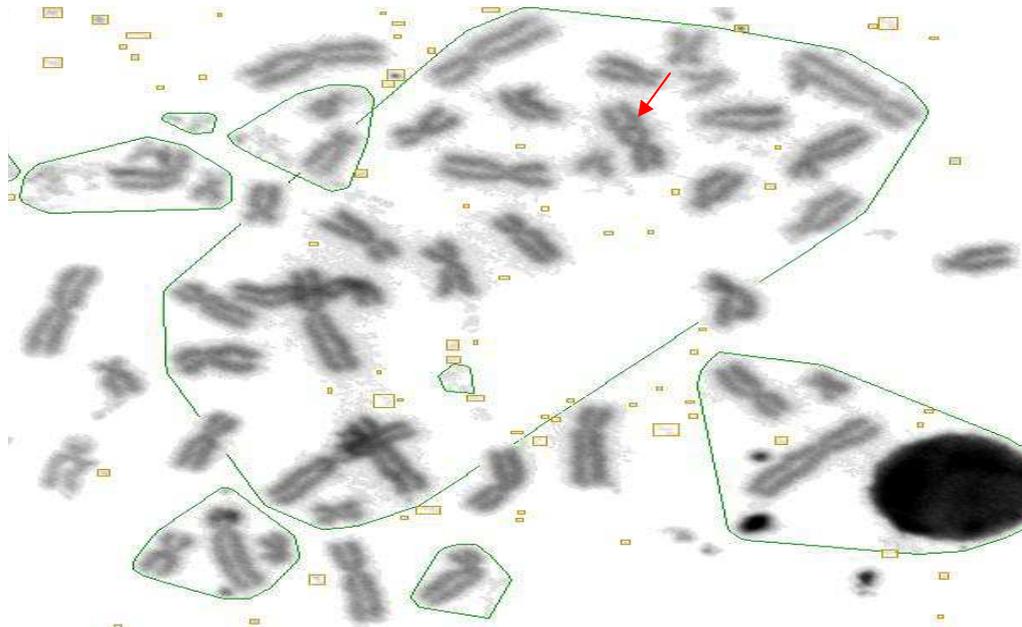
Statistiques descriptives	Valeurs statistiques des types d'aberrations chromosomiques				
	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassures chromatidiennes	Délétions chromosomiques
	dicentriques	anneaux			
<b>Moyennes</b>	16,4	1,4	13,8	11,7	4,9
<b>Ecart-types</b>	6,7	1,8	5,8	5,4	4,1
<b>Médianes</b>	16,5	1,0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

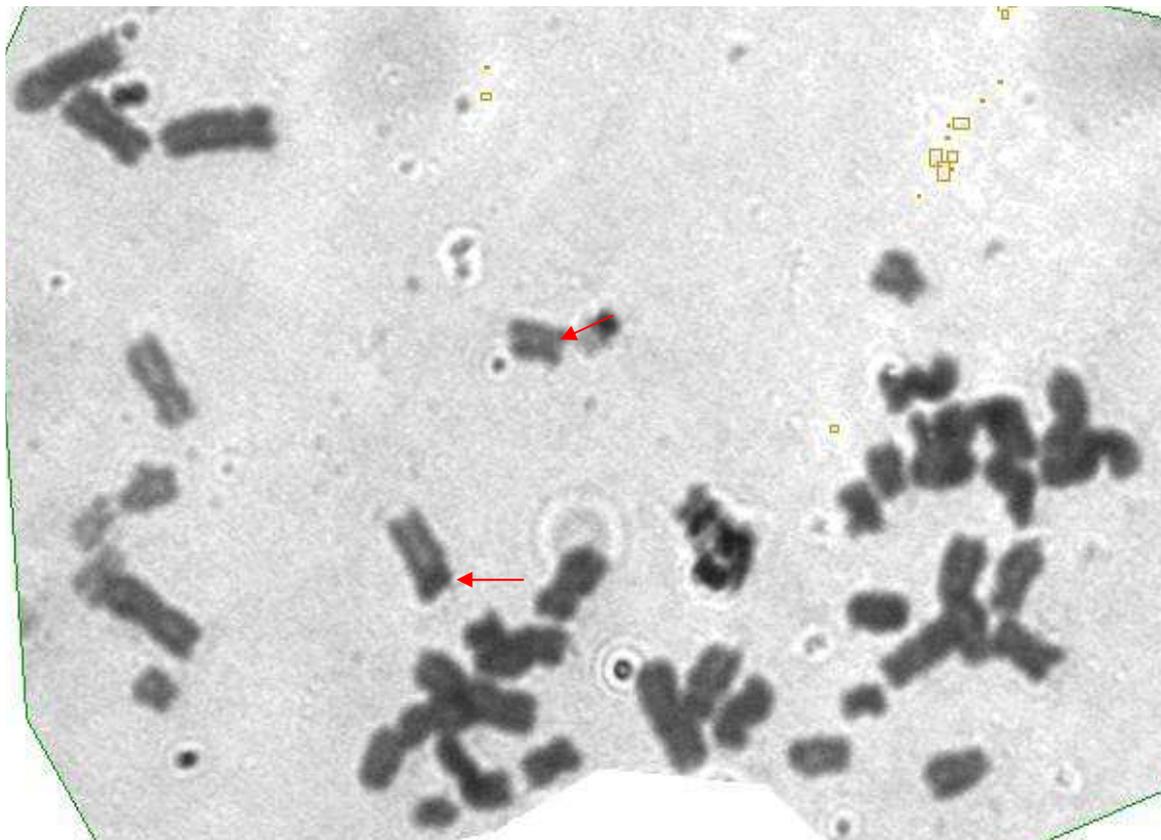
Variable	Caractéristiques	Valeurs statistiques des types d'aberrations chromosomiques					
		Total des aberrations chromosomiques	Chromosomes		Fragments acentriques	Cassures chromatidiennes	Délétions chromosomiques
			dicentriques	anneaux			
Durée de concassage	Corrélation =	0,278	<b>0,610</b>	0,148	0,215	0,008	-0,225
	Probabilité p =	0,235	<b>0,004</b>	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 chromatidiennes	Délétions chromosomiques
			dicentriques	anneaux			
Âge (ans)	Corrélation =	<b>0,615</b>	<b>0,511</b>	0,367	0,091	0,414	0,405
	Probabilité p =	<b>0,004</b>	<b>0,021</b>	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 chromatidienne dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin

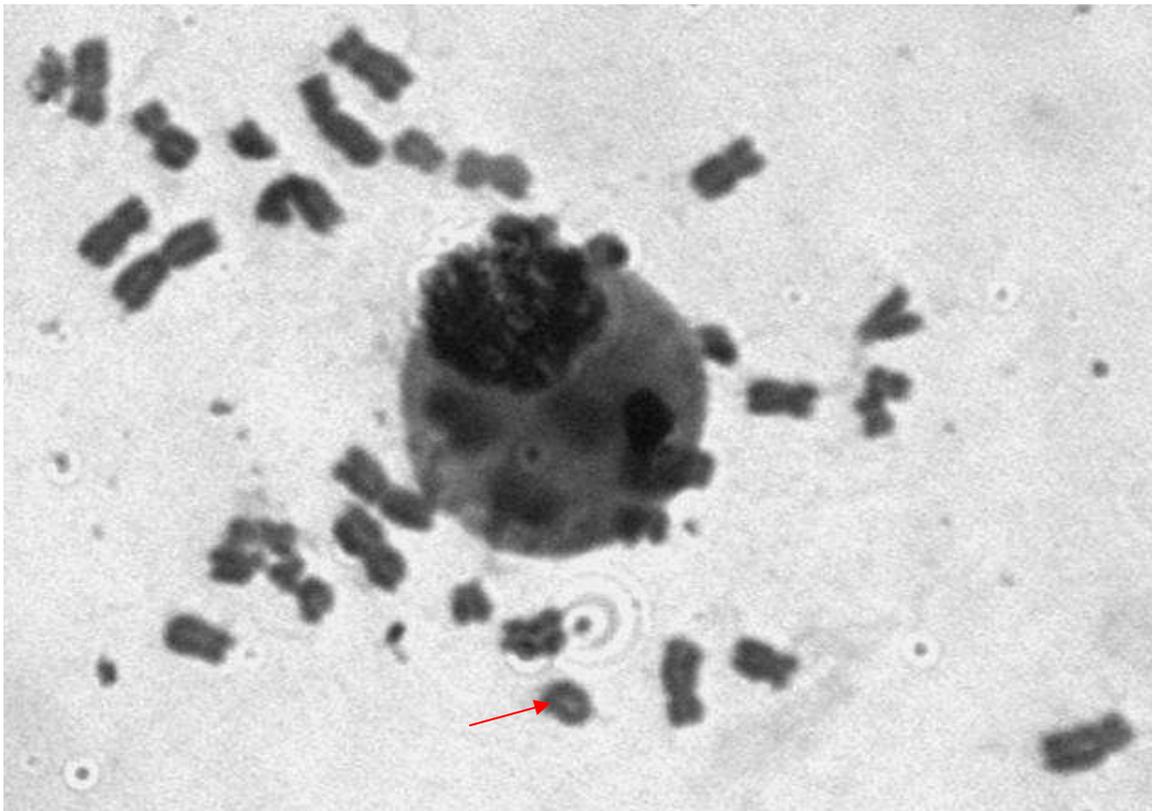
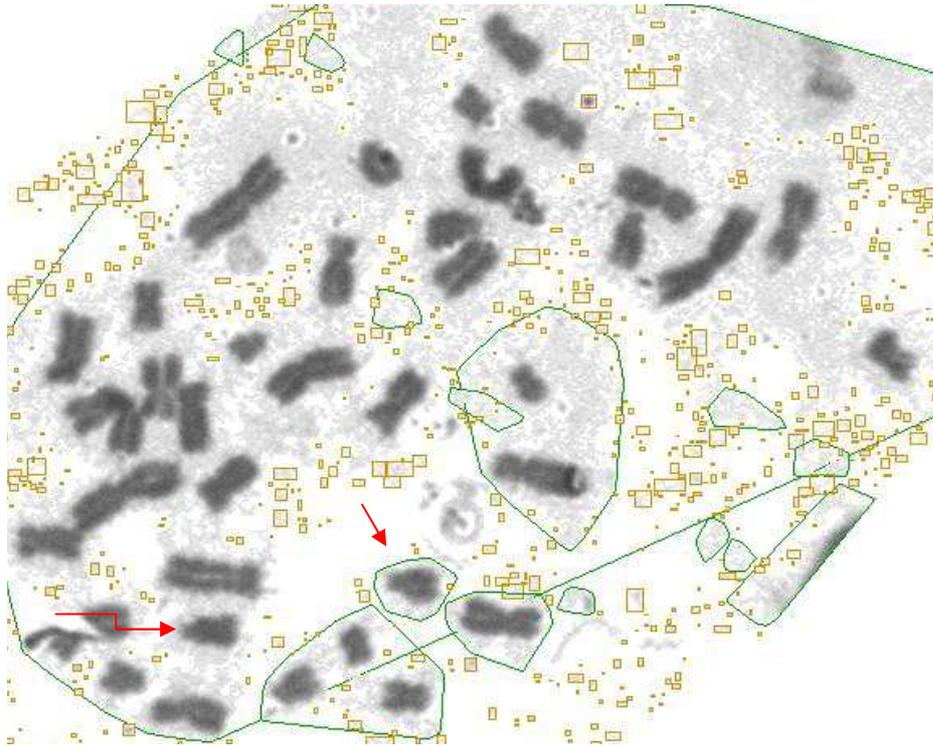


Figure 7. Un chromosome anneau dans les lymphocytes du sang prélevé chez un concasseur manuel de roche granitique au Bénin



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

## **DISCUSSION**

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 ( $\text{SiO}_2$ ) 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 ( $\text{SiO}_2$ ) 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.

Brodoet *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 sclérodémie, 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

L'étude montre une exposition professionnelle des concasseurs de pierres aux nanoparticules de la silice contenue dans la poussière granitique et la formation continue des radicaux libres de silice, à partir des atomes d'hydrogène membranaire des cellules lymphocytaires, responsables des anomalies chromosomiques observées chez les concasseurs de pierres granitiques de la carrière d'Itchédoun à Glazoué. Les résultats obtenus corroborent ceux rapportés par la littérature. Toutefois, en perspective d'autres investigations doivent prendre en compte les échanges de chromatides sœurs (SCE) et les micronoyaux (MN) afin de mieux apprécier les dommages génétiques liés à l'intoxication aux particules de silice. Ainsi, une réponse peut être apportée et donnée à la recrudescence des maladies du sang observées en général dans le centre du Bénin et en particulier dans le département des collines. Les risques d'hémopathies malignes (leucémies) que courent les concasseurs de pierres, peuvent être limités en instaurant le port obligatoire de masque de protection respiratoire de type N<sub>95</sub> et FFP<sub>3</sub>.

## 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. projets humanitaires.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 immuno pathogéniques 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 Exp 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](http://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](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](http://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.