


Filtre à eau céramique




https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Filtre_%C3%A0_eau_c%C3%A9ramique

Dernière modification le 13/03/2023

 Difficulté **Difficile**

 Durée **3 jour(s)**

 Coût **20 EUR (€)**

Description

Un filtre à eau céramique est un système permettant de purifier de l'eau insalubre. Ce tutoriel a pour but pour présenter le fonctionnement et les différentes étapes de construction d'un filtre à eau en céramique à échelle semi-industrielle.

Sommaire

Sommaire

Description

Sommaire

Introduction

Qu'est-ce qu'un filtre à eau céramique ?

Comment élimine-t-il la contamination ?

Historique

Video d'introduction

Étape 1 - Fonctionnement - Rôle des différents matériaux

Étape 2 - Fonctionnement - Efficacité

Étape 3 - Fabrication - Résumé des étapes

Étape 4 - Fabrication - Préparation des matières premières

Étape 5 - Fabrication - Mélange des matières premières

Étape 6 - Fabrication - Former des cubes d'argiles pour la presse

Étape 7 - Fabrication - Presser les cubes d'argiles pour leur donner la forme du filtre

Étape 8 - Fabrication - Finition de surface et marquage/numérotation de chaque filtre

Étape 9 - Fabrication - Séchage des filtres

Étape 10 - Fabrication - Cuisson des filtres dans un four

Étape 11 - Fabrication - Tests de débit de chaque filtre

Étape 12 - Fabrication - Peinture à l'argent colloïdal

Étape 13 - Fabrication - Emballage des filtres

Étape 14 - Utilisation - Entretien - Remplacement

Étape 15 - Etudes de cas

Notes et références

Commentaires

Introduction

En 1990, environ 2,3 milliards de personnes n'ont pas accès à de l'eau potable dans le monde (source: UNICEF - ONU). Aujourd'hui en 2020, 750 000 personnes boivent toujours de l'eau insalubre, en faisant la première cause de mortalité non liée à l'âge dans le monde.

Qu'est-ce qu'un filtre à eau céramique ?

Les céramiques produites localement sont utilisées pour filtrer l'eau depuis des centaines d'années. L'eau est versée dans un pot filtrant en céramique poreuse et est recueillie dans un autre récipient après être passée à travers le pot en céramique. Ce système permet également un stockage sûr jusqu'à ce que l'eau soit utilisée. Les filtres en céramique sont généralement fabriqués à partir d'argile mélangée à un matériau combustible comme de la sciure ou des balles de riz. De l'argent colloïdal est parfois ajouté au mélange d'argile avant la cuisson ou appliqué sur le pot en céramique cuit. L'argent colloïdal est un antibactérien qui contribue à l'inactivation des agents pathogènes, tout en empêchant la croissance des bactéries dans le filtre lui-même.

Comment élimine-t-il la contamination ?

Les agents pathogènes et les éléments en suspension sont éliminés de l'eau par des procédés physiques tels que le piégeage mécanique et l'adsorption. Le contrôle de qualité sur la taille des matières combustibles utilisées dans le mélange d'argile assure que la taille des pores du filtre est suffisamment petite pour empêcher les contaminants de passer par le filtre. L'argent colloïdal facilite le traitement en brisant la membrane des cellules des agents pathogènes, provoquant ainsi leur mort.

Historique

Ce filtre a été développée en 1981 par le Dr Fernando Mazariegos de l'Institut de recherche industrielle d'Amérique centrale (ICAITI) au Guatemala. L'objectif était de rendre l'eau contaminée par des bactéries, sûre pour les plus pauvres en développant un filtre peu coûteux qui pourrait être fabriqué au niveau de la communauté. Le professeur décide de léguer librement ce savoir à l'Humanité, et avec l'ONG Potters for Peace, commence à former des potiers dans le monde entier à produire ces filtres localement. Aujourd'hui 61 usines ont ouvert sur ce modèle, dans 39 pays du monde !

Ce tutoriel présente le fonctionnement et les grandes étapes de fabrication d'un filtre céramique. **Il s'adresse plutôt à des entrepreneurs qu'à des particuliers.** Cette technologie n'est pas appropriée pour être répliquée chez soi (besoin d'un four, de faire des tests sur les matériaux, etc). Si vous êtes intéressés par la création d'une petite usine de la sorte, il vous sera nécessaire de vous former plus amplement.

L'organisation Potters for Peace en partenariat avec le CAWST ou encore l'entreprise Ecofiltro (que nous avons visité au Guatemala) propose ce genre de formations. Tout ce savoir est disponible librement en open-source.



Matériaux

- Sciure de bois
- Argile
- Eau propre : pour le mélange avec l'argile et pour les tests de débit
- Argent colloïdal
- Récipient avec robinet (céramique, plastique, métal)
- Sacs en plastique pour le processus de pressage
- Combustible pour le four

Outils

- Balance
- Mélangeuse : Pour mélanger l'argile, la sciure et l'eau
- Extrudeuse : Pour extruder le mélange d'argile en blocs pour le moulage
- Presse hydraulique équipée de moules mâle et femelle
- Étagères de séchage: Pour faire sécher les pots avant cuisson
- Fours : Pour faire cuire les céramiques
- Bassins + Supports : Pour faire les essais de débit






Étape 1 - Fonctionnement - Rôle des différents matériaux

- **L'argile :**

L'argile constitue le matériau de base de l'élément filtrant de l'eau. Un pot d'argile permet un mouvement extrêmement lent de l'eau à travers les pores naturels qui existent entre les plaquettes d'argile cuite. La taille de ces pores a été mesurée (au microscope électronique) entre 0,6 et 3,0 microns (μm).


Ils sont capables d'éliminer la plupart des bactéries, protozoaires et helminthes (Lantagne, 2001a), ainsi que la saleté ou les sédiments et la matière organique.

L'argile utilisé pour faire de la poterie classique peut convenir à la production de filtres à eau. Toutefois, la conductivité hydraulique et la taille des pores peuvent varier considérablement selon le type d'argile, potentiellement au point de ne pas convenir en ce qui concerne les débits et/ou l'élimination microbiologique (Oyanedel-Craver et Smith, 2008, in Lantagne et al, 2010, [1]). Une forte teneur en sable ou en limon dans l'argile peut réduire les réticulations de l'argile et affaiblir la structure du filtre. D'autre part, une argile trop raffinée (particules plus petites) a une plus grande capacité de rétention d'eau et est donc plus sujette au rétrécissement et à la fissuration lors de la cuisson.

 Comme les caractéristiques de l'argile sont un facteur critique dans le succès ou l'échec de la production de filtres à eau en céramique, il est recommandé d'étudier minutieusement les sources et les types d'argile potentiels avant d'engager des ressources importantes. Retrouvez le document de Potters for Peace détaillant le protocole de test de l'argile dans la partie "Note de Références" [18]

- **Le matériau combustible :**

Des matières organiques " combustibles ", telles que de la **sciure de bois** ou des **balles de riz moulues**, sont ajoutées au mélange d'argile. Lorsqu'il est exposé aux températures élevées du four, le "matériau combustible" brûle, laissant derrière lui des cavités dans l'argile cuite. L'eau se déplace plus facilement dans les cavités que dans les pores de l'argile. Par conséquent, la présence des cavités diminue la distance que l'eau doit parcourir à travers le substrat d'argile, et augmente donc le débit global du filtre.

 Il est important d'effectuer des tests avec vos matériaux. Le rapport entre l'argile et le matériau combustible est important pour établir le débit et donc l'efficacité des filtres.

- **L'argent colloïdal :**

L'argent colloïdal est une solution de nanoparticules d'argent en suspension et d'ions argent. Il est utilisé comme désinfectant naturel dans la médecine depuis de nombreuses années. Bien que les mécanismes exactes de destruction des bactéries ne soit pas encore tout à fait compris, il semble que l'argent colloïdal cause une rupture des parois cellulaires des bactéries puis se lie à leur protéines troublant ainsi leur fonctionnement [2] [3]. Aujourd'hui il est principalement produit par électrolyse.

L'argent appliqué à l'intérieur et à l'extérieur du filtre est absorbé dans les pores de l'argile. Les ions d'argent sont réduits en argent élémentaire et forment des colloïdes à l'intérieur des parois du filtre. L'argent agit comme un biocide contre les bactéries lorsqu'il y a un temps de contact suffisant (=pores pas trop grand).





Étape 2 - Fonctionnement - Efficacité

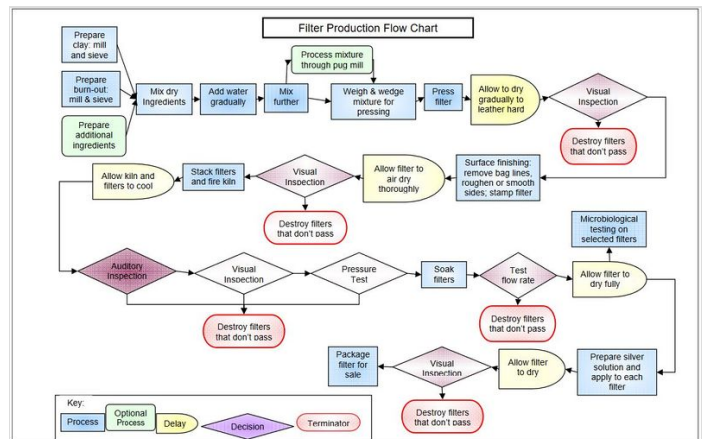
Toutes les valeurs d'efficacité en laboratoire et sur le terrain ont été établies par des essais indépendants, détaillés dans les liens dans la partie "Notes et Références"

Paramètres	Efficacité	Efficacité en laboratoire	Efficacité sur le terrain
Bactéries	Très efficace (> 99 %)	>99% - >99.999% ^{4,5,6,7,8,9,10,11}	96 % ¹¹
Virus	Moyennement efficace (> 80 %)	94-98% ⁵ ; 77-99% ⁷ ; 96% ¹⁰ ; 68-74% ⁴ ; 38-74% ^{4,12, 13}	
Protozoaires	Très efficace (> 99 %)	>99% - >99.999% ^{7,10,12}	
Turbidité		83% ¹⁴ ; 94-98% ¹⁵ ; 99% ¹⁶ ; 98% ¹⁰	
Fer			> 90 % ¹⁶
Couleur	Efficace (> 90 %)	96.3% ⁹	

Étape 3 - Fabrication - Résumé des étapes

Les principales étapes de fabrication d'un filtre en céramique sont listées dans l'ordre, ci-dessous :

1. Préparation des matières premières : poudre d'argile, sciure de bois/balles de riz moulues, eau
2. Mélange des matières premières en une pâte malléable : poudre d'argile, sciure de bois/balles de riz moulues, eau
3. Former des cubes d'argiles pour la presse
4. Presser les cubes d'argiles pour leur donner la forme du filtre
5. Finition de surface et marquage/numérotation de chaque filtre
6. Séchage des filtres - pour retirer l'excès d'eau initial
7. Cuisson des filtres dans un four - pour terminer la déshydratation et la vitrification
8. Tests de débit de chaque filtre - pour validation ou déclassement
9. Peinture à l'argent colloïdal sur les surfaces de chaque filtre validé
10. Emballage des filtres



Étape 4 - Fabrication - Préparation des matières premières

- **Argile:** En fonction de sa provenance, l'argile doit parfois être broyée, tamisée et séchée avant de pour être utilisé.
- **Matériau combustible :** En fonction de sa nature (sciure de bois, balle de riz, etc), le matériau combustible doit être coupé, tamisé, séché et mis en sac.



Étape 5 - Fabrication - Mélange des matières premières

La poudre d'argile et le matériau combustible (sciure de bois, les balles de riz moulues, etc) sont mélangées à sec, puis de l'eau est ajoutée uniformément et bien mélangée pour former une pâte modulable et homogène.

Il est prudent d'assurer un gradient de densité constant dans tout le mélange d'argile pour minimiser les défauts potentiels pendant le processus de cuisson de l'argile (élimination des poches d'air, etc.). Un mélange et une machinerie adéquats sont donc cruciaux.

Proportion utilisée par RDIC:

30 kg de poudre d'argile + 8,9 -10 kg de balles de riz + 12,5 L d'eau



Étape 6 - Fabrication - Former des cubes d'argiles pour la presse

Le mélange d'argile humide peut être formé en cubes manuellement avant d'être pressé. Mais il est fortement conseillé d'utiliser une machine pour comprimer et extruder le mélange d'argile en cubes. L'extrudeuse est similaire à celles utilisées pour extruder des briques d'argile, mais l'ouverture de la sortie est plus grande pour permettre d'obtenir la taille requise du cube d'argile pour le pressage.

Les cubes d'argiles souhaités doivent peser environ 8kg. On découpe un cube de la longueur équivalente et on le transfère vers la presse.

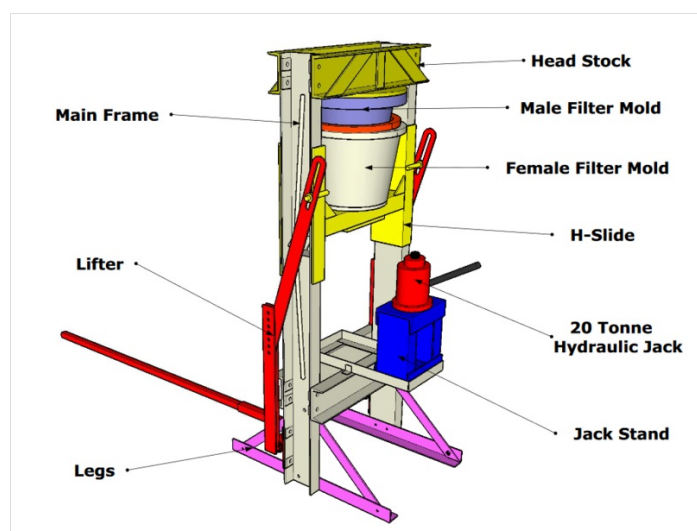


Étape 7 - Fabrication - Presser les cubes d'argiles pour leur donner la forme du filtre

L'utilisation d'une presse hydraulique réduit considérablement les besoins en main-d'œuvre du processus et augmente considérablement l'efficacité et la consistance du produit. Les filtres sont pressés entre un moule mâle et un moule femelle qui sont recouverts de sacs en plastique pour éviter qu'ils ne collent. La presse hydraulique comprend une plaque fixe dans le moule inférieur qui pousse le moule pressé vers l'extérieur lorsque le moule s'ouvre.

Cette presse fut originalement développée et construite par les équipes de Potters for Peace :

- Les plans sont disponibles en open-source [19]
- Un document décrit la fabrication artisanale d'une presse hydraulique [17]



Étape 8 - Fabrication - Finition de surface et marquage/numérotation de chaque filtre

Une finition de surface minimale est nécessaire après le moulage, mais elle est effectuée pour garantir la solidité du rebord et l'uniformité de la surface. Les filtres sont étiquetés pour indiquer la date de pressage, le lot et le numéro du filtre.

- Utiliser un grattoir en plastique pour lisser les contours de la bordure.
- Marquez chaque filtre avec une date, un numéro de série et le nom du fabricant en utilisant un "tampon" métallique. Une base de données peut ensuite être utilisée pour le suivi des filtres.



Étape 9 - Fabrication - Séchage des filtres

Le séchage des filtres permet d'éliminer l'excès d'eau en vue de la cuisson dans le four. Si l'eau n'est pas éliminée avant la cuisson, elle se réchauffera, s'évaporerait et se dilaterait, provoquant la fissuration du filtre. À la fin du processus de cuisson, les éléments filtrants auront perdu plus de 3 kg d'eau par rapport à leur première pression.

Déshydratation : le séchage initial des filtres se fait sur des étagères de séchage à l'air libre. Idéalement dans un endroit chaud et doté d'une bonne aération. Après cette période de séchage initial, les filtres peuvent conserver leur forme mais ne sont pas solides et restent solubles dans l'eau.

i La période de séchage est à déterminer et à adapter en fonction de l'humidité ambiante de votre région Ex: Au Cambodge, 7-15 jours pendant la saison sèche, 15-18 jours pendant la saison humide.

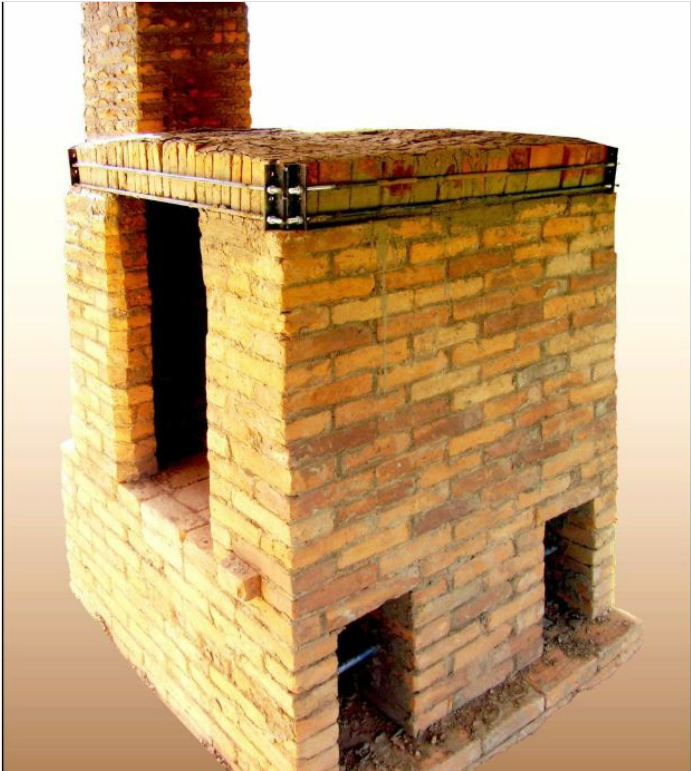


Étape 10 - Fabrication - Cuisson des filtres dans un four

- Le processus de cuisson, se fait au départ à une faible température d'environ 100°C pendant 2 heures. Cela permet d'éliminer l'excès d'eau restant.
- Enfin, on augmente progressivement la température jusqu'à des températures élevées. A 866 °C, l'argile se vitrifie lorsque les molécules de silice et d'alumine fondent et se lient pour former un nouveau minéral aux structures fibreuses en forme d'aiguilles. L'argile vitrifiée est dure, résistante au stress et ne change pas de forme lorsqu'on y ajoute de l'eau. Après la vitrification, l'argile a une nouvelle structure chimique et ne peut pas être réduite en poudre et réutilisée comme poussière d'argile.
- On laisse cuire à 900°C pendant 9h.

On peut utiliser différents type de fours et différents type de combustibles (bois, gaz, etc). Potters for Peace a créé 2 documents pour apprendre à construire un four en terre traditionnel "Mani Kiln"[20] [21]





Étape 11 - Fabrication - Tests de débit de chaque filtre

Le contrôle du débit est une étape importante de l'assurance qualité qui indique la vitesse à laquelle l'eau s'écoule à travers le filtre. Une fois que la formule et le processus de production de l'argile ont été établis, le test de débit est effectué sur CHAQUE filtre produit afin de s'assurer de sa viabilité.

Un filtre passe le contrôle si son débit est compris en 1,5-3L par heure. Sinon, il est déclassé et devra être détruit.

- Un débit élevé est un indicateur de fissures ou d'imperfections dans le filtre qui pourraient réduire l'efficacité de la filtration et ne pas éliminer les bactéries, parasites et autres impuretés nécessaires. En outre, un débit élevé réduit le temps d'exposition de l'eau filtrée à la solution d'argent, réduisant ainsi la capacité à tuer les bactéries présentes dans l'eau.
- Un débit trop faible peut s'avérer peu pratique pour les ménages qui pourraient choisir de ne plus utiliser le filtre et donc de gaspiller leur investissement et de mettre leur santé en danger.
- On remplit chaque filtre d'eau et l'on mesure le niveau d'eau atteint au bout d'un certain temps.



Étape 12 - Fabrication - Peinture à l'argent colloïdal

L'argent est reconnu pour sa capacité à tuer les microorganismes. L'argent colloïdal a été utilisé dans les hôpitaux et les cliniques comme agent antimicrobien pour les coupures, les brûlures et pour prévenir les infections oculaires chez les nouveau-nés (Lantagne, 2001) et pour désinfecter l'eau potable et les piscines (Russell, 1994, dans Lantagne, 2001). L'argent est utilisé par la NASA pour purifier l'eau des vols spatiaux (NASA CASI, 2007).

⚠ Manipuler les solutions d'argent en sécurité. Une absorption importante est toxique et peut donner des maladies telles que l'argyrie.



- Préparer votre solution d'argent colloïdal en fonction de la concentration et de la forme de votre argent.

Par exemple, le manuel RDIC décrit :

- Ajouter 100 g de cristaux d'AgNO₃ (le RDIC achète de l'AgNO₃ cristallin d'une pureté d'environ 99,8%) à 500 ml d'eau déionisée et bien mélanger
- Ajouter 1000 ml d'eau déionisée à la solution et mélanger pendant 1 minute.
- Stocker cette solution concentrée d'argent dans un récipient en plastique résistant à la lumière.
- Pour constituer la solution d'argent, prendre 100 ml de la solution concentrée d'argent et les placer dans un récipient résistant à la lumière. Ajoutez 18 litres d'eau distillée et mélangez. 18,1 L donnent une solution suffisante pour environ 60 filtres. (Note : Les conteneurs doivent être maintenus fermés car l'argent dans la solution s'oxyde lorsqu'il est exposé à l'air.)
- ~ 47 mg ou environ 200 ml de solution sont appliqués à l'intérieur du filtre à l'aide d'un pinceau.
- ~ 23 mg ou 100 ml de solution sont appliqués à l'extérieur du filtre
- Laisser les filtres sécher pendant quelques heures.

Étape 13 - Fabrication - Emballage des filtres

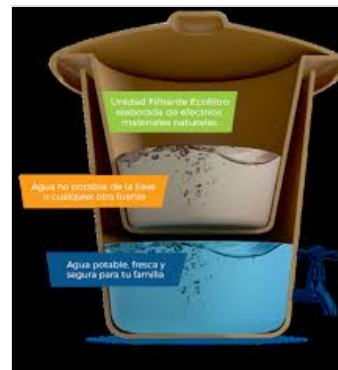
Chaque filtre est associé à un récipient muni d'un robinet. Il peut exister des récipients de différents matériaux (plastique, céramique, verre, inox). L'emballage s'effectue de manière à bien protéger le contenu du carton pendant son transport.



Étape 14 - Utilisation - Entretien - Remplacement

Il est important de distribuer ces filtres avec de bons manuels d'instructions détaillant son utilisation, son entretien et le remplacement des filtres.

- Fonctionnement et entretien : L'utilisateur verse de l'eau dans le filtre. L'eau se déplace lentement à travers le pot en céramique par gravité; elle est ensuite recueillie dans un réservoir de conservation hygiénique. Les utilisateurs ont accès à l'eau traitée grâce à un robinet.
- Entretien: Le réservoir inférieur, le robinet et le couvercle doivent être nettoyés régulièrement. Le pot en céramique doit être nettoyé tous les 6 mois avec un chiffon ou une brosse douce, en prenant soin de ne pas toucher le fond du pot avec quoi que ce soit qui pourrait être contaminé.
- Remplacement : Les pots en céramique doivent être remplacés tous les 2-3 ans, ou plus tôt si des fissures visibles apparaissent.



Étape 15 - Etudes de cas

Si vous êtes intéressés par cette technologie et souhaitez vous renseigner plus en détail sur la mise en place d'une usine localement, nous vous invitons à consulter ces études des cas proposés par le CAWST :

- Implementation Case Study: Ceramic Pot Filters, Cambodia
- Implementation Case Study: Ceramic Pot Filters, Myanmar
- Ceramic Pot Filter Production China: JiaRun
- Best Practice Recommendations for Local Manufacturing of Ceramic Pot Filters for Household Water Treatment

Notes et références

Ce tutoriel a été rédigé par Guénolé Conrad suite à la visite de l'usine Ecofiltro au Guatemala en novembre 2020 à l'occasion d'une escale de l'expédition Nomade des Mers.

Ce tutoriel est largement inspiré de la documentation open-source proposée par RDIC, CAWST et Potters for Peace. Certaines photos de ces tutoriels ont été utilisées.

Une vidéo présentant le procédé de fabrication de l'usine JiaRun en Chine: <https://www.youtube.com/watch?v=ShMGUaARkqQ>

1. Lantagne, D., Klarman, M., Mayer, A., Preston, K., Napotnik, J., Jellison, K. (2010). Effect of production variables on microbiological removal in locally-produced ceramic filters for household water treatment. International Journal of environment Health Research.
2. Latagne, D. (2001) Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter
3. Effet de l'argent colloidal comme désinfectant: Ehdaie Beeta, Su Yi-Hsuan, Swami Nathan S., Smith James A., ; (2020) Protozoa and Virus Disinfection by Silver- and Copper-Embedded Ceramic Tablets for Water Purification
4. Morphology, composition and performance of a ceramic filter for household water treatment in Indonesia.
5. Microbiological effectiveness of locally produced ceramic filters for drinking water treatment in Cambodia.
6. Effect of production variables on microbiological removal in locally-produced ceramic filters for household water treatment..
7. Ceramic silver-impregnated pot filters for household drinking water treatment in developing countries: material characterization and performance study.
8. Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica.
9. Long-term evaluation of the performance of four point-of-use water filters.
10. Removal of virus to protozoan sized particles in point-of-use ceramic water filters.
11. Local Drinking Water Filters Reduce Diarrheal Disease in Cambodia: A Randomized, Controlled Trial of the Ceramic Water Purifier.
12. Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter Report 1: Intrinsic Effectiveness.
13. Virus removal efficiency of Cambodian ceramic pot water purifiers.
14. Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter Report 2: Field Investigations.
15. Removal of waterborne bacteria from surface water and groundwater by cost-effective household water treatment systems (HWTS): A sustainable solution for improving water quality in rural communities of Africa.
16. Appropriate Microbial Indicator Tests for Drinking Water in Developing Countries and Assessment of Ceramic Water Filters.
17. Ebele A. Erhuanga, Isah Bolaji Kashim, Tolulope L. Akinbogun, Olusegun A. Fatuyi, Isiaka A. Amoo and Daniel J. Arotupin ; Manufacturing a Ceramic Water Filter Press for Use in Nigeria
18. Potters For Peace ; Clay Testing Protocol for Ceramic Water Filters
19. Potters for Peace ; Plans for a Filter Press
20. Potters for Peace; How to build a Mani Kiln
21. Potters for Peace; Air flow of a Mani Kiln