BritishRedCross

Pratique 8

Dispositifs de refroidissement par évaporation







Photos de différents types de dispositifs de refroidissement utilisés au Sahel- ©World Vegetable Center- D-Lab, Mali-
Rapport d'evaluation : Evaporative cooling technologies for improved vegetable storage in Mali -2018

Résumé de l'activité

Les systèmes de refroidissement et de stockage innovants, utilisant des principes de refroidissement par évaporation, aussi connu sous le nom de **refroidissement adiabatique**, offrent une solution prometteuse aux défis auxquels sont confrontées les communautés rurales, en particulier dans les régions où l'accès à l'électricité est limité ou inexistant. Voici une explication simplifiée de ces systèmes :

1. Réfrigérateur "pot-dans-pot" en argile
Deux jarres de diamètres différents sont emboîtées : la plus petite se loge dans la plus grande et l'espace intermédiaire est comblé de sable humidifié. L'évaporation de l'eau contenue dans le sable absorbe la chaleur du récipient interne et abaisse la température des aliments qu'il contient. Le système est économique, facile à fabriquer et ne requiert que des matériaux locaux.

2. Refroidisseur à coussin évaporatif
Des fibres végétales (palmier doum, laine de bois, toile de jute, etc.) sont humidifiées puis disposées autour ou au-dessus de la zone de stockage. L'eau qui s'en échappe par évaporation extrait la chaleur, créant ainsi un environnement frais.

Ces méthodes sont particulièrement utiles pour les petits agriculteurs et les communautés rurales car elles :



Limitent ou suppriment le recours à l'électricité et aux combustibles fossiles.



Allongent la durée de conservation des fruits et légumes, réduisant les pertes post-récolte.



Peu coûteux ; Réalisables à partir de matériaux facilement disponibles localement



Renforcent la sécurité alimentaire en préservant la qualité et la disponibilité des denrées.

1 . Considérations vertes et climato-intelligentes.

Cette pratique représente une **adaptation éventuelle** aux conditions arides et sèches dans les pays sahéliens, et leur possible aggravation due au changement climatique.

Les projections climatiques annoncent une augmentation notable du nombre de jours où les températures dépasseront les 35°C au Sahel. Dans ce contexte, le recours à des solutions de refroidissement passif, comme le système par évaporation, offre une alternative écologique aux réfrigérateurs conventionnels, souvent énergivores et générateurs d'émissions.



Mitigation de l'empreinte carbone

Comparé à un réfrigérateur conventionnel qui peut contribuer à l'empreinte carbone, le système décrit ici offre une alternative respectueuse de l'environnement. Les avantages environnementaux de ces systèmes sont :

- **Réduction de la consommation énergétique :** fonctionne sans électricité et donc limite le recours aux réfrigérateurs conventionnels et à l'énergie fossile associée,
- **Bilan carbone quasi nul :** repose sur l'évaporation naturelle, sans émission de gaz à effet de serre ni utilisation de fluides réfrigérants,
- **Alternative durable aux équipements classiques :** évite l'usage de réfrigérateurs classiques, souvent plus énergivores et générateurs d'empreinte carbone.
- **Renforcement de la résilience alimentaire :** prolonge la durée de conservation des produits agricoles, réduisant les pertes post-récolte, en particulier pour les petits producteurs.



Climat et efficacité du procédé

Le Sahel offre un climat chaud et sec pendant la majeure partie de l'année (jusqu'à **40°C**, humidité < **30 %**), conditions idéales pour le refroidissement par évaporation.

Pendant la saison des pluies, l'humidité augmente et peut dépasser **60%** à **70%**, ce qui réduit fortement l'efficacité, réduisant l'efficacité du système. Il faudra alors placer les dispositifs à l'ombre, des zones bien ventilées, ou favoriser l'aération nocturne



Gestion de l'eau

L'évaporation consomme plusieurs centaines de litres d'eau par jour, cependant l'eau utilisée n'a pas besoin d'être potable, cela peut être :

- de l'eau de pluie récupérée.
- des eaux sales récupérées et filtrées à partir de la lessive ou du bain
- des eaux récupérées de la condensation matinale pour réhumidifier le sable.

Pour réduire la consommation d'eau il convient d'utiliser des pots à parois épaisses et des couvercles respirants.

Matériaux et empreinte écologique

L'empreinte carbone de ces dispositifs reste dérisoire car ils sont fabriqués à partir de matériaux locaux, biodégradables et sans réfrigérants chimiques, par exemple :

- des jarres en argile.
- des fibres de palmier doum
- de la toile de jute.

Seule la cuisson des jarres consomme de l'énergie. Cependant il est possible de réduire cette consommation d'énergie :

- en utilisant des fours à biomasse améliorés (biochar) ou solaires,
- en recyclant des pots cassés après avoir broyé l'argile pour de nouveaux moules,
- en protégeant et replantant les palmiers utilisés pour la fibre (évite que la demande locale ne mène à la surexploitation).

Co-bénéfices écologiques et économiques : Ces solutions procurent des bénéfices écologiques supplémentaires : elles suppriment la consommation d'électricité, évitent les fluides frigorigènes à fort pouvoir de réchauffement, et réduisent les pertes post-récolte. En valorisant ces co-bénéfices — par exemple via de petits **crédits carbones agricoles ou des subventions « vertes »** — on peut faciliter leur diffusion à grande échelle.

2 . Populations cibles

Les techniques de refroidissement adiabatique, comme les systèmes de pots en argile et les coussins de refroidissement par évaporation, sont utiles **tant dans les milieux ruraux qu'urbains** pour conserver la fraîcheur des aliments sans électricité.

Dans certaines cultures, les caves ou les garde-manger frais étaient utilisés pour stocker les aliments dans un environnement plus frais. Bien que ces méthodes soient efficaces, elles nécessitent un espace spécifique et ne sont pas aussi modulables que les systèmes décrits ici.

Certaines communautés utilisent des puits ou des rivières pour garder les aliments au frais. Cependant, cette méthode dépend de la proximité d'une source d'eau et pose des risques de contamination.

Dès lors les systèmes à refroidissement par l'évaporation trouveront leur place dans les communautés qui cherchent à prolonger la durée de conservation des aliments mais qui sont dépourvus de ces méthodes traditionnelles, et n'ont pas l'accès à la technologie moderne combinée avec l'électricité.

La pratique est adaptée aux **milieux ruraux, que ça soit pastoral, agro-pastoral ou agro-sédentaire, aux groupements des producteurs agricoles, ou aux ménages** qui n'ont pas d'autres façons de conserver leurs légumes ou fruits.

Elles bénéficient aux **agriculteurs, aux petits commerces, aux ménages, et même aux écoles**, offrant une solution écologique et économique pour réduire les pertes alimentaires et améliorer la sécurité alimentaire.

A noter que la fabrication et la vente des pots en argile peut être **une intéressante source de revenus.**



Un groupe de potiers devant leur four à poterie **©World Vegetable Center, D-Lab, Mali**

Il est important à noter que l'efficacité de ces systèmes est grandement influencée par les conditions climatiques, et dans les régions froides ou les climats à forte humidité, leur performance peut être diminuée.

3 . Conditions préalables

Il n'existe aucune restriction ou condition spécifique pour adopter cette pratique.

En complément des activités présentées dans le chapitre «Les activités préparatoires communes à toutes les pratiques», il est recommandé d'effectuer une **étude de faisabilité**, qui devra inclure :

- Une étude afin de vérifier la **disponibilité des matériaux locaux** pour la fabrication.
- **Identifier les risques majeurs** liés au projet, évaluer la probabilité de leur occurrence, leur impact potentiel, et définir des stratégies d'atténuation.
- **Évaluer la rentabilité et la viabilité du projet** à travers des prévisions de revenus et de dépenses réalistes, tout en considérant les obstacles à l'entrée sur le marché, tels que la concurrence, le manque de compétences ou de capital, ou les difficultés à établir des relations avec les fournisseurs s'ils sont prévus dans le plan.

De manière complémentaire à l'étude de marché, il est essentiel de prendre en considération les coûts des équipements et du matériel afin de recalculer les besoins en investissement ainsi que les coûts de production et les profits potentiels.



Collecte de données par du staff et des volontaires du Croissant Rouge Mauritanien, Maghtal-Lahjar **©FICR, Naziha El Moussaoui**

4 . Travail avec les communautés

En plus des activités décrites dans le **chapitre «Les activités préparatoires communes à toutes les pratiques»**, aucune activité spécifique additionnelle n'est requise avec les communautés.



©Ismaïla Fall (Ismael)

5 . Description du processus de mise en œuvre

Il existe plusieurs systèmes, qui sont déjà présents et utilisés dans plusieurs pays du Sahel. Ici, **trois (3) types de dispositifs seront décrits :**

- Une **chambre de refroidissement par évaporation (ECC)**[1], également connue sous le nom de «chambre de refroidissement à énergie zéro **(ZECC)**[2]» assez élaborée mais construite avec des matériaux disponibles localement : briques, bois, couvercle en herbe sèche, sable.
- Des refroidisseurs à pot en argile, également connus sous le nom de **«Zeer pots**[3]**» ou « refroidisseurs du désert ».**
- Un autre système, encore plus simple, utilise un coussin de refroidissement par évaporation fabriqué à partir **de fibres de Palmier doum** (*Hyphaene Thebaica*) ou de **fibres de laine de bois**» (souvent issues de résineux comme le pin ou l'épicéa).

5.1 Chambre de refroidissement par évaporation (ECC)

Traduit et adaptée de **'Evaporative Cooling Chambers'**

L'ECC en briques a été initialement développé en Inde par Susanta K. Roy et D.S. Khuridiya au début des années 1980 afin de remédier aux pertes post-récolte de fruits et légumes, en particulier dans les zones rurales où l'électricité est inexistante[4]. La conception de l'ECC de Roy et Khuridiya est composée d'une structure à double mur de briques, soutenue par une couche de base en briques et recouverte d'un tapis de paille.

L'espace entre les deux murs de briques est rempli de sable, qui retient l'eau ajoutée.

L'ECC doit être ensuite placée dans un endroit ombragé, ou un abri, d'une surface de 2mx1,5m.



[1]ECC – abréviation anglaise de 'Evaporative Cooling Chambers'

[2]ZECC – abbreviation anglaise: 'Zero Energy Cooling Chambers'

[3]« Zeer pot » : combinaison du mot arabe « zeer » qui désigne une jarre en argile utilisée traditionnellement pour stocker de l'eau ou des aliments et de l'anglais « pot » qui veut dire bocal ou récipient.

[4]Roy, S. K., & Khurdiya, D. S. (1985). Zero Energy Cool Chamber (Vol. 43). India Agricultural Research Institute: New Delhi, India. Research Bulletin.



Une chambre de refroidissement par évaporation (ECC) construite en briques avec un couvercle en herbe sèche et en bois. Les légumes sont disposés dans des caisses et posés à l'intérieur. @World Vegetable Center, D-Lab, Mali

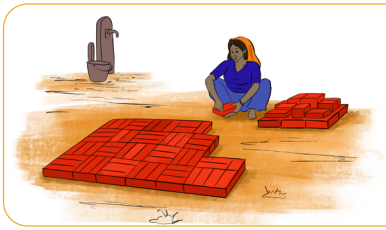


Une chambre de refroidissement par évaporation (ECC) sous un abri ombragé fait de bois, de paille et de plastique. @World Vegetable Center, D-Lab, Mali

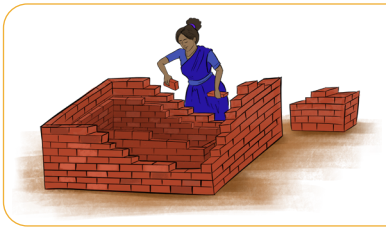
En raison de leur taille relativement grande, ces chambres de refroidissement peuvent généralement être utilisées par les grands producteurs ou les groupes communautaires comptant jusqu'à 50 membres.

Tableau 1[5] : Etapes de construction d'une chambre de refroidissement par évaporation

Illustration ©Ismaila Fall (isomael)



1 . Le premier pas est de faire, dans un endroit plat et bien nivelé, une fondation d'environ 2,15m x 1,50m avec des briques. Les dimensions peuvent varier en fonction du volume de stockage nécessaire



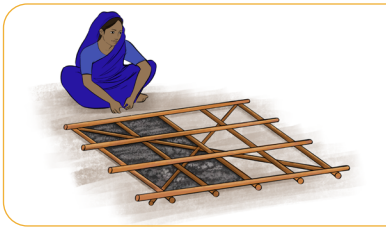
2 . Ensuite, il faut monter la double paroi à une hauteur approximative de 80cm en laissant une cavité de 7,5cm de large entre les parois.



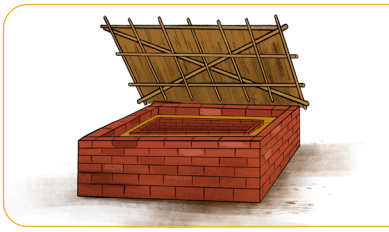
3 . Subséquemment, il faut mouiller les parois de la chambre avec de l'eau.



4 . Remplir la cavité entre les deux parois avec du sable, de préférence de rivière, humide.



5 . Par la suite, fabriquer un cadre en bois de la même taille que la fondation (2,15m x 1,50m), le recouvrir avec de la paille, de l'herbe sèche ou un sac en toile de jute; et le fixer avec de la corde ou de la ficelle.



6 . Placer le couvercle en haut de la structure, pour recouvrir la chambre et afin de garder l'air frais à l'intérieur.



7 . Stockez vos produits dans des paniers dans la chambre. Les paniers contenant les produits peuvent être disposées les unes au-dessus des autres.

[5]Roy, S. K., & Khurdiya, D. S. (1985). Zero Energy Cool Chamber (Vol. 43). India Agricultural Research Institute: New Delhi, India. Research Bulletin. https://energypedia.info/wiki/Evaporative_cooling_chamber.



8 . Recouvrez les avec de la paille ou une bâche, pour maintenir la fraicheur.

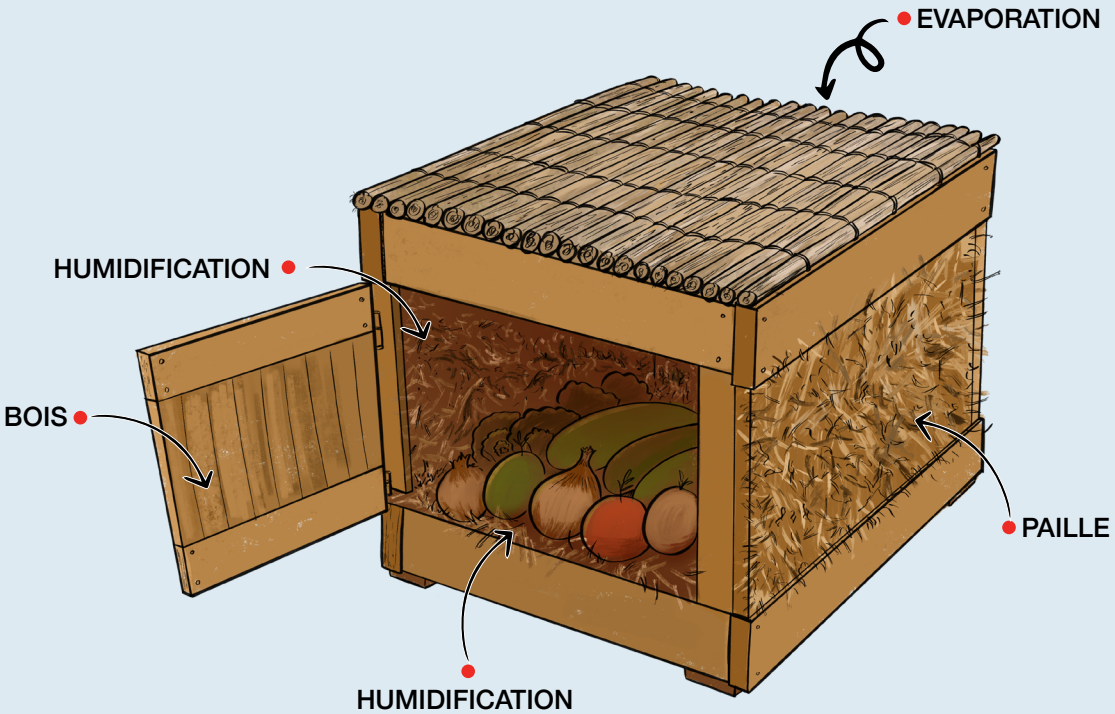


9 . Si la chambre de refroidissement par évaporation n'est pas construite dans une zone bien ombragée, un abri doit être construit pour fournir de l'ombre.

10 . Il est important de maintenir les murs humides, en les aspergeant avec de l'eau plusieurs fois par jour.

Une autre conception de chambre de refroidissement par évaporation est basée sur l'utilisation de bois et de paille.

Le processus de construction commence par la construction d'une boîte faite de planches de bois assemblées. De la paille sèche qui va servir d'isolant naturel, entoure toutes les parois de la boîte, intérieur et extérieur, sauf le dessus de la boîte qui est recouvert d'une natte ou de roseaux qu'on garde humide pour favoriser l'évaporation et donc le refroidissement naturel. Une petite porte latérale ou une planche qui s'enlève et qui se remet permet d' accéder aux aliments stockés à l' intérieur. La boîte est ensuite maintenue dans un endroit à l'ombre.



©Ismaila Fall (Isomael)

5.2 Refroidisseurs ou « Zeer pots »

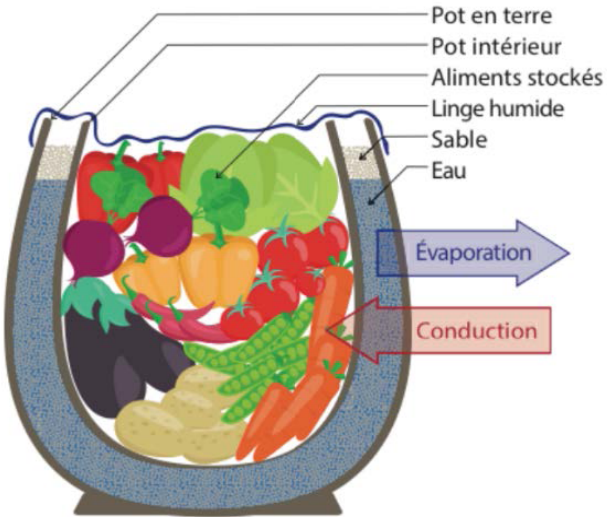
Le Zeer Pot est un système de refroidissement par évaporation simple et ingénieux, basé sur l'utilisation de deux pots en argile de tailles différentes. Ce dispositif existe depuis l'antiquité car de traces ont été découvertes dans la vallée de l'Indus (Inde/Pakistan) ainsi que reliées à l'Empire Égyptien. Il est particulièrement adapté aux ménages ruraux en raison de sa facilité de fabrication, de sa taille compacte et de son fonctionnement sans électricité.

Principe de fonctionnement :

Un petit pot en terre cuite est placé à l'intérieur d'un pot plus grand.
L'espace entre les deux pots est rempli de sable fin humide, qui retient l'eau.
L'évaporation de cette eau absorbe la chaleur, ce qui refroidit le contenu du pot intérieur.



Le fond du pot extérieur est rempli de sable. Le pot en argile intérieur est placé dans le pot extérieur. L'espace entre les pots est rempli de sable
@World Vegetable Center, D-Lab, Mali



Source : https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/frigo-desert.xml

Le sable humide joue un rôle crucial dans le mécanisme de refroidissement du Zeer Pot.

Lorsqu'il est humidifié, l'eau qu'il contient s'évapore lentement à travers les parois poreuses du pot extérieur en argile.

Ce processus extrait la chaleur de l'intérieur du pot intérieur, réduisant ainsi sa température.

Matériaux nécessaires pour fabriquer un Zeer Pot :

- **Deux pots en terre cuite :**
  Le pot intérieur doit être assez grand pour contenir les aliments.
  Le pot extérieur doit être suffisamment large pour laisser un espace de 2 à 3 cm tout autour du pot intérieur.
- **Sable fin :**
  Il sert à remplir l'espace entre les deux pots.
  Il doit être humidifié régulièrement pour maintenir l'effet de refroidissement.
  Il doit être fin pour retenir l'eau et faciliter l'évaporation.
- **Couvercle en argile ou tissu humide :**
  Utilisé pour couvrir le pot intérieur.
  Il aide à conserver l'humidité et à améliorer l'efficacité du refroidissement.
- **Eau :**
  Nécessaire pour garder le sable et le tissu humide.
  L'humidification doit être maintenue régulièrement.
- **Emplacement ombragé :**
  Le Zeer Pot doit être placé à l'ombre pour maximiser son efficacité.

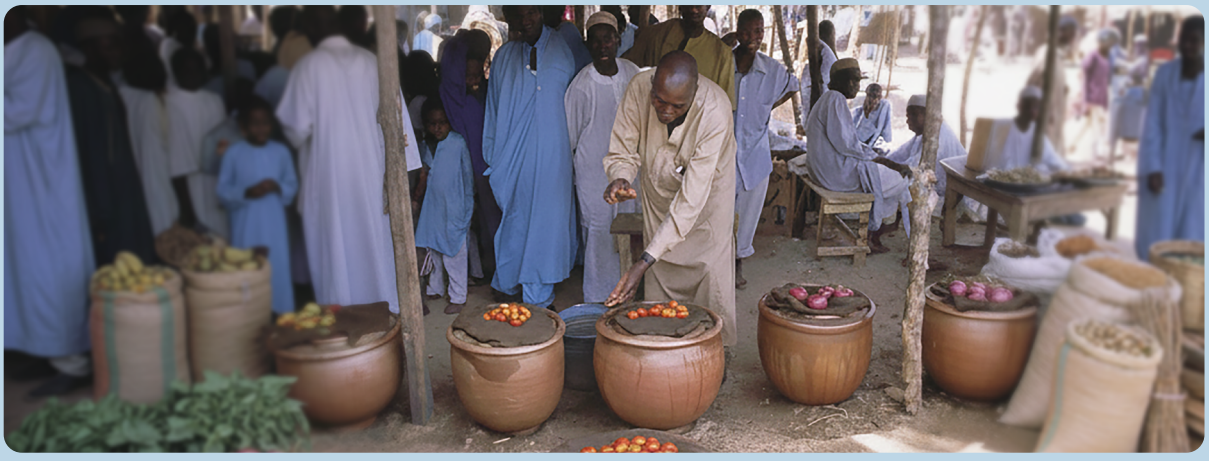


Zeer Pot , Brown, J. 2010, Photo publiée dans Campbell, Angus & Tofas, Natalia & Malan, Naude. (2014). Food Storage System



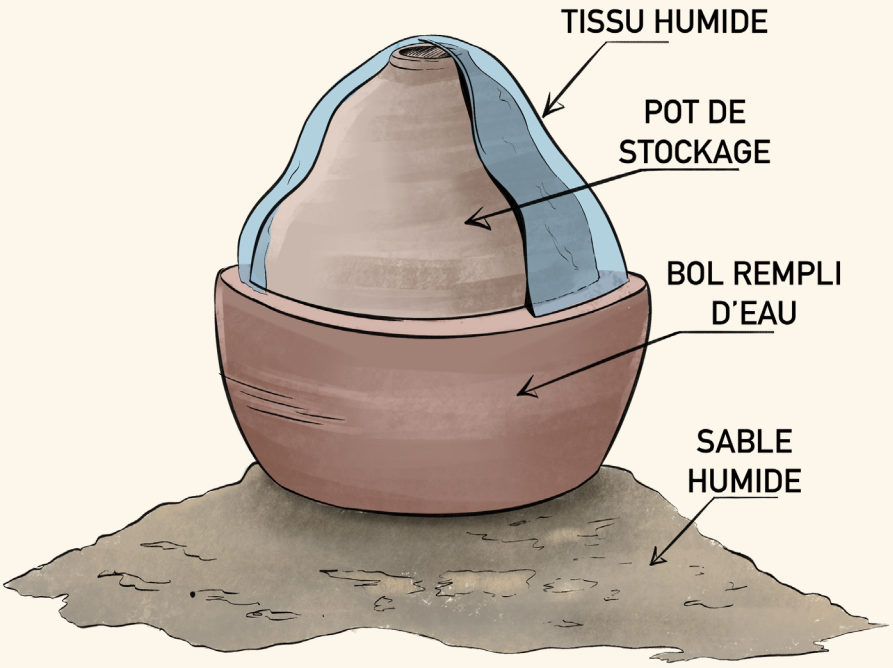
Canari frigo ou Zeer-pot ; deux pots séparés par du sable, et fruits au milieu, @Peter Rinker – Travail personnel, CC BY-SA 3.0

Les Zeer pot sont bien adaptés pour 'les glacières' portables, lors de déplacements vers les marchés, par exemple. Dans ces cas-là, on peut même utiliser un containeur en plastique rigide au lieu de terre cuite – ça allègera le poids de charge à transporter.



"L'utilisation de zeer pot dans un marché au Nigeria", septembre 2017, @scinotech.blogspot.com

Les conceptions alternatives du Zeer Pot



©Ismaila Fall (Isomael)

Il existe plusieurs variantes du Zeer Pot, simples et accessibles, que tout ménage peut reproduire facilement. Pour en fabriquer un, il suffit de se munir :

- d'un pot en terre cuite,
- d'un récipient en plastique (de taille légèrement supérieure) - ou inversement,
- de sable fin,
- de l'eau,
- et d'un tissu épais et humide pour couvrir le tout.



Refroidisseur fabriqué avec **un bol en terre cuite qui contient le sable et un pot de stockage en plastique** qui contient les légumes. Le tout est recouvert par un tissu épais et humide.



Refroidisseur fabriqué avec **un bol en plastique qui contient le sable et un pot de stockage en terre cuite** qui contient les légumes. Le tout est recouvert par un tissu épais et humide.

Photos et dessin extraits de : *Verploegen, E.; Sanogo, O.; & Chagomoka, T. (2018) "Evaporative Cooling Technologies for Improved Vegetable Storage in Mali" http://d-lab.mit.edu/resources/projects/evaporative-cooling et de Neil Noble, CC BY 4.0, http://answers.practicalaction.org/our-resources/item/evaporative-cooling, Accessed June 1, 2018*

5.3 Système utilisant un coussin de refroidissement par évaporation

Ce système, bien que moins performant que d'autres dispositifs plus complexes, est extrêmement simple à mettre en œuvre et parfaitement adapté à la conservation de petites quantités de fruits et légumes à domicile ou sur le marché.



©Ismaila Fall (isomael)

Matériaux utilisés :

- Un récipient en terre cuite (pot ou jarre),
- Un coussin de refroidissement fabriqué à partir de :
  - fibres de palmier doum (Hyphaene thebaica), ou
  - fibres de laine de bois,
- Une ficelle pour fixer le coussin autour du récipient,
- De l'eau pour maintenir le coussin humide.

Mode d'emploi :

- Envelopper le récipient en terre cuite avec le coussin épais de fibres végétales.
- Fixer solidement cette nappe à l'aide d'une ficelle.
- Humidifier abondamment le coussin avec de l'eau.
- Maintenir le coussin constamment humide pour assurer un effet de refroidissement continu.



©Ismaila Fall (isomael)

Astuce : Si les fibres spécifiques ne sont pas disponibles, on peut tout simplement utiliser un **sac de jute humide comme alternative.**

6. Ressources nécessaires

Coûts approximatifs et matériels

Chambre de refroidissement par évaporation (ECC)

La taille d'une Chambre de refroidissement par évaporation peut être choisie pour répondre à un éventail de besoins de stockage des utilisateurs, et donc le coût va varier considérablement en fonction de la taille souhaitée et du coût local des matériaux.

Il est donc important de choisir une taille appropriée en fonction des besoins, afin d'éviter de sur-construire et de dépenser plus d'argent qu'il n'en faut.



Comme signalé déjà plus haut, ces systèmes sont en général fabriqués à partir de matériaux disponibles localement, notamment des briques, du sable, du bois, de la paille, des sacs en toile de jute ou de jute et de la ficelle.

Prix de détail suggéré par 'Engineering for change[6]' est de l'ordre de **100-125 USD pour ce modèle.**

Modèle ECC, World Vegetable Center, D-Lab, Mali

Liste des matériaux et les outils nécessaires pour la construction :

Dimensions extérieures	1,5m de large x 2,15m de long x 1m de hauteur
Dimensions intérieures	0,7m de large x 1,40m de long x 0,7-0,8m de hauteur
Capacités	120Kg de fruit et légumes dans 6 caisses des légumes
Briques	800-1'000 briques cuites
Sable	4m³
Couvercle	Les planches en bois, feuilles de palmier ou tissues, ficelles
Les outils pour construire et maintenir	Houe, râteau, pelle, arrosoir, mètre de mesure
Eau	Elle sert à humidifier le sable et le tissu sur le dessus.
Caisses pour entreposer les produits	En bois ou en plastique, les dimensions 50cmx40cm x30cm

[6]Il s'agit d'un site Internet, 'open source' sur les solutions à faible technicité : https://www.engineeringforchange.org/about/

- **Les « Zeer pots »**

On utilise également les matériaux disponibles localement, c'est-à-dire les pots en terre cuite, le sable et les tissus.



Prix de détail suggéré par 'Engineering for change ' est de l'ordre de **20 USD pour ce modèle.**

Zeer Pot , Brown, J. 2010, Photo publiée dans Campbell, Angus & Tofas, Natalia & Malan, Naude. (2014). Food Storage System

Liste du matériel nécessaire pour la fabrication du zeer pot :

Pots en Terre Cuite	Le plus grand pot doit pouvoir contenir le plus petit avec un espace d'environ 2 à 3 cm entre eux. Le pot intérieur doit être suffisamment spacieux pour accueillir les aliments
Sable Fin	Utilisez du sable fin pour combler l'espace entre les deux pots. Le sable fin est préférable car il retient mieux l'eau et favorise l'évaporation.
Tissu ou Couvercle	Un morceau de tissu mouillé ou un couvercle en terre cuite est nécessaire pour recouvrir le pot intérieur. Cela contribue à conserver l'humidité à l'intérieur et à optimiser le refroidissement.
Eau	Elle sert à humidifier le sable et le tissu sur le dessus.
Seau ou Arrosoir	Cet outil est utile pour réhumidifier le sable de manière régulière.
Pelle ou Cuillère	Elle aide à disposer et à ajuster le sable entre les pots

Compétences du staff et des volontaires

Les volontaires/ staff qui encadrent le projet :
Les volontaires/staff n'ont pas besoin de connaissances spécialisées, mais ils doivent avoir l'assurance de demander des conseils à des experts et être capables de décrire et transmettre les informations à d'autres volontaires et/ou aux communautés.

Ces personnes devront être capables d'élaborer un programme de formation portant sur les points suivants :

- Le fonctionnement du refroidissement par évaporation
- L'importance d'un bon stockage des fruits et légumes
- Types de glacières en terre cuite et comment les assembler
- Meilleures pratiques pour l'utilisation des glacières en terre cuite

Participants aux formations
Les participants **n'ont pas besoin de compétences techniques préalables**, mais doivent faire preuve de **motivation et d'ouverture à l'apprentissage**. Ils seront accompagnés par des **volontaires, membres du personnel ou agriculteurs leaders**, et apprendront de manière collaborative, en partageant leurs expériences et en s'enseignant mutuellement.

La phase de **diffusion du projet** inclut la **conception et la mise en œuvre de formations pratiques**, destinées à sensibiliser les communautés et à encourager l'utilisation des **refroidisseurs en argile.**

Pour favoriser l'adoption de cette technologie, il est essentiel que les utilisateurs se sentent **autonomes et confiants** dans leur capacité à **acheter, construire et utiliser** ces dispositifs de manière indépendante.

Les entrepreneurs cherchant à vendre des refroidisseurs à pot en terre doivent être confiants dans leurs stratégies de marketing.



Pots en argile séchée, prêt à être cuits pour être vendus ensuite @ photo extraite du guide « Evaporative cooling, best practices Guide », D-Lab, par Eric Verploegen Peter Rinker Kukom Edoh Ognakossan Juin 2018

7. Les avantages attendus

La diversité des applications des systèmes de **refroidissement adiabatique** souligne leur potentiel en tant que **solution écologique, économique et accessible** pour la conservation des denrées alimentaires, notamment dans les régions confrontées à un accès limité à l'électricité.

01

Simples, abordables et efficaces
Ces systèmes se distinguent par :
- leur **simplicité de conception,**
- leur **faible coût,**
- et leur **efficacité énergétique**, ce qui les rend adaptés aussi bien aux **milieux ruraux qu'urbains.**

02

Ils répondent aux défis liés :
- au **manque d'accès à l'électricité,**
- à la **réduction des pertes post-récolte,**
- et à la **sécurité alimentaire** des ménages.

03

Performances en climat aride
Sous un climat sec, notamment en saison aride :
- la température à l'intérieur des réfrigérateurs en argile peut être **5 à 7°C plus basse** que celle de l'extérieur,
- avec une **humidité relative supérieure à 80%**,
- et une **efficacité maximale en milieu de journée**, avec une baisse de température pouvant atteindre **7 à 10°C.**

04

Amélioration de la conservation des aliments
Prolonge la durée de vie des fruits et légumes, réduit les pertes, améliore la salubrité et protège contre les nuisibles et insectes.

05

Renforcement de la sécurité alimentaire
Augmente la disponibilité des légumes pour les familles, contribuant à une alimentation plus saine.

06

Réduction du gaspillage et des déchets
Moins de pertes alimentaires et donc économies financières pour les ménages.

07

Diminution de la dépendance énergétique
Moins de recours aux réfrigérateurs électriques et aux climatiseurs, entraînant donc une **réduction de l'empreinte carbone.**

08

Soutien aux revenus des producteurs
Moins de pertes donc plus de produits vendables, moins de trajets au marché, plus de temps et d'argent économisés. Fruits et légumes mieux conservés, plus beaux et donc plus vendables.

8. Limites, goulots d'étranglement et dépannage

Il est important de reconnaître également les contraintes et précautions associées au système de refroidissement par évaporation.

Limitations techniques

Le système ne permet pas d'atteindre des températures très basses.
Il est **inadapté à la conservation de produits très périssables, comme certaines viandes ou produits laitiers** nécessitant une réfrigération intense.

Gestion de l'humidité

Il est essentiel de maintenir les parois et le matériau de couverture constamment humides, surtout en période de chaleur ou de sécheresse. **Un assèchement complet du matériau compromet l'efficacité du refroidissement.**

Entretien et hygiène

Un nettoyage régulier des pots en terre cuite est nécessaire **pour éviter moisissures et bactéries**. Utiliser de l'eau propre et, si besoin, une brosse souple pour éliminer les résidus ou dépôts minéraux.

Durabilité et maintenance

Avec un entretien régulier, ces systèmes peuvent durer plusieurs années. Il est recommandé de :

- inspecter régulièrement les pots pour détecter fissures ou dommages
- utiliser du sable propre et fin, à remplacer tous les quelques mois.
- remplacer le sable si une baisse d'efficacité est observée malgré un bon état général.

Conditions climatiques et protection

En **cas de pluie ou de vents forts, il faut protéger les systèmes** pour éviter l'excès d'eau ou les brisures.

9. Liens avec d'autres activités

Cette pratique s'avère être un **complément précieux à toute initiative de promotion agricole**, en particulier pour la préservation des récoltes.

Jardins en milieux urbain, périurbain et rural

Elle s'applique notamment aux petits jardins familiaux, qu'ils soient situés en zones urbaines, périurbaines ou rurales. Ces jardins sont souvent entretenus par des ménages ou des familles élargies, motivés à expérimenter de nouvelles techniques. De même, les groupes communautaires – qu'ils soient existants ou nouvellement formés – peuvent être des acteurs clés : groupes de femmes, d'hommes, d'écoles ou d'établissements de santé, à condition qu'une démonstration pratique convaincante de la technique soit réalisée.

Rôle des agriculteurs chefs de file

La diffusion de cette pratique peut être efficacement assurée à travers des champs de démonstration, sous la conduite d'agriculteurs chefs de file (également appelés « agriculteurs modèles » ou « champions »). Ces leaders, choisis par la communauté, identifient les problématiques agricoles locales et expérimentent des solutions adaptées. Une fois validées, ces solutions sont partagées avec l'ensemble de la communauté.
L'intégration des chambres de refroidissement par évaporation dans les formations existantes constitue un module pertinent pour renforcer la résilience post-récolte.

Sensibilisation à la nutrition

Les bénéfices attendus, notamment la prolongation de la durée de conservation des fruits et légumes, permettent d'envisager cette pratique comme un levier pour améliorer la sécurité alimentaire des ménages et la qualité nutritionnelle des aliments consommés.
Elle peut ainsi servir de point d'entrée pour des projets de sensibilisation à la nutrition, tels que ceux décrits dans le **« Easy Volunteer Action Handbook ».**

Activités Génératrices de Revenus (AGR)

Enfin, cette pratique pourrait également être envisagée comme une activité génératrice de revenus pour de petits groupes intéressés. En structurant la production (telle que la fabrication des zeer pots ou des ECC) et la commercialisation autour de cette technique, il est possible de créer des opportunités économiques locales durables.

10. Bibliographie

- **MIT D-Lab (2018). Evaporative Cooling Best Practices Guide**, Eric Verploegen, Peter Rinker, Kukom Edoh Ognakossan June 2018: en anglais. Ce guide fournit les meilleures pratiques pour : déterminer la pertinence des technologies de refroidissement par évaporation dans un contexte spécifique, construire et utiliser des refroidisseurs à poterie en argile et des chambres de refroidissement par évaporation, et diffuser ces pratiques. **https://d-lab.mit.edu/sites/default/files/inline-files/Evaporative%20Cooling%20Best%20Practices%20Guide.pdf**

- **MIT D-Lab (2018). Evaluation of Evaporative Cooling Technologies for Improved Vegetable Storage in Mali - Evaluation**, Eric Verploegen, Ousmane Sanogo & Takemore Chagomoka, June 2018: en anglais. Cette publication évalue le potentiel des dispositifs de refroidissement par évaporation non électriques (c'est-à-dire les chambres de refroidissement par évaporation (ECC) et les refroidisseurs à poterie en argile) pour relever les défis liés au stockage des légumes après récolte dans les zones rurales du Mali. **EVAPORATIVE COOLING Technologies for Improved Vegetable Storage in Mali**

- George F. Dales, Jonathan M. Kenoyer, Leslie Alcock. Excavations at Mohenjo Daro, Pakistan: the pottery

- Evans, Lindsay (2000). **https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/advent-mechanical-refrigeration-alters-daily-life-and-national-economies-throughout-world**

- Peter Rinker — Travail personnel, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33444902 et
https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9frig%C3%A9rateur_pot_dans_un_pot

- Brown, J. 2010, Photo publiée dans Campbell, Angus & Tofas, Natalia & Malan, Naude. (2014). Food Storage System. **Zeer Pot. Brown, J. 2010. | Download Scientific Diagram**

- Zeer Pot : Le Guide Complet pour Créer Votre Frigo du Désert Écologique, **Zeer Pot : un frigo du désert écologique - Mouton-Résilient | Survivalisme - Autonomie - Low-Tech**



© Evaporative Cooling Best Practices Guide
https://archello.com/fr/news/rhino-machines-base-en-inde-presente-des-briques-moulees-a-partir-de-plastique-recycle-et-de-sable