



# Sur quelques solutions innovantes



Formad environnement

2020

## *Quelques propositions innovantes*

L'objectif de cette brochure est de faire sous forme de fiches une liste de propositions innovantes et à faible coût dans plusieurs domaines.

Non exhaustives, elles sont des portes d'entrée sur chacune des innovations.

## Sommaire

### I. Innovations dans l'agriculture non chimique

- I. 1 – La lutte contre la sécheresse : diguettes, zaï ;
- I. 2 - Les plantes de couverture ;
- I. 3 – la lutte contre le chiendent ;
- I. 4 – les 3 sœurs : maïs-courge-haricot ;
- I. 5 – les haies vives ;
- I. 6 – les symbioses mycorhiziennes ;
- I. 7 Les semences « population », hétérogène génétiquement

### II. Dans le maraîchage

- II. 1 – Le forage manuel.
- II. 2 – L'irrigation – buses, pompe à godets ;
- II. 3 - L'outillage : grelinette ; sarcleurs
- II. 4 – La culture sous filets ;
- II. 5 – Les semis en pots de papier journal ;
- II. 6 – L'enrobage des petites graines avant semis ;
- II. 7 – Le Moringa-feuille ;
- II. 8 - Les légumes feuilles.

### III. Des plantes qui nous aident

- III. 1 – L'agroforesterie
  - III. 1 – 1 Agroforesterie en zone d'élevage ;
  - III. 1 – 2 Agroforesterie en jardins maraîchers ;
- III. 2 – Les trognes ;
- III. 3 - Les bambous ;
- III. 4 – Les cactus ;
- III. 5 – Le vétiver.

### IV. Innovations dans l'alimentation

- IV. 1 - Micro-nutriments ; iode ; vitamine A ; fer ;
- IV. 2 – L'éclaircissement de l'eau et stérilisation ;
- IV. 3 – La désalinisation de l'eau de mer ;
- IV. 4 – La conservation des récoltes : les silos à grains ;
- IV. 5 - L'étuvage des céréales ;
- IV. 6 - L'élevage des poissons-chats (*Clarias* sp.) ;

*Quelques propositions innovantes*

IV. 7 – Le petit élevage à la ferme et au domicile ;

IV. 8 – Les insectes dans l'alimentation animale et humaine.

V. Pour l'hygiène de base

V. 1 – Les douches ;

V. 2 – Les lave-mains ;

V. 3 – Les latrines ;

V. 4 – Les urinoirs ;

V. 5 – La struvite.

VI. Innovations autour de la maison

VI. 1 – La fabrication de maquettes ;

VI. 2 – La voûte nubienne ;

VI. 3 – Les impluviums ;

VI. 4 – Les lavoirs ;

VI. 5 – Les réchauds solaires ;

VI. 6 – Les réchauds à copeaux de bois ;

VI. 7 - Le charbon de paille.

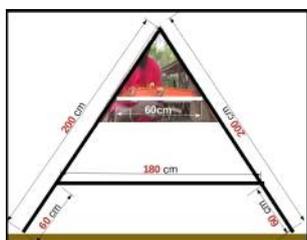
# En agriculture sans chimie

- I. 1 – La lutte contre la sécheresse : diguettes, zaï ;
- I. 2 – Les plantes de couverture
- I. 3 - La lutte contre le chiendent ;
- I. 4 – Cultiver les *3 sœurs* ;
- I. 5 – Les haies vives ;
- I. 6 – Les symbioses mycorhiziennes.
- I. 7 – Les semences « population »

## I. 1 - La lutte contre l'érosion et la sécheresse

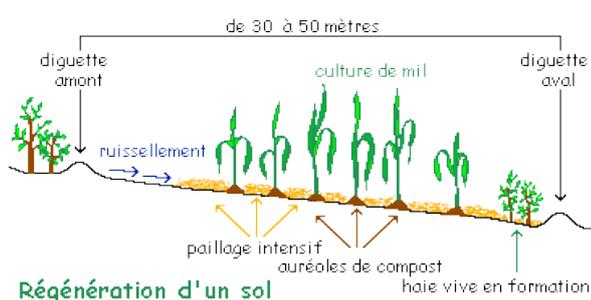
**Principe :** Retenir l'eau de pluie et le sol, capter le ruissellement à l'aide de diguettes de roches (cordons pierreux, demi-lunes et zaï).

### 1.1 Les diguettes



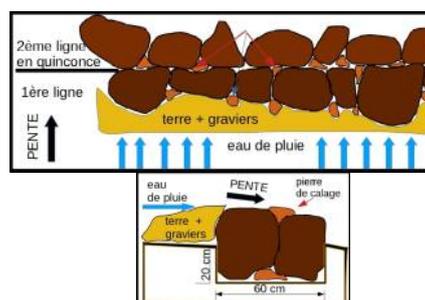
Déterminer les courbes de niveau

Diguettes opposées à la pente



Régénération d'un sol

Principes des diguettes filtrantes pour régénérer un sol



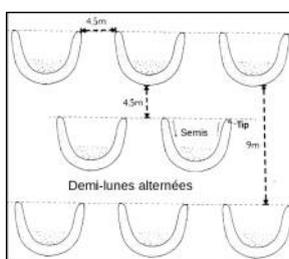
Schémas d'une diguette vue de haut et de profil

### 1.2 Les zaï en demi-lunes

En saison sèche, les paysans sans terres creusent des trous profonds de 20 cm et 40 cm de diamètre, les remplissent si possible de fumier, de poudrettes de caprins, de cendres pour diminuer la toxicité aluminique ou de paille et sème en sec des céréales. Un travail long et difficile. Une variante consiste à creuser après les 1ère pluies et le développement des adventices des zaï en sols sableux.



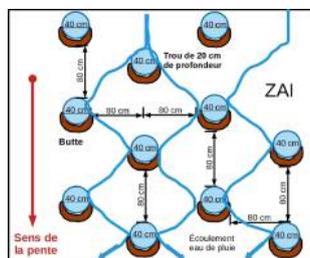
Zaï après la pluie



Schémas de demi-lunes



Demi-lunes sur sol latéritique



Schémas de la disposition des Zai et de leur fonctionnement



Cuvettes avec fumier



Le zaï n'est pas la solution à tous les problèmes. Les paysans doivent diversifier leurs pratiques : localisation des parcelles sur différents sols, fosses fumières, variétés plus précoces, etc.

### Références :

ROOSE E *et al.* 1999. The Zai practice: a west african traditional rehabilitation system for semi-arid degraded land (Burkina Faso). *Arid Soil Research and Rehabilitation* 13: 343-355.

WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies)-AccessAgriculture. 2018. Courbes de niveau. <https://www.accessagriculture.org/fr/les-cordons-pierreux>

## I. 2 – Les plantes de couverture

### Définition

Les plantes de couvertures sont des plantes alimentaires ou non, cultivées ou non, annuelles ou pérennes présentes entre 2 cycles cultures principales (inter-culture) ou en association (entre les rangs de plantes cultivées) dont tout ou partie est restitué au sol (engrais vert) ou sert de paillage pour les cultures suivantes (cultures sans labour). Il y a une règle fondamentale : **ne jamais laisser un sol nu.**

### Utilité

- Les cultures de couverture protègent des brûlures du soleil et du dessèchement de la surface du sol (croûte). Elles améliorent la structure et la fertilité du sol en retenant l'humidité.
- Elles protègent contre les effets de la pluie et du vent, ou du passage des animaux et des personnes : l'érosion par les eaux de pluie de la couche d'humus et de la couche arable du sol.
- La couverture lutte contre les mauvaises herbes en faisant concurrence aux graines d'adventices.
- L'enfouissement des légumineuses et des graminées alimentaires ou non alimentaires sont utilisées comme engrais vert pour améliorer la fertilité. Elles évitent la jachère et le feu de brousse.

### Espèces

Intérêts	Familles		Espèces (* pérennes)
Alimentaires	Convolvulacée	Patate douce	<i>Ipomoea batatas</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Niébé	<i>Vigna unguiculata</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Arachide	<i>Arachis hypogaea</i>
	Fabacée (Légumineuse)	haricot igname	<i>Sphenostylis stenocarpa</i>
	Cucurbitacée	Pastèque	<i>Citrullus lanatus</i>
	Cucurbitacée	Citrouille	<i>Cucurbita pepo subsp. pepo</i>
	Cucurbitacée	Potiron	<i>Cucurbita maxima</i>
Autres	Fabacée (Légumineuse)		<i>Pueraria phaseoloides*</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Luzerne tropicale	<i>Stylosanthes guianensis*</i>
	Fabacée (Légumineuse)		<i>Centrosema acutifolium*</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Arachide sauvage	<i>Arachis pintoi*</i>
	Fabacée (Légumineuse)		<i>Desmodium ovalifolium*</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Pois mascate	<i>Mucuna pruriens v. utilis</i>
	Fabacée (Légumineuse)		<i>Calopogonium mucunoides</i>
	Fabacée (Légumineuse)	Dolique d'Égypte	<i>Lablab purpureus</i>
	Poacée (Graminée)	Herbe du Congo	<i>Brachiaria ruziziensis*</i>
	Poacée (Graminée)	Herbe à éléphant	<i>Pennisetum purpureum*</i>
	Poacée (Graminée)	Herbe de Guinée	<i>Panicum maximum*</i>
Poacée (Graminée)		<i>Pennisetum pedicellatum</i>	
Poacée (Graminée)	Mil pénicillaire	<i>Pennisetum glaucum</i>	

### Références :

BOTTON H. 1957-1958. Plantes de couverture en Côte d'Ivoire. Guide pratique de reconnaissance et d'utilisation des Légumineuses en Côte d'Ivoire. Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée du Muséum National d'Histoire Naturelle (JATBA) Tomes IV et V.

[horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-08/22280.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-08/22280.pdf)

ACCESSAGRICULTURE. 2016. Régénérer les sols avec mucuna, le pois mascate (vidéo) :

<https://www.accessagriculture.org/fr/regenerer-les-sols-avec-mucuna>

## I. 3 - La lutte contre le chiendent

### Principe

Utilisation du mucuna (*Mucuna pruriens*, forme sauvage, poils à gratter) qui est une légumineuse à buts multiples dont les var. **utilis** (graines noires) et **cochichennensis** (graines blanches) ont été introduites au Bénin en 1986 par par l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA) comme cultures intercalaires ou plante de couverture (pois mascate, *velvet bean*) :

- contre le striga (*Orobanchacée* holo-hémiparasites épirhizes ou herbe des sorcières) ;
- contre le chiendent *Imperata cylindrica* ;
- contre l'érosion et la baisse de fertilité des sols ;
- pour utiliser ses feuilles (fourrage pour le bétail) et ses graines riches en protéines (26 %) dans l'alimentation humaine et animale (il faut éliminer une partie de la dopamine toxique).

### Méthode

Plantation d'une dicotylédone héliophile, thermophile (ordre des Rosales, de la tribu des Phaseolae et de la famille des Fabaceae), préférant des pluies espacées, sarmenteuse à croissance vigoureuse, à port rampant (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) : 1 graine par poquet (15 kg de semence à l'hectare) ou 2 à un écartement de 0,80 m x 0,80 m.

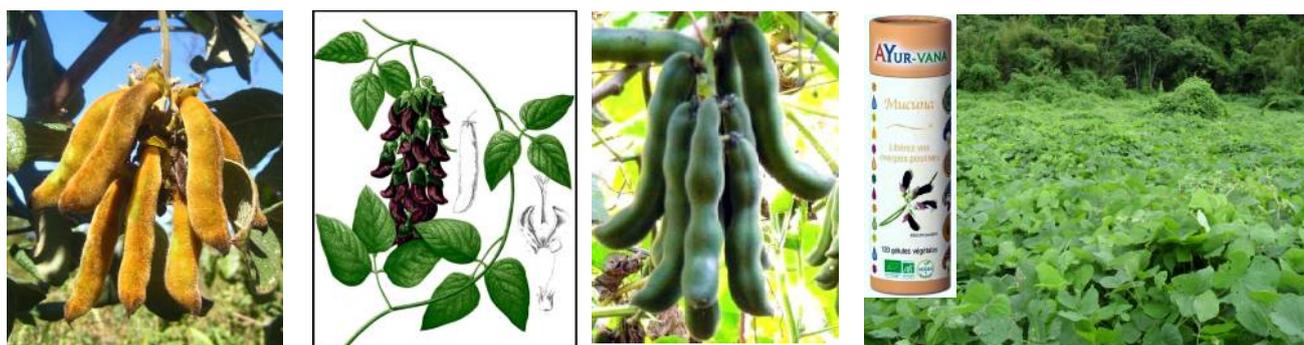
Dès le début de la saison des pluies il faut faucher au préalable l'imperata à ras le sol. La levée du mucuna est en général lente (10 à 15 jours après le semis) mais par la suite il se développe rapidement et au bout de 6 mois environ il couvre tout le champ. L'espèce produit une biomasse importante de 5 à 8 t de matière sèche /ha. Le rendement en graines est de 3 à 4 t/ha en culture pure.



*Imperata cylindrica*

*Striga hermonthica*

Graines



*M. pruriens* (poils à gratter)

*M. pruriens* var *utilis* (inermis) avec extraits dans la médecine douce

### Références

- AKLAMAVO M., MENSAH G.A. 1997. Quelques aspects de l'utilisation du mucuna en milieu rural en République du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique 9 : 34-46.
- KOUTOU M. et al. 2016. Facteurs d'adoption des innovations d'intégration agriculture-élevage : cas du *Mucuna pruriens* en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Tropicicultura 34 : 424-439.
- OKPALA-JOSE A.O., IKUENOBE C.E. 2008. Efficacy of legume and herbicidal fallows in the modification of *Imperata cylindrica* infested plots. Journal of Agronomy 7: 281-184.

## I. 4 - Cultiver les *trois sœurs*

### Principe

Le maïs, les haricots et les courges sont des légumes complémentaires. Cultivées ensemble, elles s'entraident et s'apportent mutuellement des effets bénéfiques. Ces plantes compagnes forment un mini écosystème autosuffisant : les tiges du maïs servent de tuteur aux haricots grimpants (dolique asperge ou haricot kilomètre, *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*). Les racines des haricots produisent de l'azote grâce à une symbiose avec des bactéries et le feuillage dense des courges (potirons, calebasses, courgettes, coloquinte, pastèques) crée un environnement favorable au niveau du sol en empêchant la prolifération des mauvaises herbes, en gardant la fraîcheur et l'humidité et en protégeant le sol de l'érosion des éléments fertiles. Cette association est un héritage agricole des Maya du Mexique qu'ils ont appelé les 3 sœurs **Milpa** (**jardin iroquois**, *Kionhekwa* en Amérique du Nord). Certaines tribus aux USA ajoutent *Cleome serrulata* (Capparacées à feuilles caduques), une plante à abeilles qui pollinise le haricot et la courge. La difficulté est dans le choix du moment de la plantation des haricots.

### Méthode

- Formez des buttes aplaties d'environ 25 cm, espacées de 50 cm en tous sens, puis semez des graines de maïs en poquets (environ 3) au sommet de chaque butte,
- 10 jours après la germination, ne conservez que la pousse la plus vigoureuse de chaque butte et éliminez les autres,
- Lorsque les plants de maïs atteignent environ 15 cm, semez 3 graines de haricots rame autour de chaque plant, 1 semaine plus tard, semez les courges au pied des buttes.



La Milpa (légende des trois sœurs)

### En Afrique de l'Ouest

L'association Milpa au Bénin peut être celle :

- du maïs, mil pénicillaire ou sorgho (céréales comme tuteurs) avec,
- le niébé (voème ou cowpea, *Vigna unguiculata* subsp. *Unguiculata*), *Vigna unguiculata* subsp. *Sesquipedalis* (haricot kilomètre, légumineuse grimpante) ou *Lablab purpureus* (dolique d'Égypte) qui fixe l'azote dans le sol et
- des coloquintes (Cucurbitaceae, *Citrullus colocynthis*) ou la pastèque (ou melon d'eau, *Citrullus lanatus*) comme plantes de couverture conservant l'humidité du sol.

					
Céréales servant de tuteur			Légumineuses grimpantes		Couverture intercalaire
Maïs	Mil	Sorgho	Haricot	Niébé	Coloquinte   Pastèque

## I. 5 - Les haies vives

### Principe

Planter des haies vives est une technique agroforestière offrant une protection contre le vent et les animaux en saison sèche et procurant des produits secondaires (bois, fruits). Les arbres ou arbustes à usages multiples, généralement épineux, remplacent des haies mortes (clôtures faites de branches d'arbres épineux ou de résidus de culture).

*Avantages* : La gestion de l'eau et des sols en obligeant l'eau à s'infiltrer, les haies ralentissent les ruissellements, ce qui favorise la régulation des écoulements et l'alimentation des nappes. Les racines des arbres et des arbustes retiennent les sols et diminuent les risques d'érosion.

Un abri favorable à la biodiversité : pour la reproduction, au couvert et à l'alimentation d'une faune variée. Les haies sont des écosystèmes ; elles hébergent les insectes utiles aux cultures, comme les coccinelles et l'ensemble des maillons d'une chaîne alimentaire, des insectes décomposeurs aux prédateurs.

*Inconvénients* : sur le type de propriété de la terre, la quantité de main-d'œuvre disponible et la parcellisation du territoire cultivé. Risque d'incompréhension s'il n'y a pas de conflit entre paysans.



Types de haies vives

Cactus dans le Sud-ouest malgache

Plantation de pots de pépinière ou de boutures

### 1. Méthode

Enquêtes sur l'histoire du village (les familles fondatrices, l'évolution des cultures pratiquées sur le terroir et des pratiques d'élevage, l'histoire de certains conflits fonciers), l'élaboration de la carte des ressources (les modes d'accès à la terre et aux ressources naturelles, l'intégration des migrants), le transect villageois (modes de délimitation des champs, l'utilisation des arbres, les modes de protection des cultures utilisés en saison sèche), un classement des UPA du village selon leur niveau de prospérité socio-économique. Pour chaque unité de production, un questionnaire est rempli portant sur la structure et la composition familiale, les activités de production agricole en saison sèche et l'utilisation des ressources ligneuses. Les paysans qui utilisent des haies mortes sont les plus susceptibles de planter des haies vives. Les perceptions sur l'utilisation des différents types de haies, leurs avantages et leurs inconvénients, les motifs et les conséquences de cette utilisation et l'identification des logiques d'utilisation des terres (interdictions de planter un arbre surtout en limite de terrain).

### 2. Choix des arbustes utiles de haies vives brise-vent et mellifères

La haie vive est une clôture vivante d'arbustes plurispécifiques (3 par m) alignés et de largeur limitée. À Madagascar, il y a des haies-vives dans plusieurs régions (souvent de cactus et sisal) contrairement au Bénin. Les principales espèces sont *Ziziphus mauritiana*, *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Lawsonia inermis*, *Bauhinia rufescens*, *Gmelina arborea*, *Leucaena* sp., *Jatropha* sp., *Moringa* sp..

La haie vive n'est pas seulement une barrière mécanique qui gêne les intrus (hommes et bêtes) et dont on est à l'abri. La haie vive est composée traditionnellement d'espèces végétales ayant un caractère magique diversifié, de protection mais aussi compagne apaisante avec lequel ont parlé des générations d'ancêtres (Portères, 1965).

## Quelques propositions innovantes

			
Bocage (France)	Clôtures de bord de piste ou entre propriétés au Bénin ( <i>Gmelina</i> )	Séparation entre parcelles de <i>Cajanus cajan</i> (pois d'Angole) au Bénin	

**Arbustes de haies vives** : espèces Ouest africaines avec les noms vernaculaires au Bénin (langues Fon, Nago ou Bariba). \* : Usage médicinal

<i>Erythrina senegalensis</i> * Kpaklesi, Ologunshéshé	<i>Dichrostachys cinerea</i> Badawen, kara, saka ikoke	<i>Carissa edulis</i> Avia aviavé, Oshun	<i>Commiphora-africana</i> Liji, Oriji
<i>Mimosa pigra</i> Enwa agogo	<i>Moringa oleifera</i> * Yovotin, Ydagba	<i>Ricinus communis</i> Fefe, Lara, Monmusu	<i>Bauhinia purpurea</i> ? Klo, Klogbo
<i>Boswellia papyrifera</i>	<i>Boswellia dalzielii</i>	<i>Ziziphus spina-christi</i>	<i>Bauhinia rufescens</i>
<i>Gmelina arborea</i> Fofitin	<i>Erythrina sigmoidea</i> ?	<i>Gliricidia sepium</i> ?	<i>Spondias monbin</i> * Aklkontin, Igi Iyeye
<i>Newbouldia laevis</i> * Deslegetin, Igi Akoko	<i>Euphorbia balsamifera</i> Bele	<i>Euphorbia Kamerunica</i> Solo, Oro alagogo, Sèsè kabu	<i>Flueggea virosa</i> Cakè, Iranje, Gaaga
<i>Parkinsonia aculeata</i> Genêt épineux (Mexique)	<i>Lawsonia inermis</i> Henné, Lalitin, Iali, Bade	<i>Ximenia americana</i> Klivovwe, igo, goroku	<i>Steganotaenia araliacea</i> Kokeja tungu

### + *Sclerocarya birrea*

**Arbustes de haies vives et mellifères** : espèces Ouest africaines avec les noms vernaculaires au Bénin (langues Fon, Nago ou Bariba). \* Usage médicinal

<i>Jatropha curcas</i> * Nikepotin wewe, Botiye funfun, Akporo, Bukatu	<i>Jatropha gossypifolia</i> Nyikpotin vovo, Botuje pupa, Bukatu duabinu	<i>Vernonia amygdalina</i> * Agbolo, Amavivè, Ehouro	<i>Ziziphus mucronata</i> Enkanase adié, Saki sakine
<i>Acacia macrostachya</i>	<i>Guiera senegalensis</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Ziziphus mauritiana</i> Darèy	<b><i>Acacia mellifera</i></b> <b>absent flore Bénin</b>	<b><i>Acacia polyacantha</i></b> <b>absent flore Bénin</b>	<i>Azadirachta indica</i> Neem, Kininutin, Dogon

**Arbustes mellifères** : *Acacia sieberiana* (konkon, sihe, kukumbu), (*Citrus*), *Diospyros mespiliformis* (Gubaga, Kanran, Wonyibu, grand arbre), *Acacia ataxacantha* (Vè Wunkan, èwun, Gairi, lianescent) et *Combretum micranthum* (kinkiliba) qui ont des tiges fines et souples (rotin)..

### Références

- ARBONNIER M. 2019. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN. (description de 360 espèces ligneuses). 576 p.
- GNAHOUA G.M., LOUPPE D. 2003. Créer une haie vive. (Fiche technique). CIRAD-Forêt Montpellier, 4 p. <http://hal.cirad.fr/cirad-00429254/fr/>
- LEVASSEUR V. et al. 2007. L'utilisation de la haie vive améliorée dans le Cercle de Ségou, au Mali : facteurs d'adoption. Actes du colloque régional, Bamako, 14-15 février 2007 : nouer des liens entre la recherche en agroforesterie et le développement au sahel. Pp. 90-108. <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/PP07279.pdf>
- PORTÈRES R. 1965. Le Caractère magique originel des haies vives et de leurs constituants (Europe et Afrique occidentale). Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée 12 : 253-291. [https://www.persee.fr/docAsPDF/jatba\\_0021-7662\\_1965\\_num\\_12\\_6\\_2831.pdf](https://www.persee.fr/docAsPDF/jatba_0021-7662_1965_num_12_6_2831.pdf)
- YOSSI H. et al. 2006. Les haies vives au Sahel. État des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement. ICRAF. 60 p. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/haies-defensives/Les%20haies%20vives%20au%20Sahel\\_World%20Agroforestry%20Centre.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/haies-defensives/Les%20haies%20vives%20au%20Sahel_World%20Agroforestry%20Centre.pdf)

## I. 6 - Les symbioses mycorhiziennes

### Principes

La plupart des plantes des régions arides (sauvages ou cultivées) sont associées à des champignons mycorhiziens à arbuscules ou CMA (5 à 50 % de la biomasse microbienne des sols). La formation de structures intracellulaires (arbuscules) permet l'échange de nutriments (eau, minéraux) et de carbone en particulier des sucres. Ces symbiotes fongiques participent au développement de la flore épigée en améliorant leur nutrition minérale et leur état sanitaire. Les ectomycorhizes à Basidiomycètes et Ascomycètes (4 000 et 6 000 espèces respectivement) sont observées dans les racines d'arbres, arbustes et parfois d'herbacées pérennes. Leur distribution dans le sol n'est pas uniforme au niveau spatial et temporel (abondance et diversité). Cette répartition hétérogène est à prendre en compte pour le reboisement dans les sols carencés en éléments nutritifs.

Dans un peuplement végétal, la composition spécifique, la productivité et la biodiversité des plantes est en partie influencées par l'importance des peuplements de CMA qui stimule leur coexistence en accroissant la possibilité pour chaque espèce végétale de s'associer à un partenaire fongique compatible et efficace.

<p>La plante donne au champignon des sucres et des substances de croissance</p>	<p>Termitière au Burkina Faso</p>	<p><i>Miscanthus sinensis</i>, graminée ornementale pérenne sert à multiplier les champignons endomycorhiziens</p>	

### Méthode

1. Du mil, sorgho et maïs (annuelles) ou *Miscanthus* sp. pérenne (Eulalie ou roseau de Chine) sont cultivés environ 4 mois pour multiplier les champignons endomycorhiziens d'un inoculum de champignons endomycorhiziens dans leurs racines (plantes mycotrophes). Cet inoculum de départ est composé de 2 g de racines sèches avec nodules de forêts non dégradées, coupées en morceaux de 1 mm comprenant environ 25 vésicules par mm de racines et mélangées à du sable (stérilisé à 140°C, pendant 40 min).

2. On utilise 10 ml de terre riches en propagules mycorhiziennes pour inoculer les pots de culture en pépinière. Grâce à cette forte colonisation des racines par le symbiote fongique (ectomycorhize et endomycorhize), il y a le transfert. Il est favorisé par un agent stimulant la mycorhization, de la poudre fine de termitières (genre *Cubitermes* 0,1 % (v:v) à 1 % (v:v)).

Il est ajouté dans les pots une poudre nématocide comprenant des résidus de poissons (arêtes), carapaces de crevettes (chitine), coquilles de moules et huîtres (1g/l de terreau).

### Références

DUPONNOIS R. 2008. Brevet sur des nouvelles compositions d'inocula fongiques, leur procédé de préparation et leur application à l'amélioration de la croissance des cultures. No de publication : WO/2008/012399 et WO/2008/012400.

DUPONNOIS R., BALLY R. 2008. Brevet sur l'utilisation d'un inoculum de poudre de termite pour améliorer la croissance d'une culture. No de publication : WO/2008/119394

DUPONNOIS R. *et al.* (eds). 2013. Des champignons symbiotiques contre la désertification dans les écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires. IRD Éditions, Marseille. 512 p.

[https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers15-04/010061524.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-04/010061524.pdf)

I. 7 – Les semences populations

## Dans le maraîchage

- II. 1 – Le forage manuel pour de l'eau d'arrosage ;
- II. 2 – L'irrigation – buses - pompe à godets ;
- II. 3 – L'outillage, grelinette, sarceuse, ;
- II. 4 – La culture sous filets anti-insectes ;
- II. 4 – Le semis en pots de papier journal :
- II. 5 – L'enrobage des graines avant semis ;
- II. 6 – Le Moringa-feuilles ;
- II. 7 – Les légumes feuilles (brèdes).

## II. 1 - Le forage manuel de puits (lançage à l'eau)

### Principe du *Well jetting*

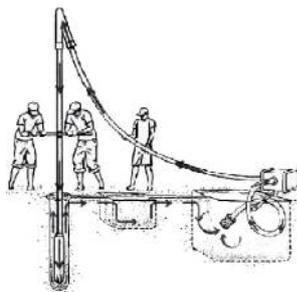
Injecter de l'eau sous pression dans un sol meuble (argilo-sabloneux) avec un tube dur qui pénètre le sol (lançage à l'eau). Des mouvements montant et descendant sont appliqués au tube de forage. La circulation d'eau transporte les débris vers la surface qui sont renvoyés dans une fosse jouxtant le forage. Ensuite un tube PVC est introduit dans le forage pour le consolider en permanence (6-15 m). La technique est utile pour le maraîchage dans certaines zones.

### Méthode

Il faut de l'eau, une moto pompe refoulante, un tube en alu ou en fer prolongé par un tuyau souple et des tubes en PVC.



Schéma



Forage à Madagascar



Motopompe



L'eau pour le forage



Carte de faisabilité



Forage avec le tube alu et la motopompe et pose du tuyau PVC (Ouessè)

### Références

PRACTICA/UNICEF. 2014. République du Bénin. Étude de faisabilité des forages manuels identification des zones potentiellement favorables. 34 p.

[https://www.practica.org/wp-content/uploads/2014/10/Rapport\\_final\\_Forages\\_manuels\\_Unicef\\_final.pdf](https://www.practica.org/wp-content/uploads/2014/10/Rapport_final_Forages_manuels_Unicef_final.pdf)

UNICEF/PRACTICA. 2012. Capitalisation expériences sur les forages manuels à Madagascar. 47 p.

<https://www.practica.org/publications/941/>

### Vidéos

FORMAD environnement. 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=QeF9IIP3Aso&feature=youtu.be>

Mohammed RAHOU. 2013. Comment faire un forage au Tchad. <https://www.youtube.com/watch?v=SIK276iCgME>

Description des différentes techniques : <https://www.youtube.com/watch?v=8HjYktpVC6I/>

<https://www.youtube.com/watch?v=YcLf095Cmg4> / <https://www.youtube.com/watch?v=QbrvfB82vBc>

## II. 2 - L'irrigation dans le maraîchage

### Principe

Arrosage avec des arrosoirs et de l'eau de puits tirées par une pompe à corde ou à godets ou de forage puis stockée dans un bassin.

### Techniques

#### 1. Le puits

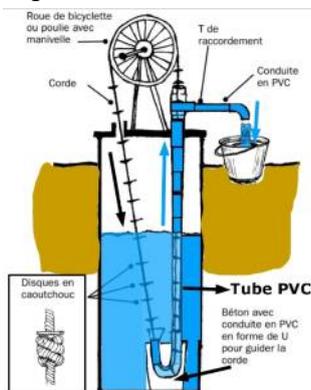
Utilisation de buses de 50 cm de hauteur fabriquées grâce à un moule artisanal fabriqué grâce à 2 tonneaux d'occasion et des vis protégées par des gaines afin de maintenir le même écartement.



Moule fait à partir de 2 tonneaux

#### 2. La pompe à corde (à chapelets ou élévatrice à godets)

Le principe de la pompe à corde repose sur une conception ancienne venue de Chine. Elle utilise une poulie, une corde sur laquelle des disques de caoutchouc sont fixés entre 2 nœuds, une conduite en PVC qui gaine la corde et un guide-corde au fond du puits. Parce que de petites quantités d'eau entre 2 disques sont remontées à chaque tour de poulie, la pompe n'exige que très peu de force.



Principe de la pompe



Circulation de la corde avec des bouchons plastique dans un tube PVC (actionnée par une manivelle)

#### 3. Des réservoirs pour l'arrosage avec arrosoirs



Construction d'un réservoir



Remplissage avec l'eau de rivière ou du puits



Utilisation pour l'arrosage

### Références

GEEK SON. 2016. Comment fabriquer une pompe à eau à moindre frais ? Vidéo de 3 mn 30

<https://www.youtube.com/watch?v=ovsbHT2byZg>

NEDERSTIGT J., VAN DER WAL A. 2011. La pompe à corde. Manuel technique sur la fabrication, l'installation et la maintenance de la pompe a corde. Fondation Practica. 93 p.

<https://www.practica.org/publications/la-pompe-corde-manuel-de-formation-technique/>

## II. 3 - L'outillage

### 1. La grelinette (biogriffe, fourche à bêcher, aéro-bêche ...)

La finalité de cet outil est de travailler le sol en profondeur avec un minimum d'effort, de l'aérer et de l'émietter, en évitant de le retourner afin de ne pas perturber la vie microbienne



### 2. Sarcloirs manuels dans sols meubles

Le sarcloir oscillant Omega  $\Omega$  réalise les travaux de désherbage de précision : entre les plants de légumes (lame en U), entre les rangs de légumes, tout espace peu accessible

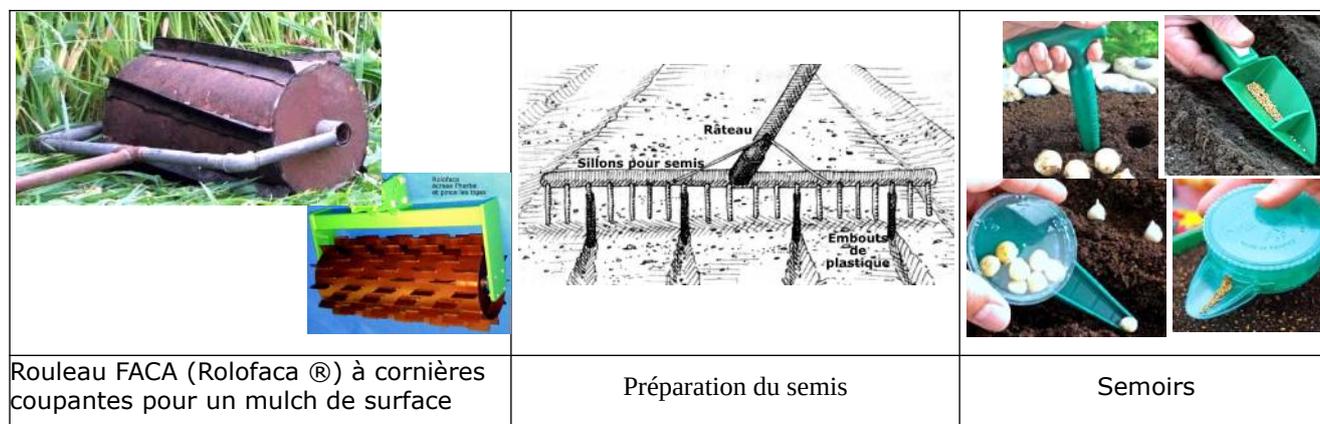


### 3. Rolofaca

Le rolofaca (rouleau crêpeur) sert à écraser les couverts végétaux. Il les couche et les pince pour arrêter la montée de la sève. Le couvert dessèche sur place, gardant l'air et l'eau contre les fortes chaleurs et la perte d'humidité). C'est un cylindre en tôle rempli de ciment auquel on a soudé des lames de cornières aiguës.

### 4. Outils pour le semis

Pour la préparation d'un semis en ligne, on peut utiliser un large râteau et des embouts plastiques qui trace un sillon.



### Référence

FORTIER J.-M. 2015. Le jardinier-maraîcher. Manuel d'agriculture biologique sur petite surface. Les Éditions Écosociété. 223 p.

## II. 4 - La culture sous filets

### Principe

Pour éviter des traitements insecticides chimiques, les cultures (tomates, choux, carottes, haricots, épinards, pastèques, etc.) sont faites sous toile moustiquaire ou des filets assez fins (barrière physique et visuelle). Contre des sauteriaux, chenilles de lépidoptères (papillons), larves de Diptères (mouches), oiseaux, etc. La température nocturne est augmentée et l'humidité conservée. L'impact des grosses pluies est réduit.

### Méthode

Le filet (en polyester de type moustiquaire d'une maille de 1,6 mm ou filets anti-insectes tricotés de type AgroNet avec des mailles de 0,4 et 0,9 mm) est soutenu par des arceaux formant un abri jour et nuit (contre les papillons de nuit). Il est parfois ouvert dans la journée 2-3 fois par semaine pour faire agir des prédateurs naturels des parasites.



Essais en pépinière



En plein champ



Plantation de choux au Bénin

Le filet assure une bonne protection vis-à-vis de la teigne du chou, *Plutella xylostella*, mais aussi contre *Helicoverpa armigera* et *Hellula undalis*.



Filets anti-insectes fermés par du sable



*Plutella xylostella*



*Hellula undalis*

**Inconvénients** : diminution de la lumière si les mailles sont très fines, élévation de la température (diurne en saison sèche), inefficace pour les petits insectes (pucerons, aleurodes ou chenilles de *Spodoptera* du chou). L'efficacité est augmentée si la moustiquaire est imprégnée d'essence répulsive (perméthrine, molécule réputée plus répulsive mais aussi avec des composés naturels non toxiques). Durée de vie des moustiquaires de 3 à 5 ans (un an pour le polyamide à plus de 7 ans pour certains polyéthylènes). La pose doit être réalisée après la pollinisation si la plante est allogame (pastèque).



Filets de couleur au Kenya



Support de ficelles et piquets



Essai au Bénin

### Références

MARTIN T. et al. 2014. Des filets anti insectes pour protéger les cultures maraîchères en Afrique subsaharienne : une technologie rentable et adaptée aux conditions climatiques. AFPP – 10e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier-22 et 23 octobre 2014. 9 p.

ACCESSAGRICULTURE. 2016. Des filets anti-insectes <https://www.accessagriculture.org/fr/des-filets-anti-insectes>,

## II. 5 - Le semis en pots de papier journal

**Principe** : Le papier journal est enroulé autour d'un moule. La technique de pliage permet de faire des pots de tailles différentes pour des semis de plantes maraîchères à croissance rapide (saisies d'écran).



Pots de tailles différentes



Remplissage



Pots 15 jours après



Plantation

### 1. Choix puis découpage du papier



Choix du papier (pas de magazine)



Découpage

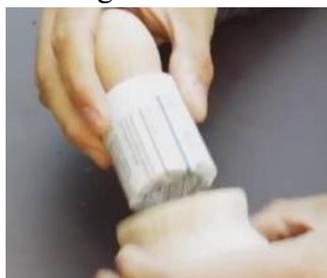


Dimensionnement

### 2- Enroulage autour d'un bocal, bombe ou tube PVC



### 3- Pliage bas et haut



Pliage et pressage du fonds

Pliage du bord

### 4- Pot avec un support de papier toilette



## II. 6 - L'enrobage des petites graines pour le semis

Le pelliculage, ou l'enrobage des semences (*pelletiser* les grains avant semis, *Seed pelleting*, *perlitzing seed*) a pour objectifs de protéger des ravageurs, avoir des conditions de germination homogènes, de permettre des semis à la volée sur un sol non travaillé, de mieux voir les graines semées, de grossir la taille des graines pour mieux les manipuler (suivant la méthode de **Masanobu FUKUOKA**, 1913-2008). On peut aussi mélanger les graines fines avec du sable grossier.

Pour l'enrobage, il faut :

1 Poudre d'enrobage : argile fine tamisée

2 Liants d'enrobage (fixe les poudres d'enrobage à la semence) : huile d'olive + savon de Marseille liquide + Huile essentielle d'ail (ou autre)

3. colorants bio : marc de café, poudre de charbon ; spores de mycorhizes si nécessaire ;

Semis : utiliser des rubans présemés sur du papier biodégradable ou semer à la volée des graines enrobées mélangées dans un seau avec du compost.



Avec de l'argile



Ajouter un liant protecteur



Grossir les billes

### Méthode (avec des graines de panais) :

- tremper les graines dans de l'eau pendant 24 h ou plus (prégermées) ;
- dans un récipient, ajouter suffisamment de poudre d'argile tamisée (pour ne pas avoir d'amalgame) jusqu'à obtenir des boulettes individuelles (1 ou 2 graines) en absorbant toute l'eau ;
- ajouter du marc de café ou du charbon de bois en poudre pour les colorer en noir (le blanc attire les oiseaux) ;
- pour augmenter la taille, il faut ré humidifier avec un brumisateur et ajouter de l'argile ;
- ajouter dans le brumisateur de l'huile d'olive, de l'huile essentielle d'ail (répulsif pour insectes et oiseaux) avec un peu de savon de Marseille liquide (tensioactif pour favoriser le mélange).

### Autre méthode

Faire des **boulettes** (de 10 à 80 mm) contenant plusieurs graines et les disperser dans la parcelle (*seed ball*, *seed bomb*, *earth ball*). On peut mettre ces boulettes dans du papier toilette pour éviter l'effritement.



### Vidéos :

**Enrober ses graines d'argile : Notre recette (la ferme de Cayolle) – 26 juin 2019**

[https://www.youtube.com/watch?v=uppbfAL\\_XEQ](https://www.youtube.com/watch?v=uppbfAL_XEQ)

**Masanobu Fukuoka parle de La révolution d'un seul brin de paille.**

<https://www.youtube.com/watch?v=HveaqQy9hU>

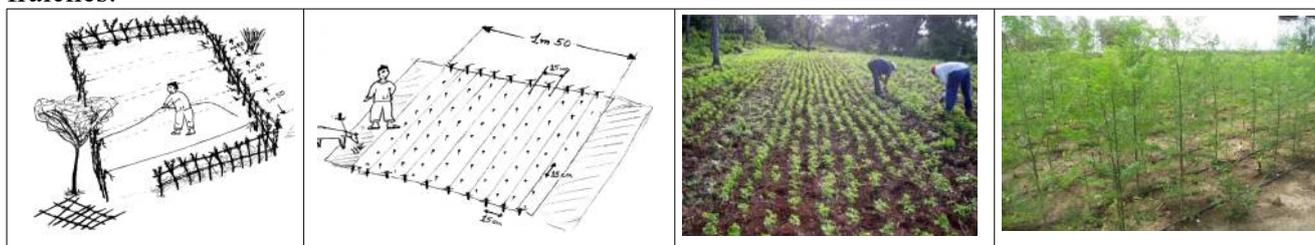
## II.7 - La culture du Moringa-feuilles

### Principe

*Moringa oleifera* est un arbre à croissance rapide du Nord de l'Inde dont les feuilles sont riches en protéines et en vitamines. Il peut être cultivé en jardin comme un légume-feuille ou en tisane. Les graines ou les boutures sont plantées tous les 15-20 cm en quinconce entre lignes et entre plantes.

### Méthode

Des branches de l'arbuste sont coupées tous les 2 à 3 mois. Les jeunes feuilles tendres sont lavées des poussières. Les folioles séparées des tiges sont séchées à l'ombre et réduites en poudre ou utilisées fraîches.



Clôturer par une haie

Planter serré pour avoir le maximum de feuilles



Récolte des plantes à 30 cm une fois arrivées à 1 m de hauteur (tous les 2-3 mois).



Après la récolte séparer les folioles et les laver (nervures au bétail)

Séchage dans un four solaire



Broyage des folioles sèches

Poudre de *Moringa*

Pulvérisation pour fortifier les cultures

### Remarques

- Comme *Moringa oleifera*, d'autres arbustes ou arbres peuvent être cultivés en jardin pour leurs feuilles : *Vernonia amygdalina*, et *Vitex doniana*.
- Il y a d'autres utilisations de l'écorce, des fruits et des graines de Moringa.
- Au Sud de Madagascar, il y a une espèce de Moringa comestible endémique : *M. madagascarensis*.

### Référence

Site web (fin 2015) : *MoringaNews*, Moringa et plantes ressources du futur. <http://www.moringanews.org/>

## II. 8 – Les légumes feuilles (brèdes), légumes sauces

### Principe

Les feuilles d'environ 70 espèces de différentes familles, cultivées ou spontanées, annuelles ou pérennes sont utilisées comme légumes dans des plats en sauce ou sous forme d'épinards (légumes feuilles ou brèdes à Madagascar).

Étymologiquement, le maraîchage est la culture de légumes effectuées dans les marais. Les parties comestibles sont soit la feuille, la racine, le tubercule, le bulbe, la jeune pousse, le pétiole, la fleur, le fruit ou la graine. Les nutritionnistes conseillent la consommation de 50 à 100 gr minimum de feuilles par jour. Produits en quantité et d'une valeur nutritive essentielle, les légumes feuilles locales ont encore peu de valeur d'échange par rapport aux espèces étrangères (choux, salades).

### Méthode

Les principaux légumes feuilles d'espèces pérennes ou annuelles cultivées dans les jardins potagers africains sont les suivants :

Espèces	Famille	Cycle	Nom français	Nom en Fon (Bénin)	Multiplication
<i>Vernonia amygdalina</i>	Composée	Pérenne	Vernonie	<i>Alomagbo</i> , sauce <i>Amanvivé</i>	Graine
<i>Celosia argentea var argentea</i>	Amaranthacée	Pérenne	Célosie ou amarante plumeuse à feuille étroite et verte ou large et rouge	<i>Avounvo</i> , sauce <i>Soman</i>	Graine
<i>Vitex doniana</i>	Verbénacée	Pérenne	prune noire	<i>Fonman</i>	Graine
<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiacée	Pérenne	Manioc*	<i>Fingninman</i>	Bourure
<i>Moringa oleifera</i>	Moringacée	Pérenne	Moringa		Graine bouture
<i>Adansonia digitata</i>	Bombacacée	Pérenne	Baobab		Graine
<i>Solanum macrocarpon</i>	Solanacée	Annuelle	Grande morelle	<i>Gboma</i>	Graine
<i>Solanum aethiopicum</i>	Solanacée	Annuelle	Aubergine africaine		
<i>Corchorus olitorius</i>	Tiliacée	Annuelle	Corette	<i>Crincrin</i> , <i>Nehoun</i>	Graine
<i>Basella alba</i>	Basellacée	Annuelle	Baselle africaine	<i>Djomaka</i> , <i>Tchayo</i>	Graine
<i>Amaranthus cruentus</i>	Amaranthacée	Annuelle	Amarante rouge ou verte	<i>Fotété</i>	Graine
<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulacée	Annuelle	Patate douce**	-	Bouture de tubercule et tige

\* : À Madagascar, le plat national, *ravitoto*, est fait de feuilles de manioc doux hachées, cuites avec de l'ail et de la viande de porc. \*\* : au Bénin, certains croient que la plante est à l'origine de stérilités masculines.

			
<i>Adansonia digitata</i> à 8 mois	<i>Celosia argentea</i>	<i>Corchorus olitorius</i>	<i>Vernonia amygdalina</i>

# Des plantes qui nous aident

III. 1 – L'agroforesterie ;

III. 2 – Les trognes ;

III. 3 – Les bambous ;

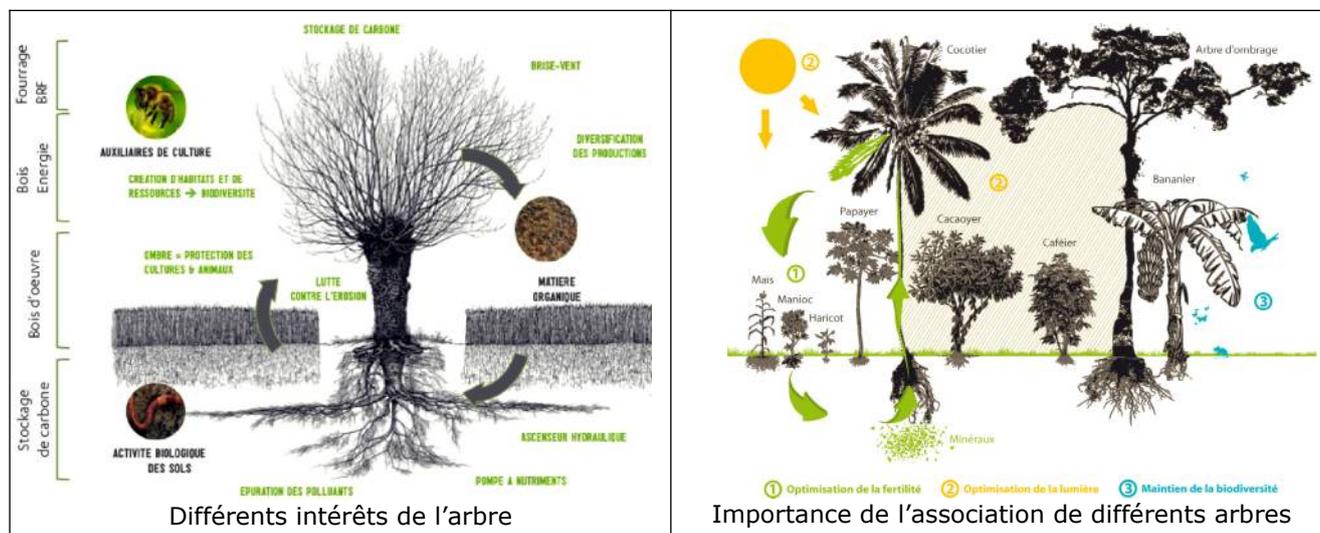
III. 4 – Les cactus ;

III. 5 - Le vétiver.

### III. 1 - L'agroforesterie

#### Principe

L'agroforesterie consiste à associer les arbres ou les haies aux productions agricoles (cultures, prairies) pour obtenir des agrosystèmes optimisant l'énergie solaire et résilients.



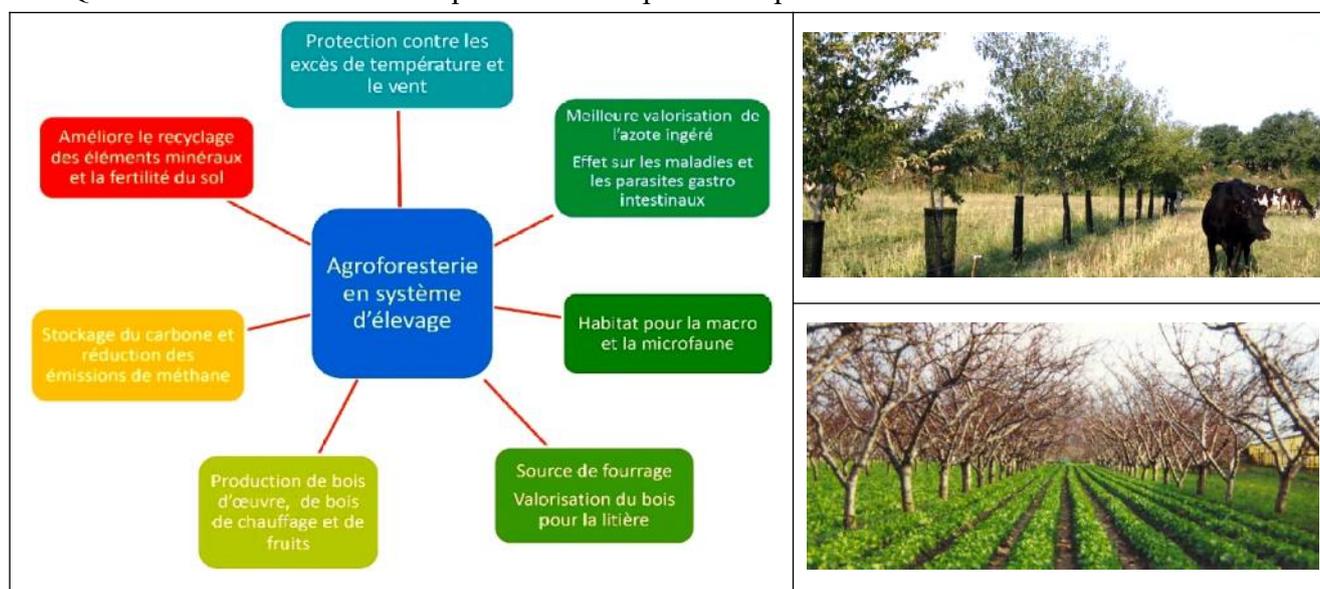
#### III. 1.1 Agroforesterie en zone d'élevage

Comme démarche préalable sur l'utilité des arbres, arbustes et lianes, il faut analyser si possible :

- la valeur fourragère, alimentaire, énergie et azote des feuilles d'arbres, arbustes et lianes locaux et régionaux sur plusieurs saisons (saisons sèches et saison des pluies), sur divers milieux pédoclimatiques, suivant différents modes d'exploitation notamment la teneurs en fibres (NDF, ADF, ADL), les teneurs en matières azotées totales (MAT), les teneurs en minéraux (Ca, Mg, P, K, Na + Cu, Fe, Mn Zn) et la digestibilité enzymatique ;
- l'appétibilité, l'accessibilité des feuilles ;
- la croissance et la régénération des arbres et des arbustes.

Comment disposer de ces ressources ?

- Quelle implantation : arbres isolés, haies intra parcellaires ou haies bocagères, bois, le long des parcours ?
- Quelle protection contre les troupeaux et la faune sauvage ?
- Quelle conduite de l'arbre et quel mode d'exploitation par les animaux ?



#### Référence

<https://www.agroforesterie.fr/documents/AFAF-agroforesterie-en-10-questions.pdf>

### III. 1. 2 Agroforesterie en jardins maraîchers

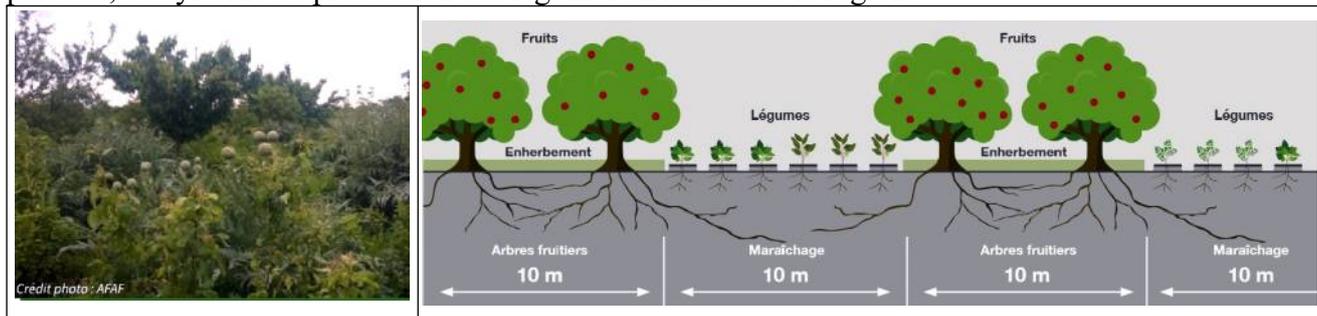
#### Principe

Les arbres améliorent les conditions micro-climatiques, l'infiltration de l'eau contre l'érosion du sol, limitent les stress (brise-vent, ombrage, taux d'humidité de l'air) et minimisent l'irrigation. Grâce à un réseau racinaire important, ils agissent comme une pompe à nutriments et favorisent la mycorhization. L'association d'arbres ou, arbustes et cultures maraîchères vise à l'optimisation de l'énergie solaire grâce à une photosynthèse maximisée à l'image des écosystèmes naturels diversifiés.



#### Méthode

Pour optimiser la gestion quotidienne, la ligne ou la planche (plutôt qu'à la plante) sont privilégiées et les arbres alignés (en général Nord-Sud) à la place d'une planche. L'arbre fruitier se cultive et s'entretient, surtout les 1ères années, au même titre que les cultures légumières après identification des espèces fruitières, surtout les porte-greffes, les mieux adaptées au contexte pédo-climatique de la parcelle, au système de production des légumes choisis et de la région.



Il est possible de semer ses fruitiers plutôt que les planter (récupérer des pépins ou noyaux, les scarifier et lever leur dormance, puis les semer (directement ou en mottes) aux endroits souhaités en matérialisant les endroits. Les arbres qui germeront pourront plus tard être greffés pour avoir des variétés bien identifiées, dans le cas de variétés autofertiles notamment (le semis d'un arbre permet de développer un pivot puissant, adapté au terrain et plus robuste).

Espèces fruitières en zone soudano-sahélienne	Caractéristiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papayer (<i>Carica papaya</i>)</li> <li>- Manguier greffé (<i>Mangifera indica</i>)</li> <li>- Citronnier (<i>Citrus</i> sp.)</li> <li>- Goyavier (<i>Psidium guajava</i>)</li> <li>- Prunier mombin (<i>Spondias mombin</i>)</li> <li>- Bananier plantain, doux (<i>Musa</i> sp.)</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveau de vigueur</li> <li>- Distance minimum sur la ligne</li> <li>- Hauteur de l'arbre adulte</li> <li>- Délai avant la mise à fruits</li> <li>- Production approximative en kg/arbre</li> <li>- Longévité de l'arbre</li> <li>- Tuteurage (variable selon les variétés et le sol)</li> <li>- Sensibilité</li> </ul>

#### Références

Association Française d'Agroforesterie (AFAF). Agroforesterie et maraîchage, produire et protéger. <https://www.agroforesterie.fr/documents/FICHES-FILIERES/fiche-AFAF-agroforesterie-filiere-Maraichage.pdf>

Échanges et ressources sur le greffage : <https://www.greffer.net/?p=28>

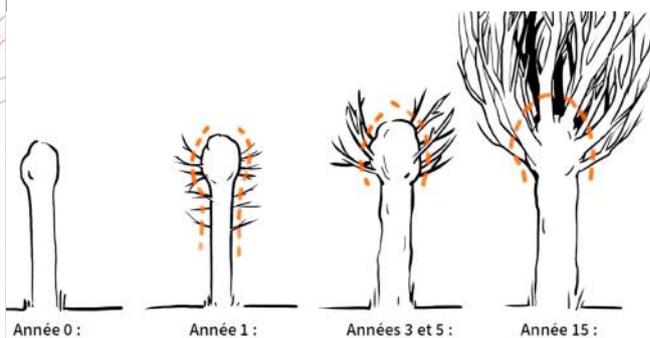
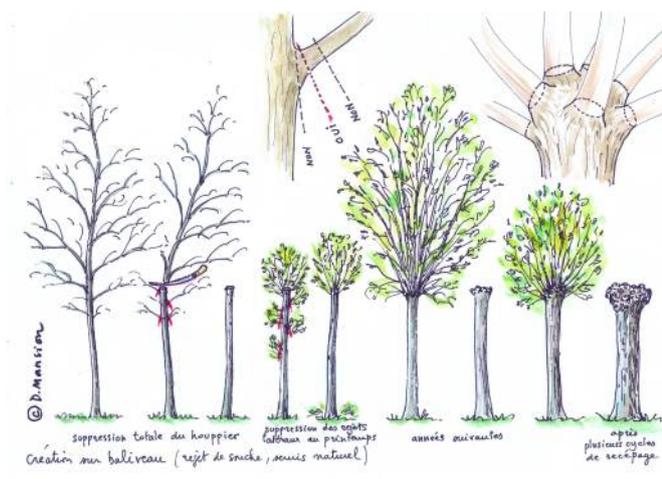
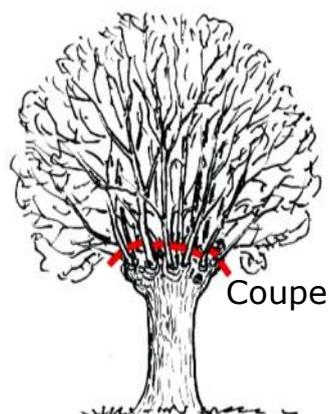
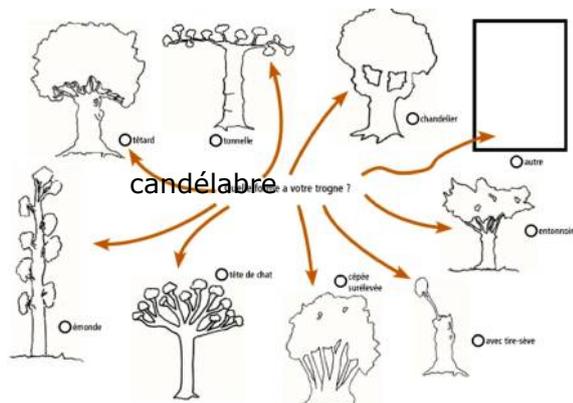
### III. 2. - Les trognes

#### Principe

La taille des arbres pour former des trognes ou arbres têtards est utile pour avoir du fourrage, des jeunes tiges pour la vannerie ou du bois de chauffe. Les arbres, limités en taille par un étêtage régulier, refont des tiges chaque année à bonne hauteur d'exploitation. Cela permet d'exploiter le bois sans toucher au tronc.

#### Méthode

Les espèces, la période et la technique de taille sont importantes.



#### Les espèces tropicales

*Azadirachta indica* (neem), *Combretum micranthum* (kinkiliba), *Faidherbia albida*, *Gliricidia sepium*, *Gmelina arborea*, *Jatropha curcas*, *Jatropha gossypifolia*, *Leucaena leucocephala* (?), *Moringa oleifera*, *Prosopis juliflora* (?), *Prosopis africana* (?)

#### Références

Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine normande. 2005. Les arbres têtards : intérêts, rôle et guide d'entretien. 16 p. <https://www.pnr-seine-normande.com/upload/medias/guidetetards.pdf>  
 MANSION D., DUMONT É., LIZET B., JACQUIN F.-X. 2007. Les trognes en Europe - Rencontres autour des arbres têtards et des arbres d'émonde. Maison botanique de Boursay. Centre européen des trognes. 173 p.  
 MANSION D. 2015. Les trognes : l'arbre paysan aux mille usages. Éditions Ouest-France. 140 p.

#### Vidéos :

ARTE. 2019. Trognes. Les arbres aux mille visages.

<https://www.youtube.com/watch?v=kD6K6LwQCbw>

MANSION D. 2013. Les trognes dans l'agroforesterie.

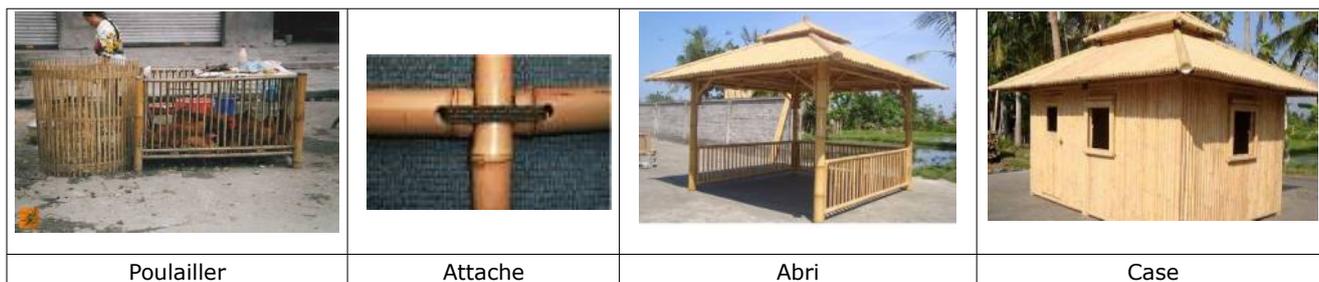
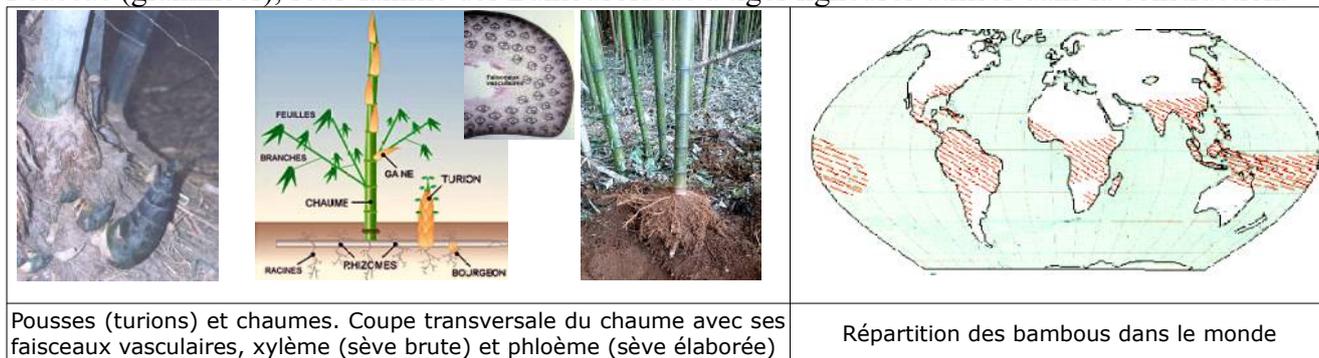
<https://www.youtube.com/watch?v=IzQNWIKV6T4>

MANSION D. 2016. Les trognes, arbres paysans <https://www.youtube.com/watch?v=i1nw8DB2anE>

### III. 3 - Les bambous

#### Principe

Utiliser les qualités des grands bambous (*Phyllostachys bambusoides*), monocotylédones, famille des Poaceae (graminées), sous-famille des Bambusoideae à tiges ligneuses utilisés dans la construction.



#### Méthode



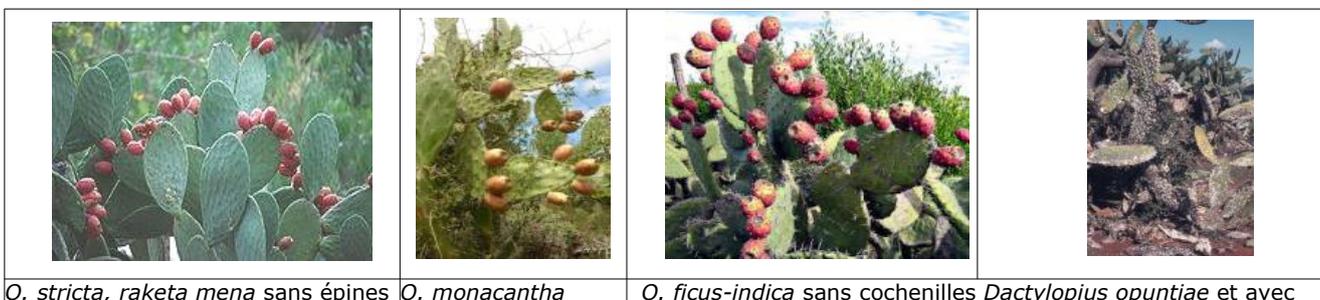
#### Références

<http://www.labambousaie.com/html/classif.htm> ; <https://fr.wikihow.com/couper-du-bambou>  
 International network for bamboo and rattan : <http://www.inbar.int/#1>

### III. 4 - Les cactus

#### Principe

Les cactus sont des plantes grasses ou plantes succulente, xérophytes adaptées à la sécheresse d'Amérique. *Opuntia* sp. ou figuiers de Barbarie est une plante à tiges épaissies, charnues à articles aplatis en forme de raquettes (cladodes). Ils sont multifonctions : fourrage, fruit, graine oléagineuse. Le genre *Opuntia* sp. a 180 espèces (cactus raquettes) mais la classification est incertaine (taille des cladodes et des aréoles, épines, couleur des fleurs, couleur des fruits, etc.).



#### Clôtures, haies vives

Avec les agaves, les cactus sont utilisés comme clôtures dissuasives et brise-vent dans le Sud de Madagascar. Plus rarement au Bénin à cause de la dangerosité des épines pour les enfants.



#### Utilisations principales

##### Fourrage

La plupart des espèces d'*Opuntia* ont dans leurs raquettes 80 à 90 % d'eau. La matière sèche contient 6 à 8 % de protéines, 10 à 13 % de fibre digestive, 10 à 15 % de sels solubles parmi lesquels du calcium en abondance, de petites quantités de potassium et de phosphore. Les raquettes débarrassées des épines par le feu alimentent et abreuvent le bétail.

##### Fruits comestibles

Les fruits frais, riche en vitamine C, constituent un aliment précieux pour l'homme. Les figues de barbarie contiennent 21,60 % de matière sèche, 3,70 % de substance cellulosique digestible, 0,50 % de protéines, 1,80 % de matières grasses et 14 % de sucre. L'huile extraite des pépins contient du delta 7 stigmastérols qui a des propriétés revitalisantes et régénératrices de la peau.

##### La purification de l'eau

Les Mexicains utilisent la gomme depuis le XIXe siècle pour purifier l'eau. Le mucilage floccule les sédiments et les bactéries d'une eau contaminée.

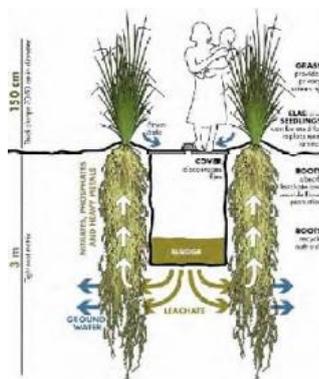
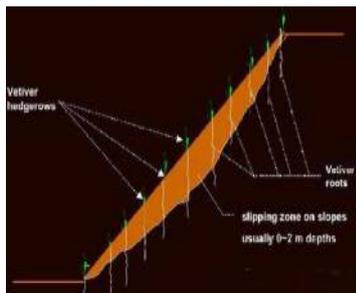
#### Références

AccessAgriculture, Atul Pagar, BAIF. 2020. <https://www.accessagriculture.org/fr/cactus-inerme-comme-fourrage>

Réseau mondial (sans Madagascar ni le Bénin) : <http://www.cactusnetwork.org/>

### III. 5 - Le vetiver

**Principe :** Le vetiver, *Chrysopogon zizanioides* (sous-continent indien), *Chrysopogon nemoralis* (Asie du Sud-Est) ou *Chrysopogon nigritanus* (ou *Vetiveria nigrimana* Afrique occidentale et australe) est une graminée multi-usages : chaume, paille, aliment pour les bestiaux, racines médicinales, huile essentielle et parfums (racines), contre l'érosion, haies brise-vents, épuration des eaux usées, etc. C'est une plante vivace non invasive (pas de graines ni de rhizome), xérophyte mais qui résiste à l'inondation, sans entretien. Elle ralentit le ruissellement, améliore l'infiltration et ne concurrence pas les cultures. Elle protège contre les feux (pare feu vert). Résiste aux termites. Des vetivers plantés autour de latrines ou d'anciennes fosses sont utiles pour la sanitation.



Système racinaire allant jusqu'à 3 m de profondeur

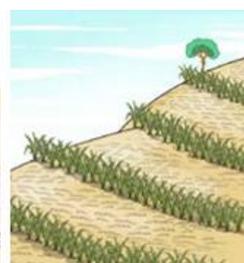
Utilisation dans lutte contre l'érosion

Utilisation dans la sanitation de latrines

Utilisation dans l'assainissement à Madagascar

**Méthode :**

Une souche peut contenir 40 - 50 tiges. La meilleure espèce est *Chrysopogon zizanioides*. la distance entre les plants doit être de 10 cm environ.



Méthode de multiplication et de plantation



Multiplication en pépinière (1 tige par pot)

Artisanat à Madagascar

Fourrage planté en intercalaire

Fixation des berges d'un bassin piscicole

**Références**

Vetiver Network International (TVNI) : [http ;//www.vetiver.org/](http://www.vetiver.org/)  
<http://vetivernetinternational.blogspot.com/>

## Dans l'alimentation

IV. 1 – Micronutriments ; iode, vitamine A et fer ;

IV. 2 – L'éclaircissement de l'eau et stérilisation ;

IV. 3 – La désalinisation de l'eau de mer ;

IV. 4 – La conservation des récoltes : les silos à grains ;

IV. 5 - L'étuvage des céréales ;

IV. 6 - L'élevage des poissons-chats (*Clarias gariepinus*) ;

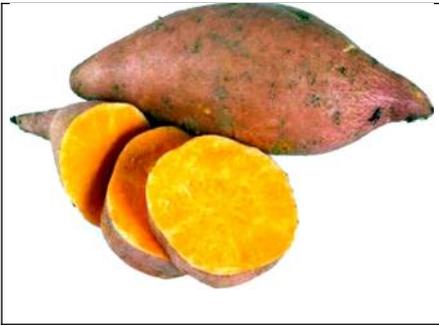
IV. 7 – Le petit élevage à la ferme et au domicile ;

IV. 8 – Les insectes dans l'alimentation animale et humaine.

#### IV. 1 – Micro-nutriments et la faim invisible

##### L'iode

L'iode est un oligo-élément essentiel au fonctionnement de notre organisme, en moyenne 150 µg d'iode par jour et par personne (90 à 250 µg). L'iode est absorbé au niveau de l'estomac et du duodénum, capté par la thyroïde et excrété dans les urines. 200 à 250 µg par jour sont indispensables pour la synthèse des hormones thyroïdiennes nécessaires tout au long de la vie mais surtout chez le fœtus et le nouveau-né. Elles jouent un rôle dans le développement cérébral et donc, dans l'acquisition de l'intelligence et des capacités cognitives. Le sel est un moyen efficace de distribuer de l'iode avec un agent iodant, l'iodate de potassium KIO<sub>3</sub>, de 1,5 et 2 mg (France) à 6,3 mg d'iode (USA) pour 100 g de sel. Grâce à l'iodation du sel depuis 1994 au Bénin (FAO, 2010) et les campagnes de sensibilisation, les Troubles Dus à la Carence en Iode (TCI ou TDCI) ne sont plus un problème de santé publique sauf au Nord. Après enquête sur le sel utilisé, un paquet de sel iodé de 500 g peut être remis aux femme enceintes d'un ménage. L'apport excessif d'iode a été pris en compte en 2009 au Bénin. On peut également fortifier en fluor.

		
<p>Patate douce à chair jaune</p>	<p><i>Ipomea batatas</i> à Toliara</p>	<p>Sel fortifié en iode et fluor</p>

##### La vitamine A

**La vitamine A, ou rétinol, est une vitamine liposoluble intervenant dans la vision, la croissance et la différenciation cellulaire, le développement embryonnaire et foetal, le maintien des barrières épithéliales et cutanées, et le bon fonctionnement du système immunitaire.**

En 1999, des données indiquaient un problème de santé publique dans le Nord du Bénin, l'anémie touchant plus de 3/4 des jeunes enfants et environ 60 % des femmes enceintes. La vitamine A est apportée par l'alimentation, sous forme de vitamine A préformée par les aliments d'origine animale ou sous forme de caroténoïdes pro-vitaminiques A, particulièrement le β-carotène, par certains fruits et légumes.

La patate douce (*Ipomoea batatas* famille Convolvulaceae), cultivée pour ses tubercules et ses feuilles (légume feuille) peu exigeante à cycle de culture court (4-5 mois, tubérisation, jours courts) apporte des fibres, du fer, du potassium, de la vitamine C, du magnésium et, pour les variétés à tubercules à chair jaune ou orange, du β carotène.

Sur l'amélioration de la compétitivité des chaînes de valeur de la patate douce à chair orange au Bénin, Niger et Nigeria, un projet de recherche-développement a démarré (2018-2021) par notamment la faculté d'agronomie de l'Université de Parakou (FA-UP). Il est financé par l'Union Africaine (UA) et appuyé par l'Union Européenne (UE).

La fortification en vitamine A de l'huile de coton est réalisée au Bénin. Sa stabilité pendant la conservation est en cours d'étude (projet StaVita de l'IRD UMR Nutripass Nutrition, Aliments, Santé).

##### Le fer

**le fer permet aux animaux de respirer l'oxygène, en le fixant sur l'hémoglobine, le pigment rouge du sang. Il permet donc de capter l'oxygène de l'air, de le stocker dans les muscles, il intervient également dans plusieurs fonctions essentielles dont la fonction immunitaire.** Le corps humain contient de 3 à 5 g de fer qui se répartissent en 60 à 70 % dans l'hémoglobine du sang (entre 0,6 et 1,5 mg/L sang), 15 % dans les cellules tissulaires, cytochromes, enzymes, 8 % dans la

### *Quelques propositions innovantes*

myoglobine stockant l'oxygène au niveau des muscles et 15 % dans les dépôts, ferritine des tissus du foie, de la moelle, rate et plasma (transferrine, 0,5 % du fer total). La sidérémie (taux de fer sanguin) varie suivant l'âge et le sexe : moins élevée chez la femme (sauf cependant pendant la grossesse et l'allaitement) et plus élevée chez le nouveau né (de 1,1 à 2 mg). Si anémie, le taux d'hémoglobine descend en dessous de 110g/l chez la femme et en dessous de 120 g/l chez l'homme.

Lutter contre le faible apport de nourritures, la malnutrition, les infections et le parasitisme (paludisme, etc.) diminue l'anémie ferriprive. En 2011, l'OMS a proposé une supplémentation aux enfants de 2 à 5 ans 25 mg de fer élémentaire (fumarate ferreux) et pendant la grossesse 30 à 60 mg/jour ou 120 mg par semaine (200 mg de sulfate ferrique / jour remis à la 1ère consultation anténatale jusqu'à 45 jours après la naissance + 5 mg d'acide folique / jour).

Le prémix ou fortifiant peut contenir du fer (sous forme de sulfate de fer), du zinc (oxyde de zinc) et de l'acide folique sur support d'amidon de maïs (dosage de 0,02 %, 200 g de prémix pour une tonne de farine).

Au Bénin, des mesures ont été prises, en particulier la **fortification de la farine de blé en fer, zinc, acide folique et en vitamines du groupe B** (FAO, 2010).

Des niveaux élevés de ferritine sérique sont associés à un risque de paludisme accru et à une parasitémie plus élevée (l'anémie chez les nourrissons jusqu'à 1 an protègerait du paludisme) d'où il faut traiter le paludisme si supplémentation.

#### **Références :**

**Centre d'information sur la qualité des aliments de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Ciquial-Anses).** 2017. Table de composition nutritionnelles des aliments. <https://ciquial.anses.fr/>

**IRD.** 2020. Publications UMR Nutripass 2012-2020. <https://nutripass.ird.fr/publications-communications>

**SFP-Société Française de Pédiatrie France.** 2017. La vitamine A chez l'enfant - Une mise au point du Comité de nutrition de la Société française de pédiatrie.

[https://www.sfpediatrie.com/sites/www.sfpediatrie.com/files/medias/documents/vitamine\\_a\\_miseaupoint.pdf](https://www.sfpediatrie.com/sites/www.sfpediatrie.com/files/medias/documents/vitamine_a_miseaupoint.pdf)

## IV. 2 – L'éclaircissement de l'eau

### Principe

De la poudre fine de graines ou de tourteau de *Moringa oleifera* est utilisée pour précipiter les impuretés d'une eau turbide (floculation-décantation). Le floculant est une protéine qu'on trouve dans le tourteau après extraction de l'huile (25 à 34 % jusqu'à 46 %), huile qui provoque sa flottaison et le bouchage des filtres. C'est un poly-électrolyte cationique utilisé comme substitut du sulfate d'alumine et d'autres floculants. Son efficacité ne dépend pas du pH et le surdosage ne diminue pas son activité ni ne cause de toxicité. La boue obtenue n'est pas toxique. 90 à 99 % des bactéries sont éliminés.

La technique est utile avant la chloration ou avant de faire bouillir l'eau car les matières en suspensions sont un obstacle à l'action du chlore.

### Inconvénients

- L'utilisation au niveau des ménages peut-être difficile à cause des dosages aléatoires, du manque d'agitation, de la pollution par les récipients et les ustensiles.
- La coagulation des impuretés prend du temps (1h 30) et doit être faite chaque jour par la famille parce que l'eau purifiée ne peut pas être conservée sans être contaminée avec un mauvais goût et une odeur.
- Les bactéries ne sont pas tuées par le traitement et peuvent être consommées si le sédiment n'est pas éliminé correctement. Or, la boue de Moringa est légère, constituées d'un floculant fragile.
- Une eau faiblement turbide sera difficilement floculable.

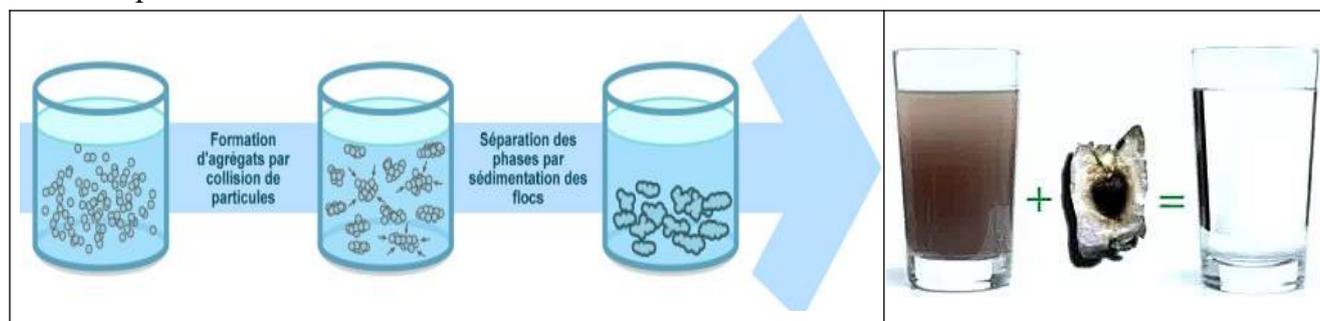
### Méthode

- Broyer des graines décortiquées en farine fine (la sécher si agglomérée). Pour traiter 200 l d'eau sale, une solution concentrée est faite avec 20 g de poudre (20 cuillerées à soupe, environ 200 amandes broyées) dilués dans 1 litre d'eau distillée stérilisée (2%) et le mélange agité durant une heure afin d'extraire le coagulant. Retirer le matériel insoluble par filtration à travers un tissu nylon ou en coton. Le liquide filtré, d'apparence laiteuse, est la **solution mère**. Elle doit être légèrement secouée avant emploi. Cette suspension ne peut pas se conserver et doit donc être préparée tous les jours.

- Ajouter à l'eau de marigot ou de rivière en agitant rapidement de 1 à 2 min suivie d'une agitation modérée de 20 min. Puis laisser reposer l'eau dans le seau pendant 1 heure sans la bouger (décantation).

- Quand le matériel solide est décanté dans le fond du seau, l'eau propre peut alors être récupérée en vérifiant la turbidité à l'œil nu. Faire bouillir ou ajouter du chlore ou de l'eau de Javel (1 ou 2 gouttes/l) pour rendre l'eau complètement saine et sans danger pour la consommation humaine.

Pour la dépollution de 10 l d'eau sale : Décortiquer et écraser les graines sèches de *M. oleifera* jusqu'à obtenir une farine. Mettre 2 cuillères à café dans une petite bouteille d'eau d'eau claire. Agiter fortement pendant 5 mn. Verser le contenu de la bouteille dans l'eau à purifier au travers d'un filtre en tissu ou une passoire à thé. Remuer rapidement pendant 2 mn puis lentement pendant 10-15 mn. Laisser reposer 1 à 2 h.



Les protéines contenues dans les graines se lient aux impuretés, ce qui provoque leur agrégation en agrégats compacts de particules en suspension, appelés *flocs*

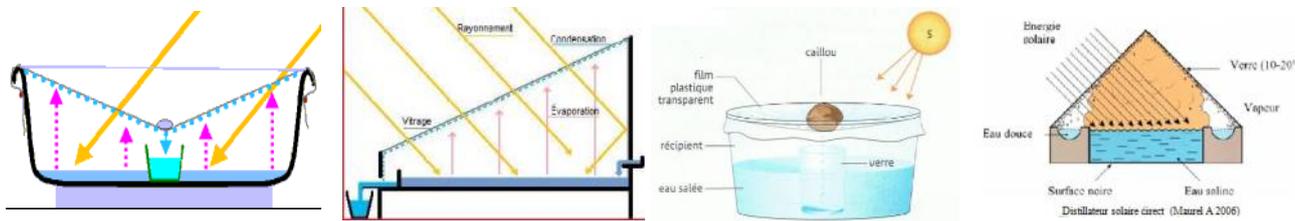
[https://www.youtube.com/watch?v=rHNTL\\_Qb9N8](https://www.youtube.com/watch?v=rHNTL_Qb9N8)

Faire des capsules : <https://www.youtube.com/watch?v=-wuRjzCpB68>

### IV. 3 - La désalinisation artisanale de l'eau de mer

#### Principe :

Récupérer l'eau douce de condensation issue d'eau saumâtre ou de mer.



Principe du dessalement

#### 3.1 Le watercone



#### 3.2 Fonctionnement

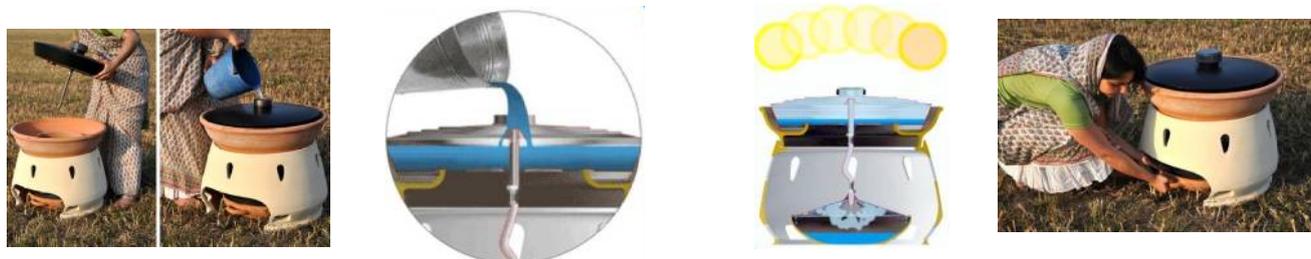


Eau salée

Plein soleil

Récupération de l'eau douce

#### 3.3 Autre système : l'*Eliodomestico* de Gabrielle DIAMANTI



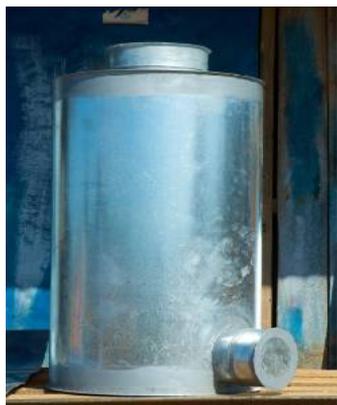
L'eau salée est placée dans un récipient noir

Avec le soleil, l'eau monte en pression et descend dans le récipient du bas. Il est récupéré le soir (5 litres / jour)

### IV. 3 - La conservation des récoltes avec des silos à grains

**Principe** : Les pertes post-récoltes sont importantes (50 % en 6 mois pour le maïs). L'objectif est d'asphyxier les insectes après séchage des grains (moins de 14 % d'humidité).

**Technique** : Récipient en fer galvanisé étanche, grains secs (vérification avec du sel) et élimination de l'oxygène par une bougie.



Silo en tôle galvanisée



Tôle galvanisée de 100 x 200 cm et 0,5 mm d'épaisseur (no 26)



Test du taux d'humidité : mettre des grains dans une bouteille avec du sel



Bougie pour brûler l'oxygène à l'intérieur du silo



Récupération des grains suivant les besoins



Conservé l'étanchéité après chaque récupération de grains

#### Vidéos :

<https://www.youtube.com/watch?v=B1W5wd50ozY>

<https://www.youtube.com/watch?v=wMHAm6ROTj4>

<https://www.youtube.com/watch?v=8UIDQK5uw7g/>

<https://www.youtube.com/watch?v=fXVSUrYjY48>

## IV. 5 - L'étuvage des céréales

**Principe** : L'étuvage est la pré-cuisson à la vapeur du riz paddy préalablement trempé et lavé. Utilisé aussi pour faire du couscous de maïs, de manioc, d'igname, etc.

### Caractéristiques du riz paddy :

- absence d'impuretés (corps étrangers),
- absence de balles vides, de grains brisés, grains immatures, de grains d'autres variétés (pureté variétale),
- bonnes dimensions appréciables,
- séchage correct (taux d'humidité 12 à 14 %).

### Les avantages de l'étuvage du riz :

- Rendement élevé au décorticage ;
- Bonne aptitude à la cuisson (absorbe plus d'eau, tendre et gonfle bien et ne colle pas) ;
- Bonne conservation (moins vulnérable aux insectes durant le stockage) ;
- Augmentation de la valeur marchande et valeur nutritive élevée (80 % des vitamines et des sels minéraux sont conservés) ; plus léger et saveur agréable.

### Méthode

Pour un type de variété, un riz paddy de bonne qualité est lavé et trempé avec de l'eau propre. L'eau de lavage est jetée. Il faut arrêter le chauffage dès l'apparition des bulles ou quand le doigt ne résiste pas longtemps dans l'eau de chauffage en évitant la fermentation lors du refroidissement (une nuit pour permettre aux vitamines et sels minéraux de migrer de l'enveloppe vers le grain).

Arrêter l'étuvage dès que les balles des grains paddy s'ouvrent en vérifiant que tous les grains de surface et au milieu sont étuvés (environ 13 mn pour 24 kg de paddy).

Sécher au soleil en couche mince puis à l'ombre en évitant la contamination par des corps étrangers. Remuer pour accélérer et permettre un séchage uniforme (vérifier le taux d'humidité avant décorticage). La fin du séchage à l'ombre est marquée par l'enlèvement facile des balles par frottement du paddy dans la paume des 2 mains.

Une fois décortiqués, utiliser des emballages appropriés : sacs neufs et éviter toute souillure.



Marmite perforée et adaptée au bac d'étuvage. Au Ghana à droite.



1er lavage du riz paddy



1er égouttage



Paddy chauffé dans l'eau à 60°C. Puis refroidit une nuit



2ème égouttage



Pré cuisson du riz à la vapeur (environ 15 mn)



Séchage des grains étuvés au soleil puis à l'ombre

#### IV. 6 - L'élevage des poissons-chats (*Clarias sp.*)

**Principe** : Le poisson chat du Nil, *Clarias gariepinus* (silure africaine) est fort apprécié en Afrique car c'est un poisson omnivore qui respire à l'extérieur de l'eau. Les techniques de base pour la reproduction artificielle, l'alevinage et le grossissement par alimentation artificielle sont au point. L'équipement est à la portée de beaucoup : il permet ainsi un apport protéique non négligeable.

**Méthode** :

*Sélection des géniteurs et reproduction artificielle* : femelle à gros ventre mou et mâle les plus gros à gros testicules. Les femelles matures nécessitent une injection d'hormones hypophysaires pour permettre la libération d'ovules (*stripping*). L'injection en soirée permet de récupérer des femelles matures 11 h plus tard soit le lendemain matin à une t° de 25 °C. Les testicules sont broyés pour récupérer la laitance que l'on conserve à sec dans des seringues de 5 à 10 ml maintenues au froid jusqu'à la fécondation. Après avoir mélangé délicatement pendant 5 minutes ovules et sperme on rince. Le développement des embryons est très rapide puisque l'éclosion des œufs a lieu après 27 h à 25 °C.

*Nourrissage des larves* : les larves préfèrent nettement la nourriture vivante, des nauplii d'*Artemia* (400 à 500 µm) ou à défaut du zooplancton (taille ~200 µm) vivant ou congelé.

À J6 après fécondation, on transfère les larves dans un bassin de 400 l bien oxygéné pouvant contenir 400 à 600 g de larves/bassin soit 40 000 à 60 000 larves avec un maximum de 100 000 larves soit 250 larves/l (t° de 24 à 28 °C). Au J9, on commence à distribuer le 1er repas d'aliment composé sec en vue de sevrer les alevins et de les alimenter de granulés de dimension adéquate en fonction de leur croissance et donc de la taille de leur bouche. Attention au cannibalisme.

À J24 après la fécondation, il faut procéder aux tris afin d'évacuer les plus gros alevins à une fréquence de 10 à 15 jours et accompagné d'un traitement préventif de chaque bassin par baignation à l'oxytétracycline (50 g/m).

*Sevrage* : de J9 - J11 jusque J16 -J17 en 2 rations quotidiennes (2 x 12 h) distribuées en continu. Après 50 jours, une partie des poissons (tête de lot) qui atteignent le poids moyen de 8 à 10 g sont triés et mis en grossissement, une 2ème partie (milieu de lot) atteindra ce poids moyen 1 semaine plus tard et enfin le reste (queue de lot) n'atteindra ce même poids moyen que 3 semaines après.

*Grossissement* : Les bassins doivent être siphonnés quotidiennement afin d'éliminer les restes d'aliment, les fèces des poissons et les individus morts. Les pompes de recyclage doivent être nettoyées tous les 1 à 2 jours en fonction de la charge en matière organique.

Dès qu'ils ont 10 à 12 g transfert dans des bassins (1 000 à 1 200 / m<sup>3</sup>). Les rations alimentaires sont distribuées en 2 à 3 rations quotidiennes. Les poids moyens à la commercialisation varient entre 800 et 1 500 g (en 4 à 6 mois à partir de 250 g).



*Clarias gariepinus*



Aquarium d'élevage



Sexes femelle et mâle



Hypophyse mâle



Testicules



Bassins d'élevage hors sol (supports en planches, bambous ou raphia)



Tri des alevins

**Référence** :

DUCARME Ch., MICHA J.-C. 2003. Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*. Tropicultura 21 :189-198.

#### IV. 6 – Le petit élevage terrestre

À part les poissons, d'autres espèces animales prolifiques et faciles à élever servent d'appoint et pallient l'insuffisance de protéines notamment la volaille et les lapins.

##### IV. 6. 1 – Volailles – Poulailleurs

Pour un élever des poules, il faut un bon poulailleur dans un cadre de vie agréable (10 à 20 m entre des zones ombragées). Le poulailleur ne doit pas être exposé aux courants d'air ou au vent. Leur abri doit être sécurisé contre tout type de prédateur toujours à l'affût. Contre les rats, on peut construire un étage au sein du poulailleur (ou enterrer la clôture de 30 cm). Il faut prévoir des perchoir de repos arrondis dans un lieu isolé (un pour 3 ou 4 poules) et 1 m<sup>2</sup> pour chaque poule. L'accès doit être facile pour le nettoyage afin d'éviter que les bactéries et les insectes ne prolifèrent.

		<p>Zone de ponte</p>
<p>Élevage en agroforesterie</p>	<p>Utilisation des poules pour le nettoyage du jardin potager</p>	<p>Mini poulailleur et mangeoires PVC*</p>

\* Pour fabriquer des mangeoires en PVC, voir <https://www.youtube.com/watch?v=Cc9xhyOusB0>

#### Références :

##### IV. 6. 2 – Lapin - Clapiers

Il faut beaucoup d'attention, de soins et de surveillances dans un local propre, aéré, silencieux et peu éclairé. Il existe différents types de clapiers (80 x 40 cm et 60 cm de hauteur permet d'engraisser 5 lapereaux) suivant leurs fonctions : cage du mâle, de la femelle, de la reproduction où la lapine effectue la mise à bas et la cage d'engraissement des lapereaux sevrés jusqu'à 3 à 4 mois (2 à 2,5 kg). On peut les fabriquer en bambous, en ciment ou en grillage. Elle doit être équipée de mangeoires (et râtelier à fourrage), d'abreuvoirs, de zones de nidations (boîtes à nid) et d'allaitement. Les lapins ont besoin d'eau propre, de lipides (tourteaux pressés de palmiste) de fibres en cellulose (son de riz), de protéines (viande, lait...) et de sels minéraux (peu de fruits ou de légumes). Mettre des bâtons dans les cages pour qu'ils se fassent les dents. Il faut laisser les grosses crottes molles et de couleur claire (cæcotrophes réingurgitées car le lapin est coprophagie). A la 1ère saillie, la lapine doit être âgée d'au minimum 5 mois et plus de 2,4 kg et le mâle 5,5 mois et plus de 3 kg. Utilisez du vinaigre blanc pour nettoyer le clapier.

<p>Mangeoire extérieure</p>	<p>Râtelier à fourrage</p>	<p>Clapiers en bambou</p>	<p>Élevage au sol mobile</p>

#### Références :

Djago Y.A., Kpodekon M., Lebas F. Méthodes et techniques d'élevage du lapin en milieu tropical. Centre Cunicole de Recherche et d'Information du Bénin (CECURI, créé en 1987).

<https://cuniculture.info/Docs/Elevage/Tropic-01.htm>

Lebas F. Liste des plantes tropicales utilisables comme fourrage pour les lapins.

<https://cuniculture.info/Docs/Elevage/Elevage-fichiers-pdf/Elevage-Tropic-pdf/liste-fourrages-tropicaux.pdf>

## IV. 8 - L'élevage d'insectes

**Principe** : 1950 espèces d'insectes sont mangés par l'homme et beaucoup d'animaux (poissons, reptiles, volailles, etc.) à travers la planète. 1 tonne / mois nécessite seulement 35 m<sup>2</sup>. Les vers de farine, punaises, grillons sont appréciés au Mexique et au Cambodge, les crickets ou les termites en Afrique.

### Méthodes 1 : Ver de farine (*Tenebrio molitor*)

Le ver de farine est la chenille du ténébrion meunier (le stade larvaire du coléoptère). Le substrat moulu en une farine fine est composé de céréales (flocons de son de blé, des flocons de maïs) et de graines. La reproduction des vers de farine prend plusieurs mois.



Cycle du ténébrion

« Vers » de farine (chenilles)

Chrysalide ou nymphe (20 jours) et imago Coléoptères (durée de vie de 6 mois)

Du stade de larve à celui de nymphe et de celui de nymphe à celui d'adulte, il y a 10 semaines. Les adultes se reproduisent et pondent des œufs dans le substrat (éclosions 1 - 4 semaines plus tard).



Élevage de vers sur de la farine. Il faut débarrasser les bacs des vers ou des adultes morts puis séparer les adultes une fois que les œufs ont éclos (ou prendre plusieurs boîtes) Vers grillés après avoir été congelés

### Méthode 2 : Grillons domestique (*Acheta domestica*)

Incubation de l'œuf : 10 à 13 jours, du jeune à l'adulte : 8 à 10 semaines, adulte : 8 à 12 semaines. Total maxi : 20 à 24 semaines. Les grillons sont d'abord placés dans des alvéoles (les barquettes d'œufs vendus en supermarchés) de 0 à 6 semaines. Ils sont nourris avec une alimentation 100 % végétale et le plus souvent locale : farine de céréales et fruits et légumes frais une fois par semaine.



Femelle d'*Acheta domestica*

*Gryllus bimaculatus*  
(grillon bimaculé)

Élevage de grillons domestiques à Micronutris (Toulouse) depuis 2011

Élevage au Vietnam

Il faut au minimum pour débiter 1 grand bac (colonie principale), 1 à 3 bacs moyens (bacs de croissance) et 2 incubateurs.

Dès qu'ils chantent, une partie est gardée pour la reproduction, l'autre partie n'est plus nourrie pendant 48 heures pour vider complètement le tube digestif de l'animal puis est ébouillantée et déshydratée.

# Pour l'hygiène de base

V. 1 – Les douches ;

V. 2 – Les lave-mains ;

V. 3 – Les latrines ;

V. 4 – Les urinoirs ;

V. 5 – La struvite

## V. 1 - Les douches

### Principe :

Pour améliorer l'hygiène, des cabines de douche en dur mais sans porte peuvent être construites pour les familles défavorisées. Les eaux grises seront utilisées ultérieurement pour éviter les moustiques (plantation de bananiers, cactus, etc.).

#### Douches rudimentaires traditionnelles



#### Douches améliorées



Douche accolée à la maison

Cabines multiples

Un bon modèle de cabine

### Méthode :

Il y a plusieurs modèles de douche extérieure sans toit : accolée à une maison avec ou sans porte, plusieurs cabines pour familles nombreuses, avec des murs plus ou moins haut.

### Réalisation

Une vingtaine de douche ont été construites par un même maçon à Vossa et Gbanlin au Bénin (Commune de Ouéssè) chez des familles démunies.

La construction de la première a été filmée en 2012 ([http://www.dailymotion.com/video/xx3aso\\_douche-a-vossa\\_travel#.UQbKBWdlhuo](http://www.dailymotion.com/video/xx3aso_douche-a-vossa_travel#.UQbKBWdlhuo)).

Elles ont été subventionnées à moitié par Formad (le coût total est d'environ 76 €).



Fondation

Murs hors fondation de 1m40 de hauteur

## V. 2 - Les lave-mains

**Principe :** Lutter pour l'hygiène des mains qui permet de diminuer de 70% les maladies diarrhéiques, dans les écoles et les restaurants.

**Méthodes :** Disposer d'un réservoir d'eau et d'un ou plusieurs robinets de qualité. Dispositif mobile ou fixe. Il y a plusieurs modèles :



Les moins chers

Modèles fixes



Modèle mobile (Bénin)

Modèles mobiles sur trépieds

### Modèles Formad



Fixe pour 1 robinet

Mobile sans trépied

Avec récupération eau sale

Petite taille avec 2 robinets (maternelles)

4 robinets (le bidon se vide rapidement) Le moins cher



Fabrication en série (Bénin et Toliara)

Dans une école maternelle (Bénin) et primaire (Toliara)

### V. 3 - Les latrines

**Principe :** Construire les latrines les moins chères. Populariser le kit 1 fosse-soubassement-sanplat.

**Méthode :** Latrines à compost, *clinus multrum*, *clinus minimus*



Latrines 4 cabines avec une fosse profonde (Ouèssè, Bénin)



4 cabines avec une fosse peu profonde et décalée



2 cabines



1 cabine

La fosse : Le tonneau est peu cher, utile dans les sols sableux instables, étanche et réutilisable.



Fosse septique et puits perdu



Avec 2 tonneaux

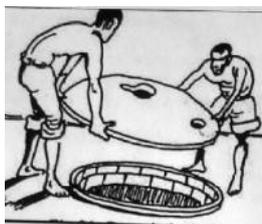


Fosse busée sans soubassement



*Clinus multrum*, fosse décalée pour compostage, séparation d'urine

**San-plat (sanitation platform) :**



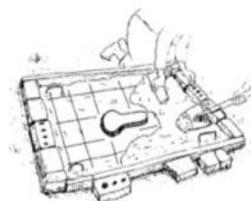
Sanplat circulaire



Sanplat à séparation



Présentoir sanplat



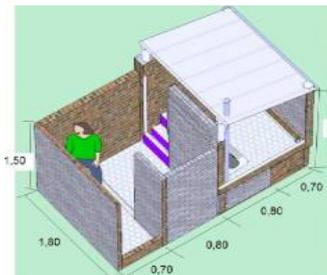
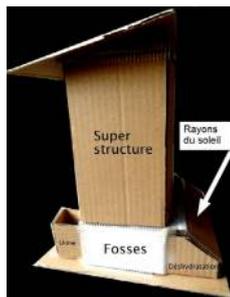
Méthode de fabrication

Maquettes



2 cabines alternées à déshydratation et séparation d'urine de latrines à compost

Modèle économique (Tchad)



Douche et latrines



Latrines à 2 fosses et sanplat circulaire à séparation d'urine

Référence

## V. 4 - Les urinoirs

**Principe :** Récupération de l'urine à l'aide d'entonnoirs dans des bidons de récupération. Ils ont une grande importance dans les établissements scolaires, les restaurants, les marchés, etc. L'urine est normalement stérile. Une fois diluée (de 2 à 10 fois), elle est utile comme engrais azoté aux cultures (azote de l'urée) mais se dégrade en présence d'oxygène. Il ne faut pas en abuser car il y a aussi des sels qui augmentent la salinité des sols.

### Méthode :

Recueil de l'urine dans des bidons de récupération.



Urinoir



Cabine



Urinoir carrelé double pente vers le milieu et pissoirs-bidons



### Urinoirs individuels



Principe chez homme et femme



Différents types d'entonnoirs



Avec ampoule pour fermer le bidon

### Utilisation de l'urine dans l'agriculture



Système de transport de l'urine



Urine diluée sur maïs

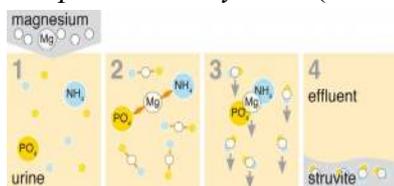


Remarque : on peut conserver l'urine et surtout l'azote en ajoutant 10% de vinaigre d'alcool.

## V. 5 - La struvite

**Objectif** : Récupérer le phosphore et l'azote de l'urine pour une utilisation comme engrais.

**Principe** : Précipiter en milieu basique les ions  $PO_4$  et  $NH_4$  avec du magnésium,  $Mg$  ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  ou  $MgKPO_4$  ou l'oxyde de magnésium,  $MgO$  ou hydroxyde magnésium  $Mg(OH)_2$ ). La réaction est  $Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  **struvite** ou *Magnesium Ammonium Phosphate Hexahydrate* (MAP). **500 l d'urine produit environ 1 kg de struvite (5-8 g/l).**



fertilizer comparison (N:P:K)		
urea	N	46:0:0
DAP	N P	18:46:0
struvite	N P Mg	6:29:0+10Mg



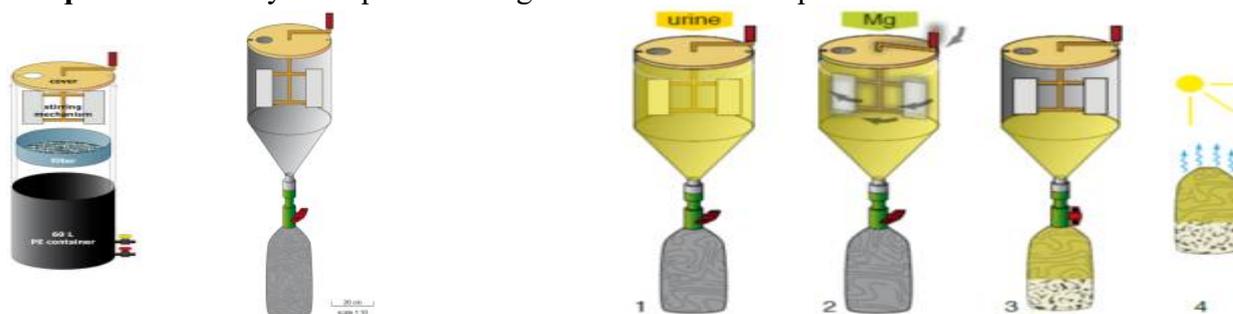
DAP : di-ammonium phosphate  $(NH_4)_2HPO_4$

Appareils agitateur- mélangeur à manivelle

**Avantages** : volume et poids réduits, stockage à long terme, facilitation dans l'usage, faible solubilité donc forte disponibilité pour les plantes sans polluants (métaux lourds et produits pharmaceutiques présents dans l'urine).

**Désavantages** : système coûteux (appareil + collecte des urines), acceptabilité dépendante des traditions socio-culturelles, connaissance limitée des paysans (contrairement à l'urée), œufs d'*Ascaris* (Tilley et al, 2011).

**Technique** : Réacteur cylindrique en acier galvanisé à base conique et sortie centrale



Modèle d'appareil testé au Népal : Mettre de l'urine, ajouter du magnésium et agiter 10 mn. Ouvrir le robinet : le précipité est filtré dans le filtre (filtre nylon, 2000  $cm^2$ ). Le précipité de struvite est séché au soleil



Transport de l'urine

Atelier de production pour obtenir la poudre

Séchée, la poudre est transformée en granulés par ajout d'eau

**Vidéos** : <https://www.youtube.com/watch?v=yUNI8j0fXQI> et <https://www.youtube.com/watch?v=-jwqYUjXmml> (sous-titre anglais)

Au Népal : <https://www.youtube.com/watch?v=5xo4hKEcFeM> (sous-titre anglais)

### Références :

ETTER, B. 2009. Process optimization of low-cost struvite recovery. Thèse Msc. 54p.

ETTER B., TILLEY E., KHADKA R., UDERT K.M. 2011. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. *Water Research* 45: 852-862.

# Innovations autour de la maison

VI. 1 – Les maquettes

VI. 2 – La voûte nubienne

VI. 3 – Les impluviums ;

VI. 4 – Les lavoirs ;

VI. 5 – Les réchauds solaires ;

VI. 6 - Les réchauds à copeaux de bois ;

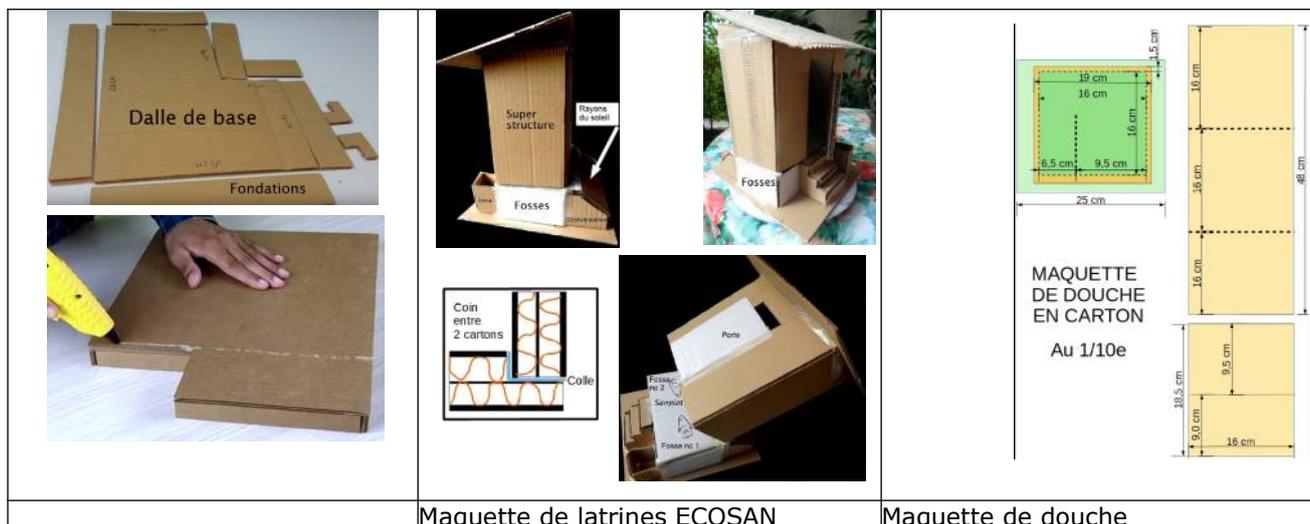
VI. 7 - Le charbon de paille.

## VI. Les maquettes

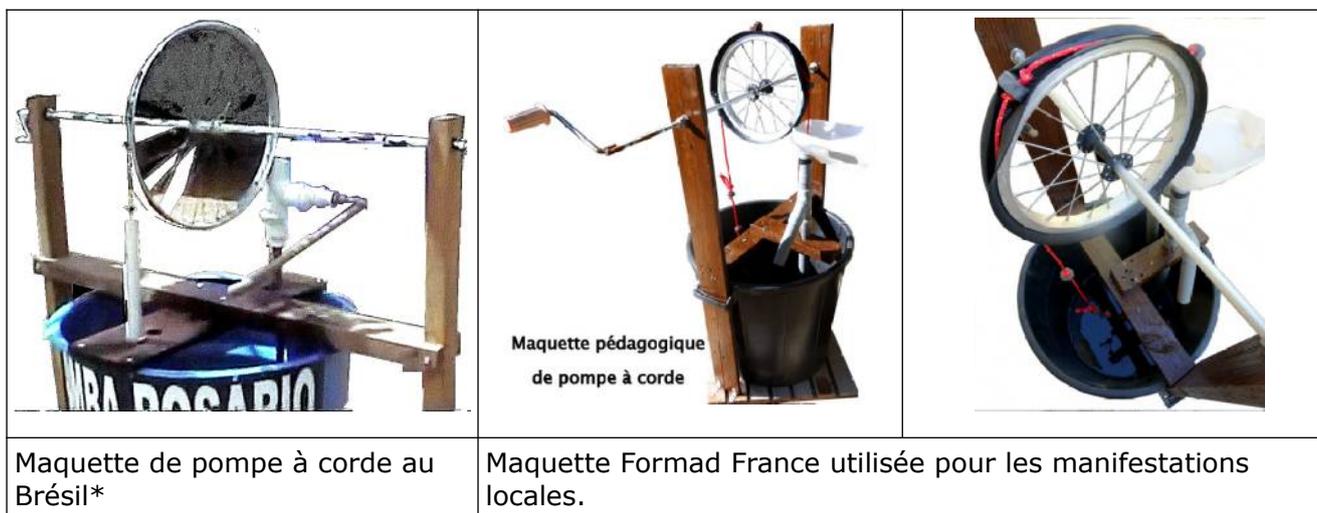
### VI. 1 Maquettes en carton

Les maquettes sont utilisées pour donner vie à un projet architectural. Elle peut être faite à base de différents matériels mais le plus simple c'est l'utilisation du carton (*cardboard* en anglais) d'épaisseurs variables. L'échelle peut être au 1/10e (1 m = 10 cm = 100 mm) ou au 1/20e (1 m = 5 cm = 50 mm) suivant la taille de l'édifice.

Pour fixer les différentes pièces, de la colle ou du scotch renforcé peuvent être utilisés. Si le carton a une double épaisseur, on peut ajuster les coins (figure).




### VI. 2 Maquette de pompe à corde



### Références :

\* Bomba Rosário sem eletricidade para Poço Artesiano - RUY BARBOSA/BA EBDA. 2010. <https://www.youtube.com/watch?v=26c61nYORWc>

Comment faire une petite maison en carton :

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=5&v=phGH4axgJxI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=phGH4axgJxI&feature=emb_logo)

[www.youtube.com/watch?v=mijYnF6folM](https://www.youtube.com/watch?v=mijYnF6folM) - [www.youtube.com/watch?v=pENbFSv06BA](https://www.youtube.com/watch?v=pENbFSv06BA)

[www.youtube.com/watch?v=on1w4PJJaKQc](https://www.youtube.com/watch?v=on1w4PJJaKQc) / [www.youtube.com/watch?v=bJKK7c3MC8A](https://www.youtube.com/watch?v=bJKK7c3MC8A)

## VI. 2 - La voûte nubienne

**Principe** : Construction de bâtiments avec des toits sans bois ni tôles pour des climats de type sahéliens. Les voûtes sont construites **sans coffrage**.

**Technique** (<http://www.lavoutenubienne.org/fr/>).

Conditions :

- S'assurer que la nouvelle construction n'est pas placée dans un bas-fond ou sur un passage important d'eaux de ruissellement ;
- il faut prévoir les possibles extensions futures
- Les fondations sont importantes (de 30 à 90 cm de profondeur) : largeur de 70 cm pour les murs porteurs (qui portent les voûtes) et 50 cm pour les murs pignons (qui ferment les voûtes) et 30 cm pour les cloisons intérieures.



Fondations (plastique entre murs et fondations)



Murs



Voûtes



Corde centrale (6 rassemblées)

La voûte : On fabrique des briquettes de terre de très bonne qualité de 24 x 12x 4 cm.



Construction de la voûte à l'aide d'une corde et de briquettes de 4 cm d'épaisseur

Des enduits ciment peuvent être appliqués sur les murs (jamais sur la toiture). Il ne faut pas d'herbes sur le toit.



Construction de la voûte

Construction des contreforts

Pose de film plastique sur le toit avant remplissage de terre.



Pose d'une feuille plastique entre 2 remplissages de terre (avec gouttières)

Des enduits goudron peuvent être appliqués sur les murs et sur la toiture

## VI. 3 - Les impluviums

**Principe** : Construction d'un réservoir cimenté placé à côté de la maison, jusqu'à 4 m<sup>3</sup>.

**Méthode** : Trouaison, crépissage de la partie basse, remplissage de sable dans la partie basse et haute, recouvrement de ciment de la partie haute puis enlèvement du sable.



Différents modèles d'impluviums à Ouesso (Bénin)

### Construction de la partie basse



Trouaison

Couche de cailloux au fonds

Crépissage

Bordure



Lissage

Lait de ciment pour étanchéfier

### Construction de la partie haute (petit modèle)



Du sable mouillé est utilisé pour monter la paroi

Remplissage de sable sec

Crépissage de la paroi de sable

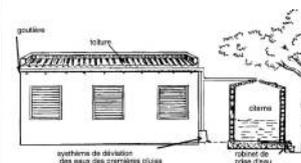
Vidéo : [http://www.dailymotion.com/video/xx96is\\_des-recuperateurs-d-eau-de-pluie-au-benin\\_travel#.UQ-8LGdlhuo](http://www.dailymotion.com/video/xx96is_des-recuperateurs-d-eau-de-pluie-au-benin_travel#.UQ-8LGdlhuo)



Lissage du ciment

Repose couvercle et couvercle

Autre modèle



## VI. 4 - Les lavoirs

**Principe** : Lavoirs dans la cour ou au bord d'une rivière avec de l'eau courante. Travail à genoux ou debout.



Lavoir avec puits perdu dans une cour

Lavoir collectif. Évacuation prévue

Au bord d'une rivière (eau courante)

Il existe différents modèles de lavoirs



Lavoir pour enfant



Lavoir en pierre 2 bacs



Lavoir en pierre L1m x  
L1m x H 0,6m x l 0,4m



Lavoir sur un canal dérivé  
d'une rivière

**Méthode** : Une expérience peut être réalisée sur la rivière Beffa (à Vossa, commune d'Ouèssè, Bénin)



Lavandières ou blanchisseuses sur la Beffa près de Vossa, Commune d'Ouèssè (Bénin) en saison sèche

À partir de l'expérience des femmes, dérivation de la rivière, construction de lavoirs sur la Beffa



Possibilités d'aménagements sur la Beffa

Bassin d'une hauteur de 80 cm (5 parpaings de 20 cm de hauteur), longueur de 400 cm (10 parpaings de 40 cm de longueur) et de 200 cm de large. Plaque de battage du linge : 60 cm. T=150 parpaing



Lavage debout avec eau courante : arrivée en amont et vidange à l'aval

## VI. 5 - Les réchauds solaires

### Principe

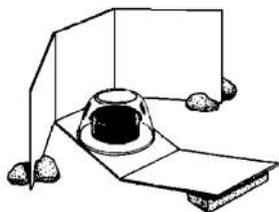
Cartons recouverts de papier aluminium avec casserole peinte en noir et dans un sac plastique isolant. Repas cuit entre 9h et 12h ou 13h. Accompagné d'un panier thermo pour garder au chaud un repas pour le soir (cf Tchad Solaire).

### Méthode

Des bouts de carton sont collés, avec du papier aluminium. La partie avant est attachée par une pierre.



Camp de réfugiés du Darfour au Tchad (2010)



Principe



La casserole noircie est placée dans un sac plastique spécial

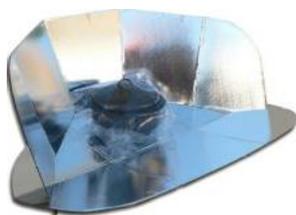


C'est cuit



Le carton est humecté pour éviter qu'il brûle

### Fabrication



Avec papier aluminium



Découpage



Pliage

Vidéo de 5 mn : <https://www.youtube.com/watch?v=O2ALHZdV2J8>

## VI. 6 - Les réchauds à copeaux de bois

### Principe

Utilisation de copeaux de bois (ou de sciure, balles de riz, etc.) pour une journée de cuisine.

### Méthode

Un cylindre en fer de 50 cm de hauteur et 30 cm de diamètre crénelé en haut et avec une ouverture à la base est chargé de copeaux de bois provenant de menuiseries proches (souvent gratuits).



Réchaud prêt, rempli de copeaux tassés



Cuisson du riz



Préparation de la sauce



Remplissage de copeaux



Les copeaux sont tassés à la main et avec un pilon



Après le tassement, on retire le cylindre formant la cheminée



L'allumage se fait à la base après avoir enlevé le cylindre assurant le lien avec la cheminée



## VI. 7 - Le charbon de paille

### Principes

Combustion lente de tiges de riz ou d'autres céréales dans un tonneau percé et fabrication de briquettes avec de la colle (pâte de manioc) et un moule. Séchage au soleil. (Saisies d'écran).

### Technique

#### 5.1 Exemple avec de grandes herbes ou des tiges de sorghos, mil ou maïs



Tas de paille



À la base, trous pour mettre le feu



Remplissage par le haut



Laisser fumer



Laisser flamber  
quelque secondes



Fermer le haut et enlever les  
3 pierres. Étanchéifier avec  
du sable



Charbon mélangé  
à de la pâte de  
manioc



Pressage



Presse moins chère

#### 5.2 Autre exemple avec la paille de riz (Encodev à Doba, Tchad)



Paille d'amorçage en  
bas du tonneau



Remplissage en laissant une cheminée



Après qq mn de fumée  
laisser encore 1 mn de  
flammes



Mettre du sable en bas  
et en haut



25-30mn après, enlever  
le sable et étaler sur 1  
table



Ajouter de la farine de manioc bouillie (très  
basique). 1 bol pour 10 bols de charbon



1 tonneau donne 20-22 briquettes (2-3 jours de  
cuisine pour 1 foyer)



Vidéo *How to make charcoal briquettes from agricultural waste*