

**AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
(JICA)**

RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI

**ÉTUDE DU SCHÉMA-DIRECTEUR
POUR
L'IRRIGATION ET L'AGRICULTURE DURABLE
DANS LA ZONE SUD DU DJIBOUTI**

**MANUEL TECHNIQUE POUR LA
CREATION DE FERMES IRRIGUEES**

DÉCEMBRE 2014

NTC INTERNATIONAL CO., LTD.

RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI
ÉTUDE DU SCHÉMA-DIRECTEUR POUR L'IRRIGATION ET
L'AGRICULTURE DURABLE DANS LA ZONE SUD DU DJIBOUTI

MANUEL TECHNIQUE POUR LA CREATION DE FERMES IRRIGUEES

Sommaire

1. Introduction	1
1.1 Objectifs de ce manuel	1
1.2 Procédures de création des fermes irriguées.....	1
2. Investigation.....	2
2.1 Investigation des sources d'eau.....	2
2.2 Selection des sites de projet	4
2.3 Finaliser la situation de la ferme.....	5
3. Plan d'irrigation	5
3.1 Besoins en eau des cultures.....	5
3.2 Quantité d'eau d'irrigation par modèle d exploitation	7
4. Développement des installations d'eau.....	10
4.1 Puits de surface	10
4.2 Retenue d'eau ou Étang	12
5. Développement de la ferme.....	13
5.1 Valorisation des terres.....	13
5.2 Ouvrages annexes	14
6. Unité de pompe et installations d'adduction et de distribution d'eau	15
6.1 Unité de pompe.....	15
6.2 Système solaire	16
6.3 Installations de transport et de distribution d'eau.....	19
7. Installations d'irrigation.....	22
7.1 Bornes d'irrigation	22
7.2 Canaux d'irrigation.....	22
7.3 Irrigation par rigoles ou à la raie.....	22
7.4 Irrigation goutte à goutte.....	23
8. Exploitation et entretien des installations d'irrigation.....	25
8.1 Exploitation des installations d'irrigation	25
8.2 Entretien des installations d'irrigation.....	26
 Annexe	
Aperçu des sites de projet d'irrigation (Exemple).....	27

1. Introduction

1.1 Objectifs de ce manuel

A Djibouti, l'irrigation est absolument nécessaire pour les cultures car la pluviométrie annuelle est d'environ 100 mm. Les systèmes d'irrigation ont été jusqu'ici établis individuellement sur de petites surfaces à chaque ferme à Djibouti. Afin de favoriser le développement de l'agriculture irriguée, un système d'irrigation approprié doit être mis en place pour assurer une irrigation et une exploitation agricole durables à chaque site de projet.

Ce manuel définit le contenu technique général de base en matière d'investigation, planification, mise en œuvre, exploitation et maintenance relatives à l'établissement d'un système d'irrigation à Djibouti. En ce sens, ce manuel devrait être pleinement utilisé comme ligne directrice technique par les ingénieurs du gouvernement Djiboutien et les bailleurs de fonds qui ont la charge des projets de développement de l'irrigation.

1.2 Procédures de création des fermes irriguées

Pour créer une ferme irriguée, il faut un ensemble de procédures incluant la sélection de la zone cible, l'étude du site, la planification de l'irrigation, la conception des installations, la construction, l'exploitation et la maintenance des installations. Le déroulement de ce processus est décrit à la **Figure 1.2.1**.

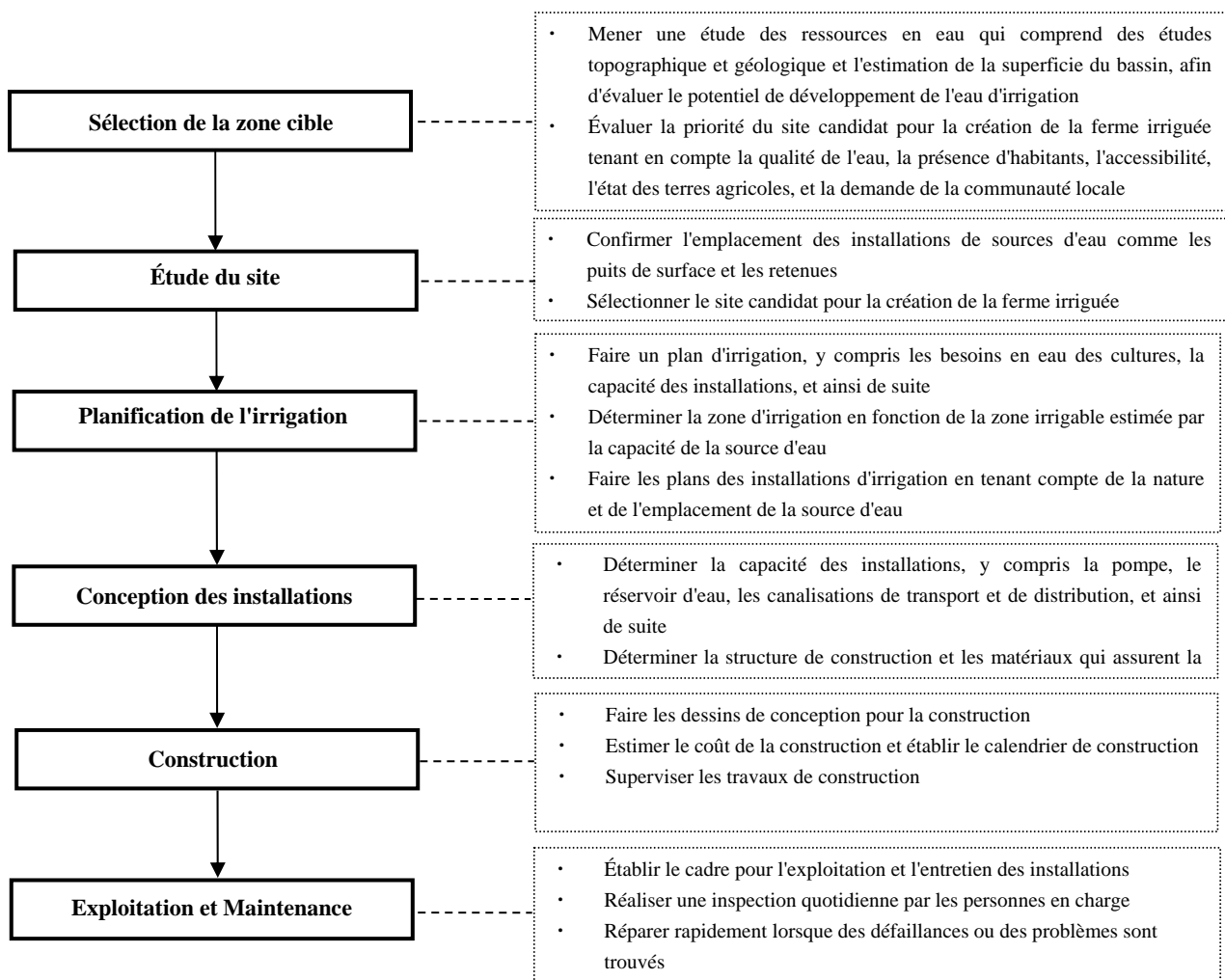


Figure1.2.1 Procédures de création des fermes irriguées

2. Investigation

2.1 Investigation des sources d'eau

(1) Ressources en eau ciblées

Les ressources en eau de Djibouti sont classées en plusieurs catégories telles que l'eau d'écoulement de surface, les eaux souterraines peu profondes, l'écoulement souterrain, les eaux souterraines intermédiaires, et les eaux souterraines profondes comme le montre la Figure 2.1.1. Dans ce manuel, trois types de ressources en eau 1) l'écoulement souterrain, 2) les eaux souterraines peu profondes, et 3) l'eau d'écoulement de surface sont définis comme les ressources en eau ciblées pour l'agriculture irriguée. Le schéma général de ces ressources en eau est montré dans le Tableau 2.1.1.

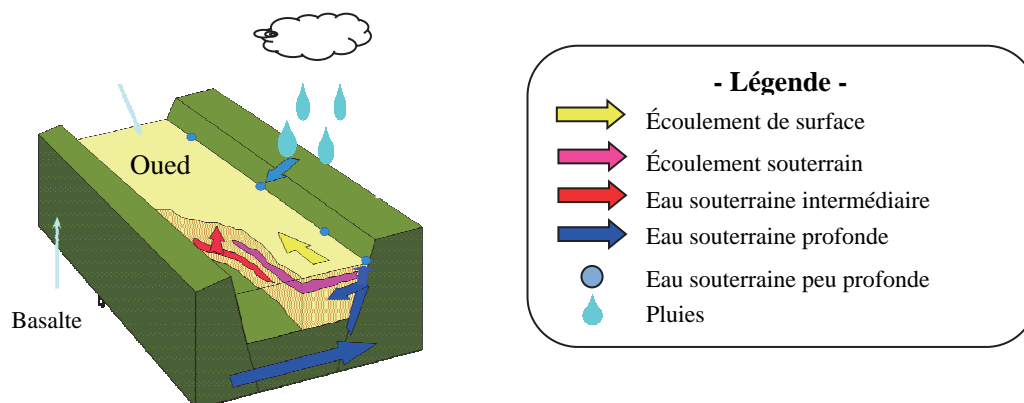


Figure 2.1.1 Schéma conceptuel des ressources en eau à Djibouti

Tableau 2.1.1 Aperçu général des ressources en eau ciblées pour l'agriculture irriguée

Source d'eau / Installations	Photos	Présentation générale
Écoulement souterrain/ Puits		<ul style="list-style-type: none"> L'écoulement souterrain existe sous l'oued ou la terrasse au bord de celui-ci Un taux élevé de sel est observé près de la mer et du lac situé à la fin du flux de l'oued.
Eau souterraine peu profonde/ Puits		<ul style="list-style-type: none"> L'eau souterraine peu profonde est définie comme l'eau extraite de la fissure de la fondation rocheuse ou des zones de fractures et failles. Elle comprend également les précipitations extraites à travers les fentes de la fondation rocheuse. Les fluctuations saisonnières de la nappe phréatique sont relativement faibles, et la qualité de l'eau est généralement bonne.
Eau d'écoulement de surface/ Retenue d'eau ou barrage souterrain		<ul style="list-style-type: none"> L'eau de ruissellement est définie comme l'eau qui est stockée dans une retenue ou un barrage souterrain lors des inondations. L'eau est le plus souvent boueuse, mais peut être utilisée comme eau d'irrigation.

(2) Méthodologie d'investigation

L'investigation de la source d'eau est divisée en deux parties: l'examen de l'information collectée et l'étude de terrain. Comme première étape de l'examen, les informations disponibles montrées dans le Tableau 2.1.2 doivent être collectées et compilées afin d'en extraire les informations nécessaires.

Tableau 2.1.2 Informations disponibles

Informations disponibles	Informations nécessaires
Cartes topographiques (Echelle:1/200.000)	Géographie, type d'utilisation des terres, flux de l'oued, limite du bassin, superficie du bassin, type et emplacement des puits existants
Google Earth	Géographie, type d'utilisation des terres, emplacement (latitude et longitude) et élévation des terres agricoles
Cartes géologiques	Classification géologique
Cartes de situation des puits existants	Situation des puits existants
Données météorologiques et hydrologiques	Précipitations, humidité, température, heures d'insolation, et niveau des inondations
Autres	Information sur des projets de développement de sources d'eau passés, et sur des projets de développement de sources d'eau prévus

Ensuite, une étude sur le terrain doit être menée sur la base des résultats de l'examen mentionné ci-dessus pour évaluer le potentiel et l'accessibilité des sources d'eau d'irrigation. Les points de considération pour cette étude de terrain se résument comme suit.

① Écoulement souterrain / Puits de surface

L'eau ciblée est l'écoulement souterrain dans l'oued et la zone adjacente. Des crues soudaines coulent parfois dans l'oued. Pour éviter les dommages causés par les crues, le puits de surface doit être placé sur la berge de l'oued ou sur la terrasse. Dans le cas où l'oued a un flux en forme de S, le point que le débit de crue frappe ne convient pas comme site candidat du puits de surface

② Eau souterraine peu profonde/ Puits de surface

L'eau ciblée est la nappe phréatique ou l'eau souterraine peu profonde qui coule à travers les fissures de la fondation rocheuse. La zone de fractures et de failles est l'une des indicateurs essentiels du point de vue géologique. Il est à noter qu'une faille arrête l'écoulement de l'eau souterraine, et qu'une fracture permet l'acheminement de cette eau vers la surface du sol. En outre, les travaux d'excavation sont relativement faciles à la zone de fractures et de failles, parce que la fondation rocheuse est généralement molle dans cette zone en raison de la décomposition de la roche. Cependant, il n'est pas facile de trouver la zone de fractures et de failles dans la fondation rocheuse, car elle est recouverte de terre et/ou de graviers dans la plupart des cas. Des caractéristiques géologiques sont essentielles pour trouver cette zone; elles consistent à déterminer le linéament à partir de caractéristiques géographiques et identifier la faille à partir de l'exposition de la roche. Observer une incrustation blanche sur la surface du sol est un autre point clé de reconnaissance géologique. L'eau d'une source qui a coulé à travers la zone de fractures et de failles contient du carbonate de calcium dans certains cas. En outre, il est important de prendre conseil auprès d'un patriarce qui a une bonne expérience sur cette question.

③ Eau d'écoulement de surface / Retenue d'eau ou étang

En ce qui concerne l'étang, non seulement l'évaporation de la surface de l'eau, mais aussi l'infiltration souterraine doit être pris en compte dans l'étude de terrain. Si la fondation de l'étang est perméable, il est difficile de maintenir l'eau stockée. À cet égard, les endroits où la fondation de l'étang est du sable grossier, du gravier ou de la roche fissurée ne sont pas acceptables comme sites candidats pour l'étang.

④ Eau d'écoulement de surface / Barrage souterrain

Le barrage souterrain est une autre méthode de construction pour stocker l'eau de l'écoulement de surface. L'eau doit être stockée dans la couche perméable de sable gravier sous l'oued par arrêt de l'écoulement souterrain avec des matériaux imperméables. Pour la construction du barrage souterrain, le lit de l'oued sera excavé partiellement ou entièrement afin de remplacer le sable gravier par des matériaux imperméables. En attendant, il est recommandé de sélectionner un site ayant une fondation rocheuse aux deux berges afin de minimiser l'infiltration dans les deux rives. Il est préférable de trouver un endroit où l'oued a une faible largeur pour l'axe du barrage et également une grande plaine en amont du point de vue de l'efficacité du stockage de l'eau.

2.2 Selection des sites de projet

Les sites candidats de projet sont choisis sur la base des résultats de l'étude des sources d'eau. Comme prochaine étape, ces sites candidats seront évalués en fonction de la priorité de création des fermes irriguées tenant compte des conditions suivantes.

① Qualité de l'eau

Quant à la qualité de l'eau pour l'irrigation, le taux de salinité est une question essentielle à Djibouti. Ce taux peut être exprimé par la conductivité électrique (CE). La FAO a indiqué les critères de qualité de l'eau en fonction de la CE dans le guide publié sous le titre "Qualité de l'eau pour l'agriculture" (FAO Irrigation et Drainage 2). Dans ce guide, les indicateurs généraux de l'eau d'irrigation sont exprimés par la CE dans le **Tableau 2.2.1**.

Tableau 2.2.1 Critères de qualité de l'eau pour l'irrigation

Conductivité électrique (CE)		Critères
0,7 ds/m et moins	700 µs/cm et moins	Aucune restriction
0,7~3,0 ds/m	700~3.000 µs/cm	Quelques restrictions dans l'usage
3,0 ds/m et plus	3,000 µs/cm et plus	Restrictions strictes

Source: Qualité de l'eau pour l'agriculture, Tableau.1 Lignes directrices pour les interprétations de qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO Irrigation et Drainage 29 Rev.1, Reproduit 1989, 1994)

② Présence d'habitants

Le principal groupe ciblé pour le développement de l'agriculture irriguée est la famille nomade semi-sédentaire. Par conséquent, le nombre disponible de familles nomades pour l'agriculture est l'un des éléments essentiels pour assurer la durabilité de l'agriculture irriguée. À cet égard, la présence d'écoles est considérée comme l'un des indicateurs parce que les écoles ont été établies dans les villages où un certain nombre d'habitants vivent. Un autre indicateur est la présence d'installations d'eau potable fournies par un bailleur. Les villages ayant de telles installations ont un potentiel d'augmenter le nombre d'habitants dans

l'avenir.

③ Accessibilité

Pour réaliser une agriculture durable dans les nouvelles fermes irriguées, il est absolument nécessaire d'obtenir un revenu par la vente des produits agricoles. Dans ce contexte, l'accessibilité aux marchés locaux est considérée comme une question essentielle. L'accessibilité peut être évaluée du point de vue de la distance entre les fermes et les marchés locaux et les conditions de la route.

④ Conditions de la ferme

Les conditions de la ferme peuvent être évaluées en termes de superficie, planéité, et conditions du sol. Puisqu'un puits peut irriguer une ferme d'un à deux hectares, une ferme plus grande que cela entraîne le développement de l'agriculture irriguée. Une terre avec des pentes raides et des irrégularités a un inconvénient, car le nivellement des terres est nécessaire comme travail de préparation préalable au développement. Une terre avec de grosses pierres a aussi un inconvénient pour son développement.

⑤ Demande de la communauté locale

Il y a plusieurs fermes existantes où le système d'irrigation ne fonctionne pas en raison des dommages dus aux crues. Pour ces fermes, la demande de réhabilitation par la communauté locale est élevée. La première priorité doit être donnée à la réhabilitation du système d'irrigation endommagé.

2.3 Finaliser la situation de la ferme

Après la sélection du site de projet, l'emplacement de la ferme irriguée sera finalisé sur le site en tenant compte des points suivants.

La situation de la ferme irriguée est recommandée;

- 1) être un espace disponible à partir des aspects de la propriété foncière et du statut de l'utilisation actuelle des terres.
- 2) avoir une élévation suffisante, protégeant contre l'inondation en période de crue
- 3) être à proximité de la source d'eau et également pas trop élevée par rapport à celle-ci pour réduire au minimum le coût de l'énergie pour le fonctionnement de la pompe.
- 4) être plat et avoir une grande superficie, soit au moins plus d'un ou deux ha
- 5) être des terres ayant moins de pierres et avoir celles de petite taille.

3. Plan d'irrigation

3.1 Besoins en eau des cultures

L'évapotranspiration (ETO) est un élément fondamental pour le plan d'irrigation. La valeur ETO est estimée avec l'équation FAO Penman-Monteith en utilisant les données météorologiques et celles de localisation. Tableau 3.1.1 indique la valeur ETO pour la ville de Djibouti

Tableau 3.1.1 Evapo-transpiration ETo (mm/j)

Item	Unité	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Température (moy.)	°C	26	27	28	29	31	34	36	34	33	30	28	26
Température (max)	°C	29	29	31	32	34	38	41	39	36	33	31	28
Température (min)	°C	23	24	25	26	28	30	31	29	29	27	25	23
Vitesse du vent (moy.)	m/s	4.6	4.6	4.1	4.1	4.1	4.6	5.7	5.7	4.6	4.6	4.1	4.1
Humidité relative (moy.)	%	69	71	73	74	70	53	43	44	60	65	67	71
Insolation (moy.)	h	7.8	8.6	8.2	9.3	10.0	8.3	7.5	8.5	9.0	9.6	10.0	8.9
ETo	mm/day	5.0	5.3	5.4	5.9	6.6	8.3	10.4	10.1	7.7	6.6	5.7	4.7

Lieu: Djibouti-Ville, Latitude: 11 ° 33'N, Longitude: 43 ° 09'E, altitude: 13 m

L'évapotranspiration de la culture (ETculture) est calculée pour chaque culture en multipliant l'évapotranspiration (ETO) par le coefficient cultural (Kc).

$$ET_{\text{culture}} = Kc \times ETo$$

ET culture: Evapotranspiration culture (mm / jour)

ETo: Évapotranspiration (mm / jour)

Kc: coefficient cultural (Source: FAO Irrigation et Drainage n ° 56)

Tableau 3.1.2 Coefficient cultural (Kc) suivant les types de cultures

Type de culture	Kc par phase végétative		
	Kc initial	Kc milieu	Kc fin
Cultures maraîchères	0,6	1,15	0,8
Fourrages	0,4	0,95	0,9
Fourrage vivaces	0,7	0,65	0,7
Arbres	0,9	0,9	0,9

Tableau 3.1.3 Evapo-transpiration de la culture (ET culture) par type de culture (mm/j)

Type de culture	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Légumes d'hiver	5,7	5,2	4,4	-	-	-	-	-	4,6	4,6	5,7	5,4
Légumes d'été	-	-	3,2	3,8	6,4	9,5	11,7	9,5	-	-	-	-
Fourrages d'hiver	4,7	4,9	4,9	-	-	-	-	-	3,1	3,3	4,6	4,5
Fourrages d'été	-	-	2,2	2,6	5,1	7,9	9,8	8,4	-	-	-	-
Fourrages vivaces	4,5	4,8	4,9	5,3	5,9	7,5	9,4	9,1	6,9	5,9	5,1	4,2
Arbres	3,5	3,7	3,8	4,1	4,6	5,8	7,3	7,1	5,4	4,6	4,0	3,3

Les besoins en eau d'une culture (CWR) sont calculés en divisant l'Evapotranspiration de la culture (ET culture) par l'efficacité d'irrigation (Ei).

$$CWR = ET_{\text{culture}} \div Ei$$

CWR: Besoins en eau des cultures (mm / jour)

ET culture: Evapotranspiration (mm / jour)

Ei: Efficacité d'irrigation (mm / jour)

Efficiencce d'irrigation (Ei) est constituée de l'efficiencce de transport (Ec) et de l'efficiencce d'application (Ea). L'efficiencce de transport (Ec) est spécifiée par la condition du canal d'irrigation; revêtement en terre = 70%, revêtement en béton = 80-90%, tuyau = 90%. Pendant ce temps, l'efficiencce d'application (Ea) est spécifiée par la méthode d'irrigation; Irrigation de surface = 70%, Irrigation par aspersion = 80-90%, Irrigation goutte à goutte = 95%.

L'efficiencce d'irrigation (Ei) de 60% peut être appliquée pour les fermes agricoles irriguées proposées à Djibouti.

$$\text{Efficiencce d'irrigation (Ei)} = \text{Efficiencce de transport (Ec)} \times \text{efficiencce d'application (Ea)}$$

$$= (0,8 \sim 0,9) \times 0,7 = 0,56 \sim 0,63 \Rightarrow \underline{\text{Ei} = 0,6 (60\%)}$$

L'efficiencce de transport (Ec): 80 ~ 90% (revêtement en béton), 90% (tuyau)

L'efficiencce d'application (Ea): 70% (irrigation de surface)

3.2 Quantité d'eau d'irrigation par modèle d'exploitation

L'agriculture irriguée de Djibouti est classée en deux catégories: Type de source d'eau et niveau d'exploitation. Il y a sept modèles d'exploitation comme le montre le **Tableau 3.2.1**

Tableau 3.2.1 Classification de l'agriculture irriguée à Djibouti

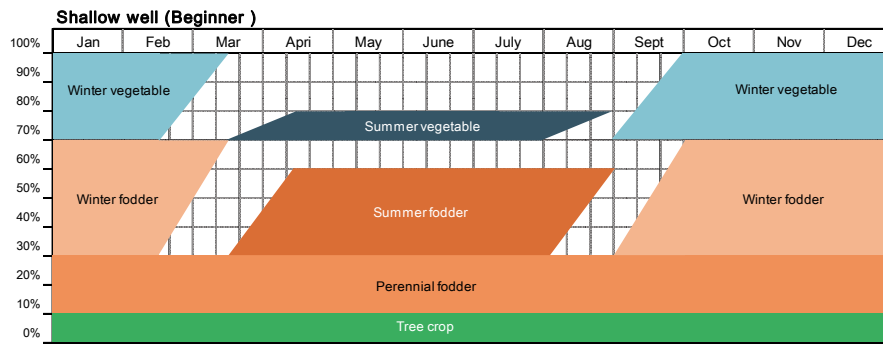
Source d'eau/ Installation		Niveau d'exploitation / Groupes d'agriculteurs			
		Groupe d'agriculteurs des jardins domestiques	Groupe d'agriculteurs débutants	Groupe d'agriculteurs indépendants	Groupe d'agriculteurs avancés
Eau souterraine	Puits de surface	SW-H	SW-B	SW-S	SW-A
Eau de surface	Retenue d'eau	P-H	P-B	P-S	-

Le même modèle cultural peut être appliqué aussi bien au groupe d'agriculteurs des jardins domestiques qu'au groupe d'agriculteurs débutants; par conséquent, cinq modèles sont proposés pour la culture irriguée à Djibouti comme le montre la **Figure 3.2.1**. Considérant une efficiencce d'irrigation de 60%, la quantité d'eau d'irrigation par hectare est calculée sur la base des modèles d'exploitation, comme indiqué au **Tableau 3.2.2**.

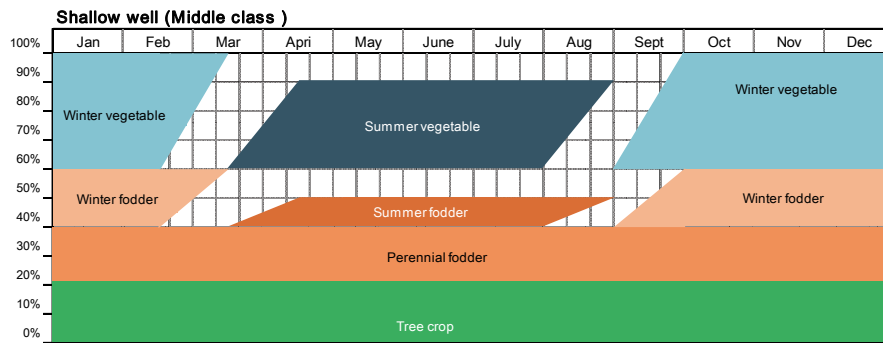
Tableau 3.2.2 Quantité d'eau d'irrigation par modèle d'exploitation à Djibouti (m³/ha)

Modèle d'exploitation	Quantité d'eau d'irrigation (m ³ /ha)												
	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
SW-H SW-B	2.431	2.131	947	1.306	1.914	2.694	3.363	2.279	1.726	2.163	2.492	2.288	25.733
SW-S	2.417	2.124	1.144	1.627	2.277	3.151	3.914	2.697	1.951	2.297	2.518	2.277	28.393
SW-A	2.465	2.137	1.142	1.627	2.277	3.151	3.914	2.697	1.996	2.363	2.575	2.324	28.667
P-H P-B	2.517	2.082	198	0	0	0	0	0	1.033	1.826	2.468	2.369	12.494
P-S	2.614	2.107	194	0	0	0	0	0	1.123	1.958	2.582	2.463	13.041

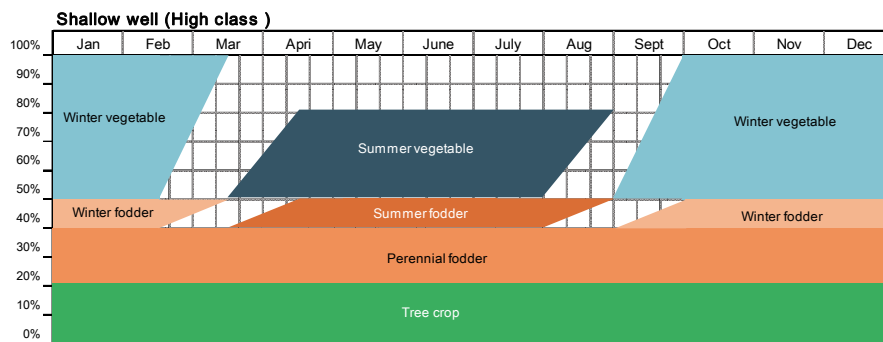
Modèle d'exploitation (SW-H) (SW-B)



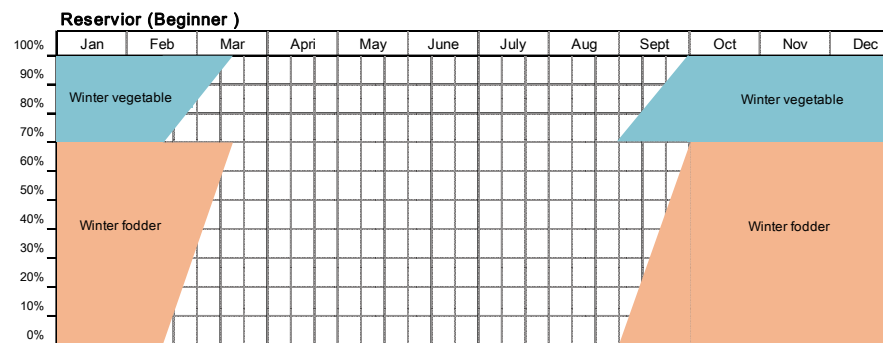
Modèle d'exploitation (SW-S)



Modèle d'exploitation (SW-A)



Modèle d'exploitation (P-H) (P-B)



Modèle d'exploitation (P-S)

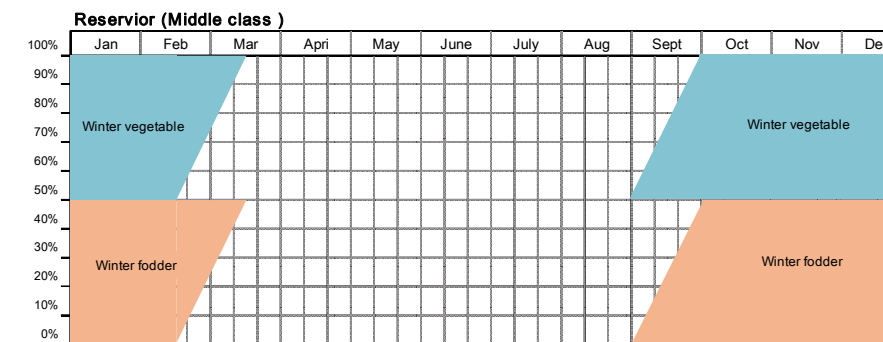
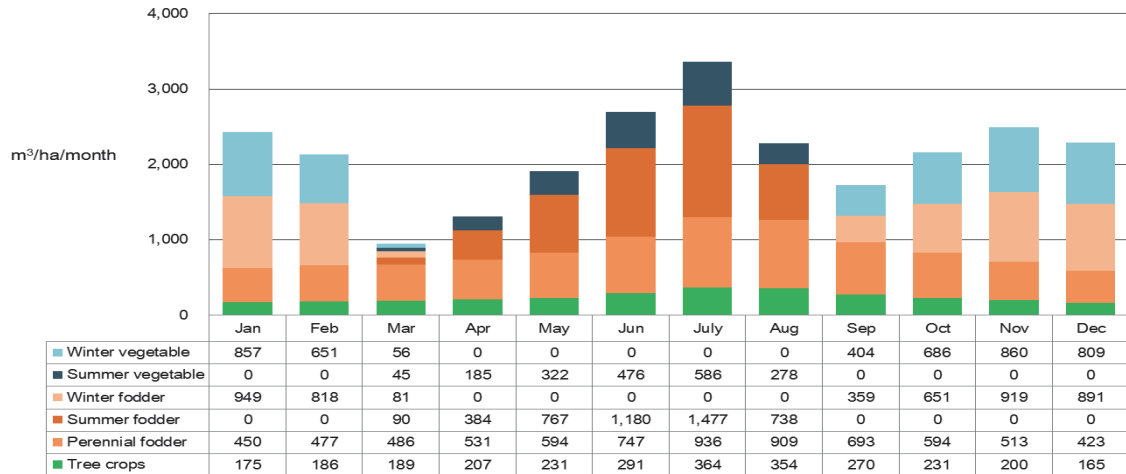
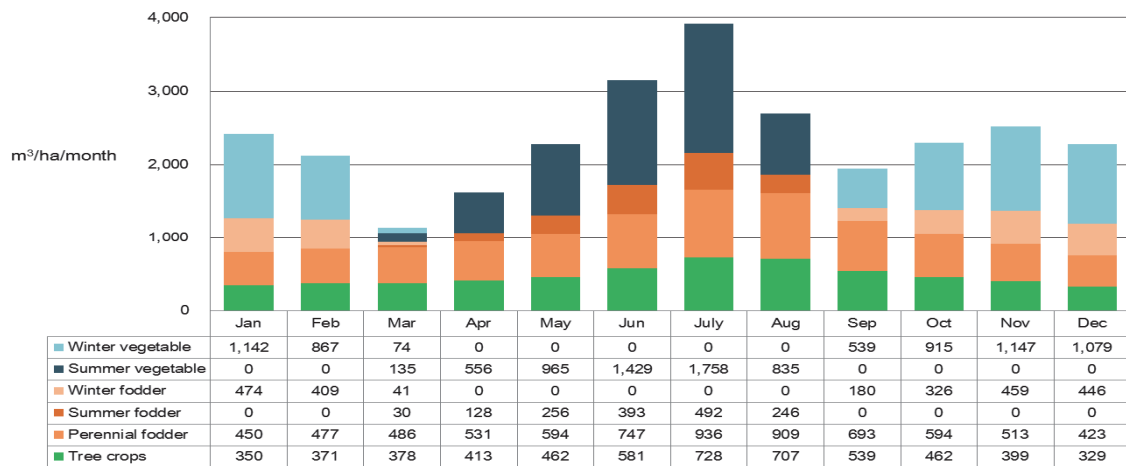


Figure 3.2.1 Modèle culturel proposé pour chaque modèle d'exploitation

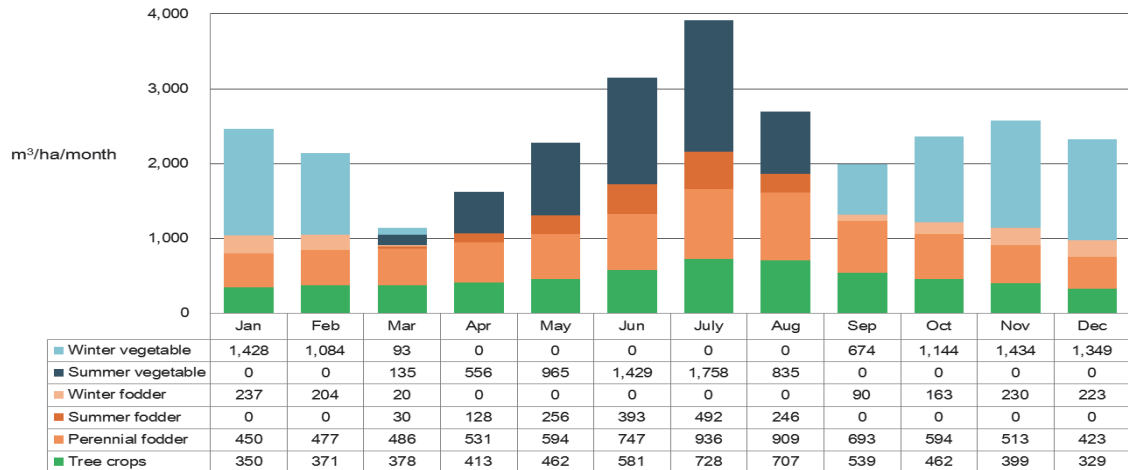
Modèle d'exploitation (SW-H, SW-B)



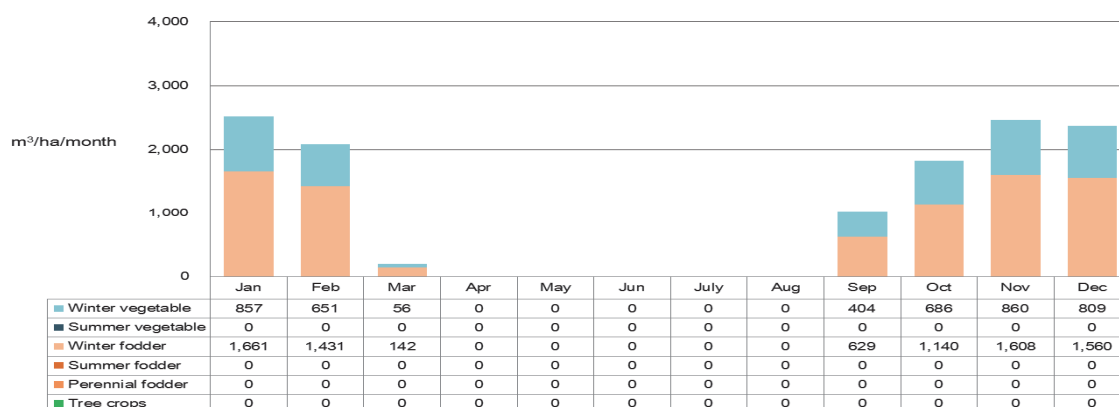
Modèle d'exploitation (SW-S)



Modèle d'exploitation (SW-A)



Modèle d'exploitation (P-H, P-B)



Modèle d'exploitation (P-S)

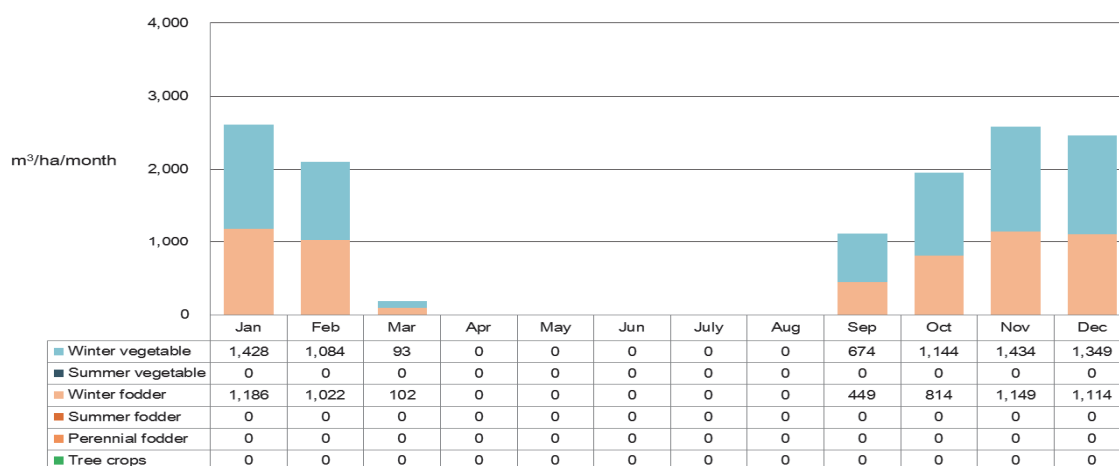


Figure 3.2.2 Quantité d'eau d'irrigation par type de culture pour chaque modèle d'exploitation

4. Développement des installations d'eau

4.1 Puits de surface

(1) Selection de l'emplacement du puits de surface

Le puits de surface est classé en deux catégories selon la source d'eau ciblée à Djibouti. L'un est le puits de surface (de type A): la source d'eau ciblée est la nappe phréatique superficielle ou eau souterraine peu profonde qui coule à travers les fissures de la fondation rocheuse ou la zone de fractures et de failles. L'autre est le puits de surface (de type B): la source d'eau ciblée est l'écoulement souterrain sous l'oued. L'emplacement de chaque type de puits doit être choisi en tenant compte des remarques suivantes.

Puits de surface (de type A)

- 1) La fondation rocheuse du bassin est du basalte miocène ou pliocène supérieur.
- 2) Une fissure ou zone écrasée causée par la faille est observée sur la périphérie.
- 3) La superficie du bassin est estimée à plus de 10km².
- 4) Des puits existent sur la périphérie.
- 5) Emplacement bas par rapport à la périphérie. (Par exemple, près de l'oued)

Puits de surface (de type B)

- 1) Une nappe aquifère sableuse se trouve sous l'oued.
- 2) La surface du bassin est estimée à plus de 10km².
- 3) Des puits de surface existent sur la périphérie.
- 4) Évitez un endroit qui peut être endommagé par les crues.

(2) Construction du puits de surface

Pour creuser le puits, une machine d'excavation (pelleteuse) devra être utilisée efficacement pour la couche de la surface du sol (1 à 2 m de profondeur) dans le cas du puits (de type A), et pour toute la couche dans le cas du puits (de type B). Un marteau-piqueur électrique est également utile pour pénétrer la couche rocheuse en dessous de la couche de sol dans le cas du puits (de type A) pour améliorer l'efficacité et la sécurité du travail. Pour le fonctionnement du marteau-piqueur, un générateur et du combustible sont nécessaires. Après que l'eau souterraine eut envahi le puits pendant la poursuite de l'excavation, elle doit être progressivement évacuée à l'aide d'une pompe dans les deux cas. A retenir que la profondeur maximale du puits doit être de l'ordre de 10 m lorsque la main-d'œuvre est utilisée du point de vue de l'efficacité et de la sécurité du travail.

La main-d'œuvre et le matériel nécessaire pour les travaux d'excavation du puits (de type A) sont énumérés ci-dessous en se basant sur la performance actuelle effectuée à Hambokto.

Travaux d'excavation du sol

Main d'œuvre: un superviseur, un conducteur de tractopelle, et deux travailleurs

Matériel: pelleteuse ou tractopelle, pompe de drainage, pique, bar, pelle, échelle, seau, poulie, et corde

Travaux d'excavation de la couche rocheuse

Man d'œuvre: un superviseur, un opérateur de marteau-piqueur, et trois travailleurs

Matériel: marteau-piqueur, générateur, pompe de drainage, pique, bar, pelle, échelle, seau, poulie, la corde

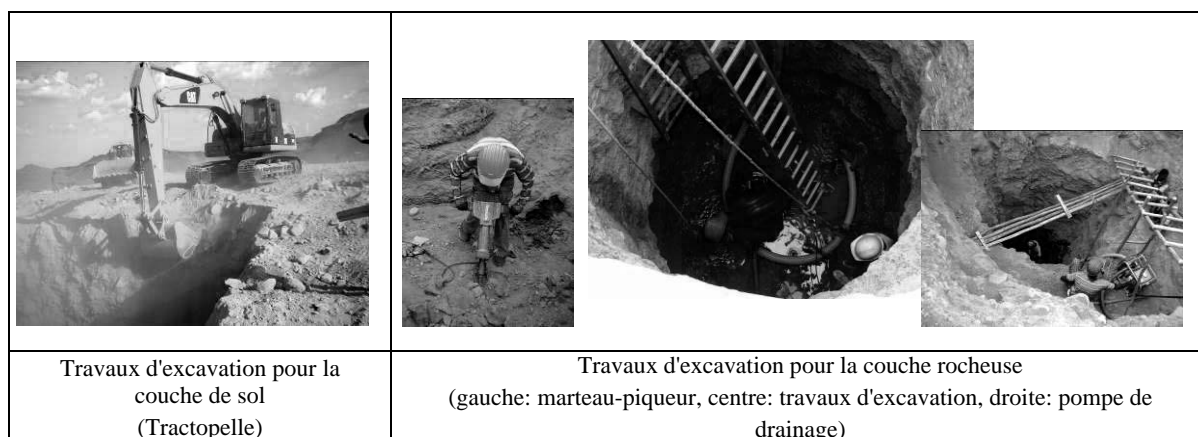


Figure 4.1.1 Travaux d'excavation du puits

(3) Travaux de protection du puits

Après confirmation de la quantité et profondeur d'eau du puits, un mur de protection doit être construit de manière à éviter que le sol retombe dans la partie excavée. Le mur de protection est généralement

construit en entassant des pierres avec du ciment comme le montrent les photos ci-dessous.

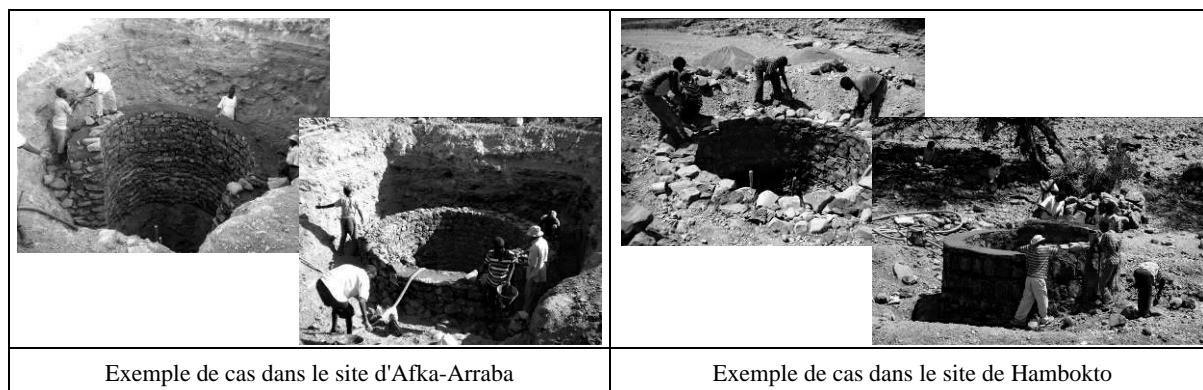


Figure 4.1.2 Mur de protection du puits

Dans la plupart des cas, les puits de surface sont construits à l'intérieur de l'oued; Par conséquent, une attention particulière doit être prise contre les dommages dûs aux crues. En particulier, la partie supérieure du puits doit être recouverte de béton pour empêcher la crue de s'écouler dans le puits, et aussi une paroi de guidage doit être construite en forme triangulaire sur le côté en amont du puits pour adoucir l'écoulement de l'eau. Aux points où la crue passe avec une grande vélocité, une partie du puits peut être emportée comme le montrent les photos (droite et centre). Comme contre-mesure, un ouvrage de protection en béton et gabion est recommandé comme représenté sur la photo de droite.

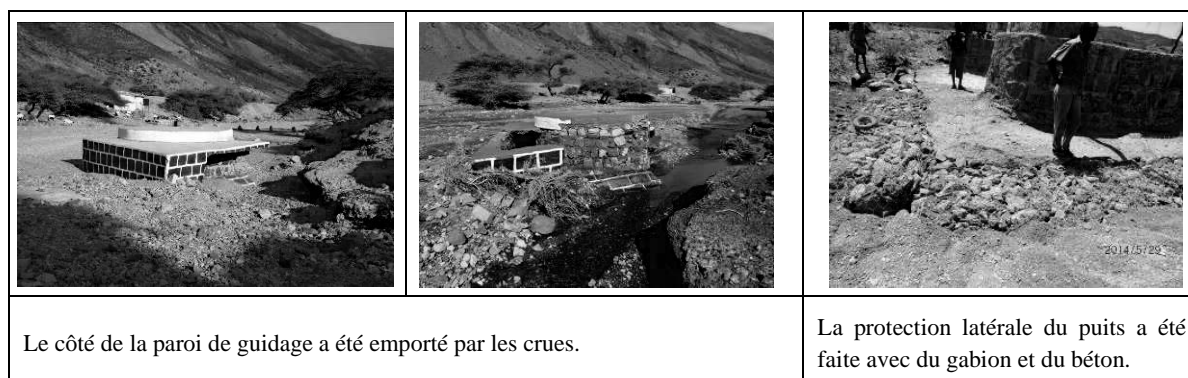


Figure 4.1.3 Ouvrage de protection du puits

4.2 Retenue d'eau ou Étang

Il y a six retenues d'eau avec un certain volume de stockage dans la zone sud de Djibouti, comme indiqué ci-dessous. Les photos montrent que l'eau de surface qui s'écoule lors des crues est acheminée et stockée dans la retenue d'eau. Les deux retenues de Kourtimalei et de Doudou Bolole sont utilisées pour l'agriculture, mais les quatre autres retenues sont utilisées exclusivement pour le bétail.







		
Kourtimalei (Arta) N: 11° 18'9" E: 42° 40'54"	Doudou Bolole (Ali-Sabeih) N: 11° 12'24" E: 42° 38'32"	Gaggabodlei (Ali-Sabeih) N: 11° 13'35" E: 42° 41'2"
		
Gabla Oalan (Arta) N: 11° 15'56" E: 42° 33'41"	Guilanguelle (Arta) N: 11° 16'56" E: 42° 38'3"	Digri (Ali-Sabeih) N: 11° 17'59" E: 42° 51'30"

Figure 4.2.1 Retenues construites dans la zone sud de Djibouti

Les considérations suivantes doivent être prises en compte pour sélectionner le site candidat de la retenue d'eau.

- 1) La zone du bassin doit être 30km² ou plus.
- 2) Un site avec moins d'infiltration souterraine doit être sélectionné à partir d'un point de vue géologique.
- 3) Maximiser la rentrée d'eau à travers un dispositif approprié de la digue.
- 4) Réduire l'énorme perte d'évaporation qui est évaluée à environ 3000 mm par an en creusant le lit de la retenue de façon à faire une poche pour répondre à la situation lorsque la quantité d'eau de stockage devient faible.
- 5) Contrôler la sédimentation au niveau de la retenue par la construction d'une zone de filtrage en graviers.
- 6) Surveiller de près les travaux pour assurer un travail de compactage adéquat de la digue.
- 7) L'emplacement du déversoir doit être choisi de façon à ne pas affecter le remplissage de terre de la digue en considération de points de vue géographique et géologique.

5. Développement de la ferme

5.1 Valorisation des terres

Si la ferme sélectionnée a peu de pierres et est située sur un terrain plat, il n'est pas nécessaire de procéder à la valorisation des terres. Cependant, cette valorisation est nécessaire lorsque le terrain a beaucoup de pierres ou n'est pas plat. L'utilisation efficace des machines de construction lourde de la Direction des Grands Travaux du Ministère de l'Agriculture est recommandée pour réduire les coûts des travaux afférents. Les étapes de la valorisation sont résumées comme suit.

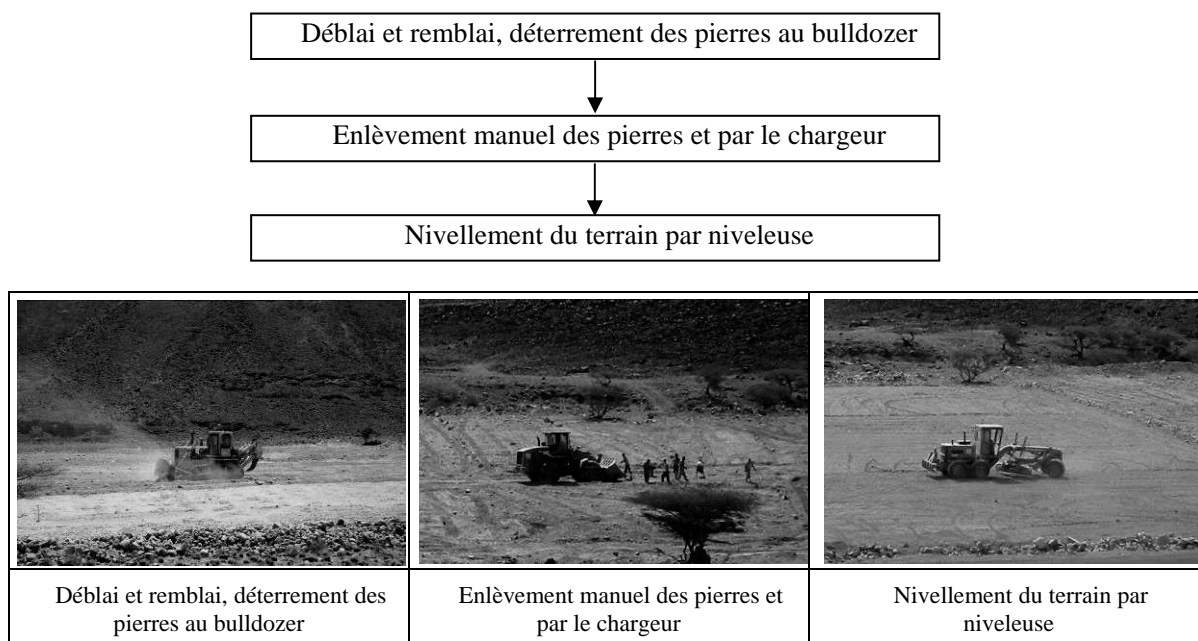


Figure 5.1.1 Étapes des travaux de valorisation des terres

Sur la base des résultats de la mise en œuvre du projet pilote, il a été prouvé que les travaux de valorisation des terres peuvent être achevés dans un délai de deux semaines pour un terrain agricole contenant beaucoup de pierres et dont la superficie est d'environ un hectare si des machines de construction lourde sont utilisées. Pour cela, le déblai et le remblai doivent être entièrement assurés par un bulldozer puisque le nivellement du terrain est indispensable pour assurer l'arrosage uniforme des terres.

5.2 Ouvrages annexes

Pour gérer avec succès l'activité agricole du projet, les ouvrages annexes tels que clôture, porte, entrepôt, et fosse à compost sont nécessaires.

(1) Clôture

Une clôture doit être placée autour de la ferme pour éviter que le bétail pénètre et aussi pour protéger contre le vol. Des plantes épineuses, de la maçonnerie en pierre, et une clôture en grillage sont des matériaux disponibles pour la fabrication de clôtures à Djibouti. A en juger par les résultats du projet pilote, la clôture doit au moins être 1,5 m de hauteur pour prévenir les chèvres de pénétrer dans la ferme. Beaucoup de labeur et de temps sont nécessaires pour faire une clôture en maçonnerie de pierre; Par conséquent, une clôture en grillage est recommandée pour les sites du projet. Puisque les petits animaux sauvages peuvent pénétrer par le bas de la clôture, une base en béton doit être placée tout le long du grillage comme le montre la photo de droite ci-dessous.

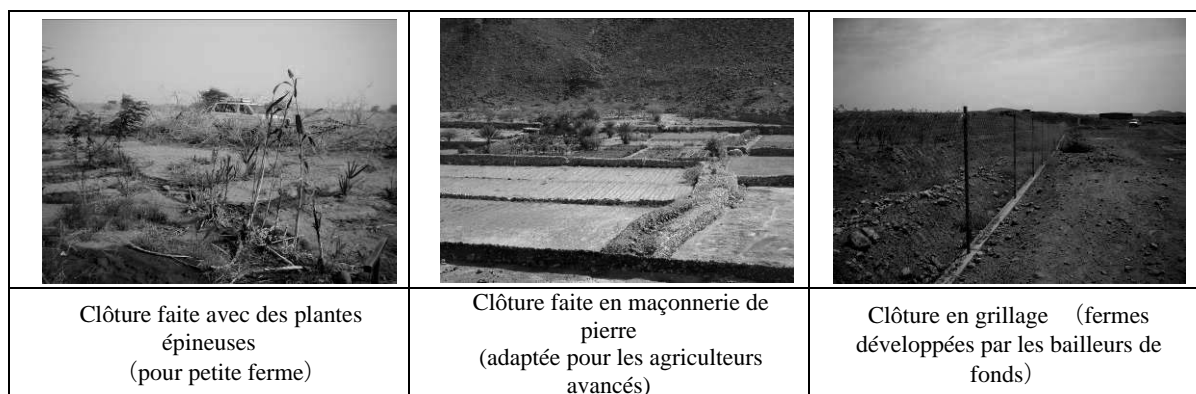


Figure 5.2.1 Les types de clôtures

(2) Entrepôt

Un entrepôt doit être construit près de la ferme pour stocker les outils agricoles et le matériel nécessaire à la réparation des installations d'irrigation. La taille de l'entrepôt est déterminée en fonction de la superficie irriguée et le nombre de ménages agricoles. Dans le projet pilote, l'entrepôt a été construit avec des pierres comme le montre la photo ci-dessous à gauche.

(3) Fosse à compost

Une fosse de compost doit être construite dans le but de fabriquer de la fumure organique. Dans le projet pilote, deux fosses à compost ayant 3 mètres carrés et 1 mètre de haut chacune ont été construites pour être co-gérées par les 15 familles du projet. En réalité, la co-gestion a été difficile parce que la quantité collectée et consommée de fumier est différente selon chaque famille. Des fosses à compost individuelles sont recommandées pour résoudre le problème. La taille de la fosse doit être déterminée en fonction de chaque ferme et de la quantité consommée de fumier. Dans le cas où les petits agriculteurs utilisent des fosses à compost individuelles, une fosse simple, comme celle montrée par la photo ci-dessous à droite est aussi utile. Le Tableau 5.2.1 montre la taille standard de la fosse à compost.

Tableau 5.2.1 Taille standard et nombre de fosses à compost en fonction de la superficie de la ferme

Aire de la ferme	Quantité nécessaire de fumier pour une saison	Taille de la fosse à compost	Nombre requis de fosses
0,025 ha	50~100 kg	1 m ² et 1 m de haut	2
0,25 ha	500~1.000 kg	2 m ² et 1 m de haut	2
1 ha	2.000~4.000 kg	3 m ² et 1 m de haut	2
2 ha	4.000~8.000 kg	3 m ² et 1 m de haut	4

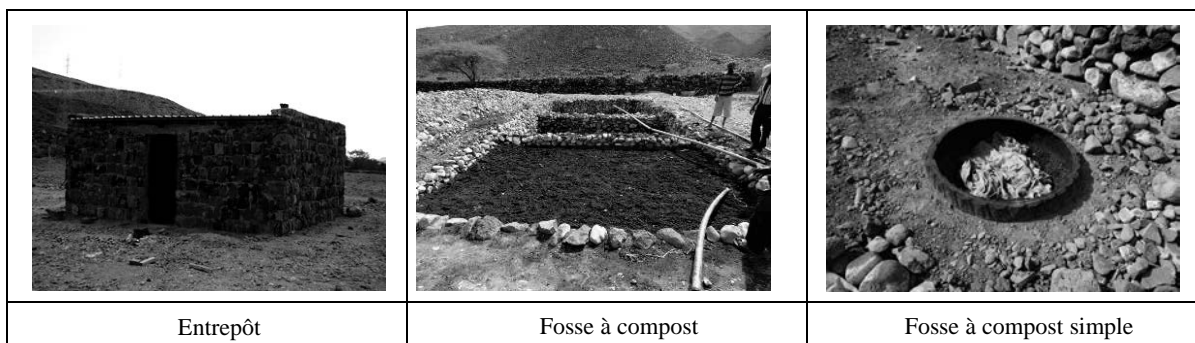


Figure 5.1.3 Exemples d'entrepôt et de fosses à compost

6. Unité de pompe et installations d'adduction et de distribution d'eau

6.1 Unité de pompe

Une unité de pompe est nécessaire pour acheminer l'eau d'irrigation à partir de la source d'eau jusqu'à la ferme. Il y a trois types de pompes: la pompe à pédales, la motopompe et la pompe solaire, disponibles à Djibouti. La pompe à pédales peut être utilisée pour l'agriculture à petite échelle; Cependant, la plupart des agriculteurs utilisent la motopompe.

La pompe à pédales est recommandée pour l'agriculture à petite échelle parce que le prix d'achat est faible et le coût d'opération est gratuite. Cependant, dans le cas où la superficie des terres agricoles est supérieure à quelques centaines de mètres carrés, la motopompe doit être adoptée à la place de la pompe à pédales en termes de maniabilité. Une motopompe peut être à essence ou diesel en fonction du type de carburant. La pompe à essence est largement utilisée parce que le prix d'achat est moins cher que pour la pompe diesel. En revanche, le prix de l'essence est d'environ 300 FDJ par litre, ce qui est environ le double du prix du diesel 210 FDJ par litre. En outre, l'essence n'est pas disponible sur le marché rural. Par conséquent, la pompe diesel est recommandée comme motopompe à Djibouti.

Jusqu'à présent, la pompe solaire a été adoptée pour l'eau potable à Djibouti. Au cours de ces dernières années, elle a été également adoptée pour l'irrigation en raison de l'avantage que l'énergie solaire présente sur le coût de fonctionnement. Si le coût initial est couvert par les bailleurs de fonds, la pompe solaire est la meilleure solution pour les agriculteurs.

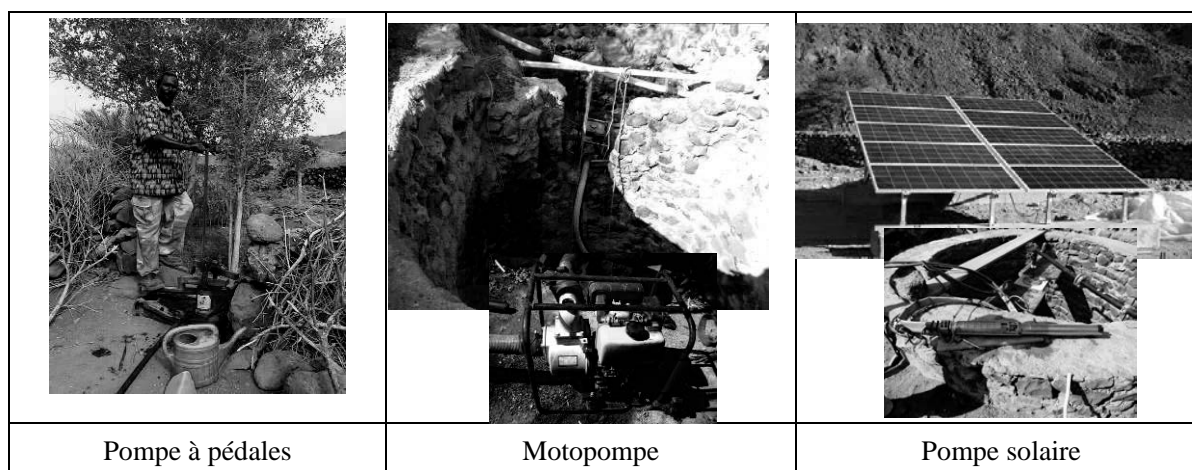


Figure 6.1.1 Classification des unités de pompes

6.2 Système solaire

(1) Composition du système solaire

Le système solaire pour l'unité de pompe se compose de trois parties principales comme suit.

Module solaire: Il s'agit d'un certain nombre de panneaux qui convertissent l'énergie solaire en électricité. Le nombre de panneaux et la puissance de ceux-ci sont déterminés en fonction de la puissance électrique nécessaire.

Contrôleur: C'est le dispositif qui commande le fonctionnement de la pompe, et indique l'état de fonctionnement tel que marche-arrêt, l'énergie électrique générée, l'état inhabituel du niveau d'eau, et la mal fonction. En général, le dispositif de commande est placé sous le module solaire.

Pompe: C'est la pompe qui est entraînée par l'énergie solaire. Une pompe submersible électrique ou une pompe centrifuge est applicable au système solaire.

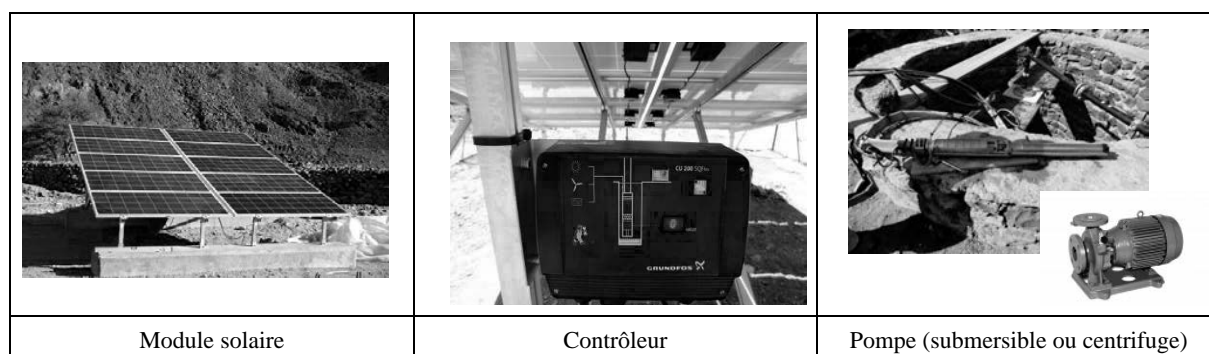


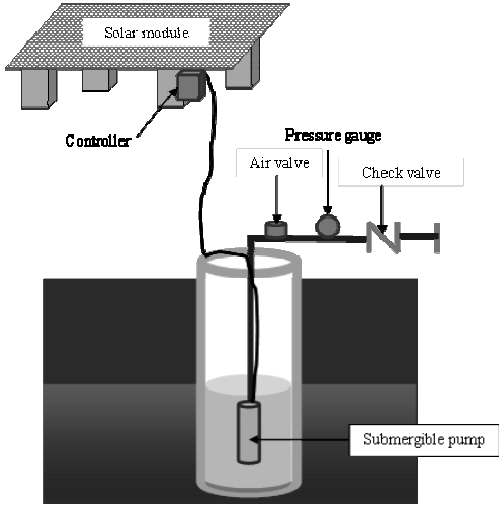
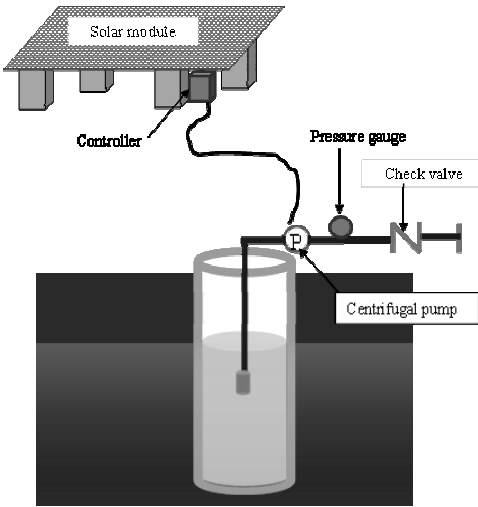
Figure 6.2.1 Composition du système solaire

(2) Pompes applicables au système solaire

Un système solaire a été appliqué au forage pour l'eau potable; par conséquent, une pompe submersible a été utilisée. Lorsque le système solaire est appliquée au puits de surface à des fins d'irrigation, soit une pompe submersible ou une pompe centrifuge peuvent être utilisées en accord avec l'état du niveau d'eau. Si le niveau d'eau est bas, une pompe submersible est recommandée; au contraire, si le niveau d'eau est élevé, une pompe centrifuge est adoptable. Le type approprié de pompe doit être choisi en tenant compte des caractéristiques décrites dans le **Tableau 6.2.1**.

Tableau 6.2.1 Comparaison de pompes solaires

Classification	Pompe submersible	Pompe centrifuge
Lieu où la pompe est placée	Sous l'eau	Par terre
Courant	Courant continu (DC) La consommation d'énergie est supérieure à celle de la pompe centrifuge, car elle peut être utilisée sans la conversion du courant continu au courant alternatif.	Courant alternatif (AC)
État du niveau d'eau	Applicable quand le niveau de l'eau est bas. (Une profondeur d'immersion d'environ 1 m est nécessaire.)	La consommation énergétique est inférieure à celle de la pompe submersible, car il faut convertir le DC au AC.

Coût initial	Plus cher	
Réparation et remplacement	La pompe doit être sortie du puits en cas de réparation ou de remplacement. Il faut du temps pour le remplacement parce que la pompe spécifiée doit être commandée au fabricant.	Non applicable à la condition où le niveau d'eau est trop faible
Diagramme schématique		

(3) Détermination des spécifications de la pompe solaire

Les spécifications de la pompe solaire sont déterminées conformément à la procédure suivante.

Calcul de la quantité d'eau d'irrigation

Quantité d'eau d'irrigation nécessaire (m³ / jour)
= Besoins en eau des cultures (mm / jour) × superficie d'irrigation (ha) × 10

Calcul du débit de la pompe

Débit de la pompe (m³ / h) = quantité d'eau d'irrigation nécessaire (m³ / j) ÷ heures d'irrigation (h)
Pour la pompe solaire, l'insolation journalière disponible doit être adoptée comme nombre d'heures d'irrigation.
Cette insolation journalière disponible est estimée être de 6 à 8 heures à Djibouti.

Détermination du diamètre de la pompe

Diamètre pompe (mm) = $(4/\pi \times \text{Débit de la pompe (m}^3/\text{h)} \div 3,600 / \text{Vitesse (m/s)})^{1/2} \times 1,000$
Vitesse est généralement supposée être de 2,5 m/sec.

Calcul de la perte de charge totale de la pompe

Perte de charge totale (m) = Perte de charge réelle de la pompe (m) + friction dans la conduite (m) + marge

Puissance électrique requise

Puissance électrique requise (kW)
= Débit de la pompe (m³ / h) ÷ 3600 × Perte de charge totale (m) × 9,8 ÷ efficacité de la pompe
L'efficacité de la pompe = 0,5 à 0,6 (50 - 60%)

【Exemple de Référence】

Quantité d'eau d'irrigation nécessaire

$$= \text{Besoins en eau des cultures } 10 \text{ mm / jour} \times \text{zone d'irrigation de } 1,5 \text{ ha} \times 10 = 150 \text{ m}^3 / \text{jour}$$

Débit de la pompe = quantité d'eau d'irrigation requise $150 \text{ m}^3 / \text{jour} \div \text{heures d'irrigation } 6 \text{ heures}$

$$= 25 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Diamètre de la pompe = $(4 / \pi \times \text{Débit de la pompe } 25 \text{ m}^3 / \text{h} \div 3600 / \text{Velocity } 2,5 \text{ m / s}) \text{ de } 1/2 \times$

$$1000 = 59 \text{ mm} \rightarrow 3 \text{ pouces}$$

Perte de charge totale = Perte de charge réelle $12 \text{ m} + \text{Friction } 2,5 \text{ m} + 0,5 \text{ m Marge} = 15 \text{ m}$

Puissance électrique requise = débit de la pompe $25 \text{ m}^3 / \text{h} \div 3600 \times 15 \text{ m} \times 9,8 \div 0,5 = 2,0 \text{ kw}$

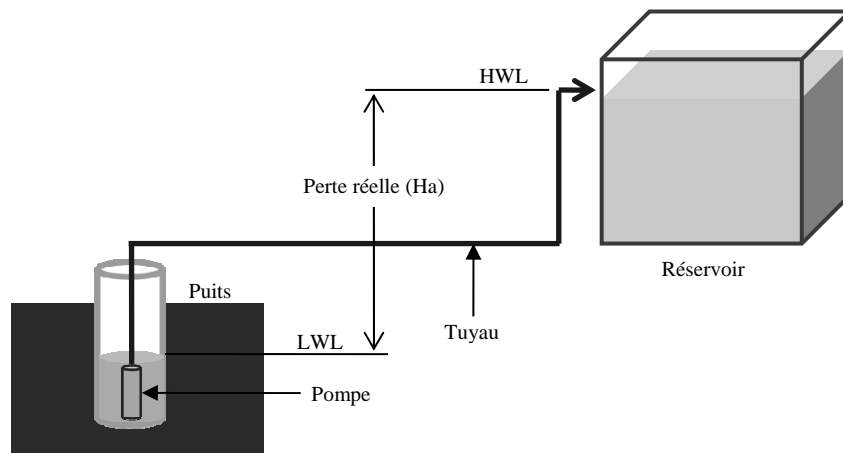


Figure 6.2.2 Tableau explicatif de la perte de charge

(4) Nombre de modules solaires

Le nombre requis de modules solaires peut être calculé en divisant la puissance électrique requise par la puissance de sortie d'une pièce de module solaire. Différents niveaux de puissance de module solaire sont disponibles sur le marché.

【Exemple de référence】

Nombre requis de modules solaires

$$= \text{Puissance électrique requise } 2,0 \text{ kW} \div \text{Puissance de sortie } 120 \text{ w/pièce} = 16 \text{ pièces}$$

(5) Test de la pompe solaire

Après l'installation de la pompe solaire, sa performance doit être vérifiée en procédant à un essai de pompage. Dans le projet pilote, la pompe solaire a été installée au puits de la ferme pilote d'Afka Arraba. **Figure 6.2.3** représente la courbe de rendement qui a été préparée sur la base des résultats de l'essai de pompage d'Afka Arraba, et qui montre la relation entre la puissance électrique générée et le débit de la pompe. Comme cela est clairement montré dans ce graphique, le débit de la pompe dépend de l'énergie électrique générée. Le débit est faible lorsque l'énergie électrique générée est faible, et il augmente en fonction de l'augmentation de la puissance électrique. Dans ce cas, le débit atteint près de $7 \text{ m}^3/\text{h}$ lorsque le courant électrique généré est de 1 kW .

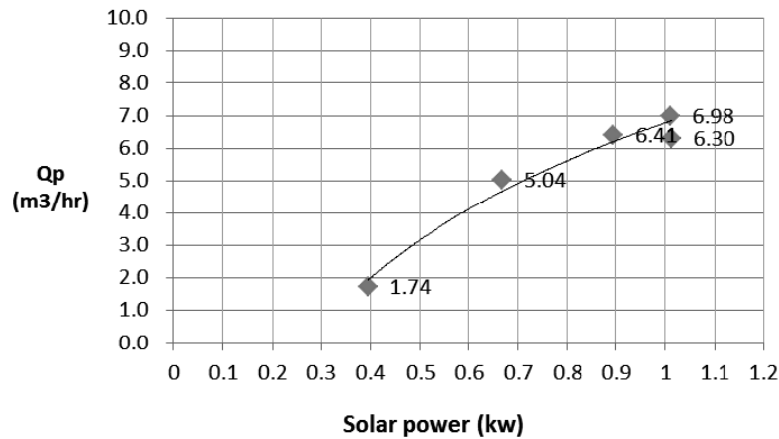


Figure 6.2.3 Courbe de rendement de la pompe solaire (Exemple de référence)

(6) Fonctionnement automatique de la pompe solaire

Un système de fonctionnement automatique est généralement appliqué à la pompe solaire. La pompe démarre et s'arrête automatiquement en détectant le niveau d'eau avec les capteurs de niveau d'eau installés dans le puits et le réservoir d'eau afin d'éviter les situations suivantes.

Une opération à vide causée par le retrait de l'eau dans le puits

Lorsque le niveau de l'eau descend jusqu'au niveau «Éteindre, Basse-Eau» matérialisé dans le puits, la pompe s'arrête automatiquement. Après un moment, quand le niveau de l'eau monte jusqu'au niveau décidé, la pompe redémarre automatiquement. Pendant ce temps, le temps de repos entre l'arrêt et redémarrage de la pompe est fixé à cinq minutes pour protéger le moteur contre les dommages dus aux étapes fréquentes marche-arrêt.

Débordement du réservoir d'eau

Les capteurs de niveau d'eau, tels que le type flottant et le type de pôle électrique sont installés dans le réservoir d'eau. Lorsque le niveau de l'eau monte jusqu'au niveau "Éteindre, Haute-Eau" matérialisé dans le réservoir d'eau, la pompe s'arrête automatiquement. Ensuite, la pompe redémarre automatiquement lorsque le niveau d'eau descend jusqu'au niveau décidé. Au lieu d'un fonctionnement automatique, la commande manuelle peut également être utilisée. Dans le cas d'un fonctionnement manuel, une surveillance étroite de la hauteur d'eau est nécessaire pour éviter le fonctionnement à vide de la pompe dans le puits et pendant le trop-plein du réservoir de stockage.

6.3 Installations de transport et de distribution d'eau

(1) Classification des installations de transport et de distribution d'eau

Comme le montre la **Figure 6.3.1**, la partie entre la source d'eau et le réservoir d'eau est définie comme installation de transport, et la partie comprise entre le réservoir d'eau et les terres irriguées est définie comme installation de distribution.

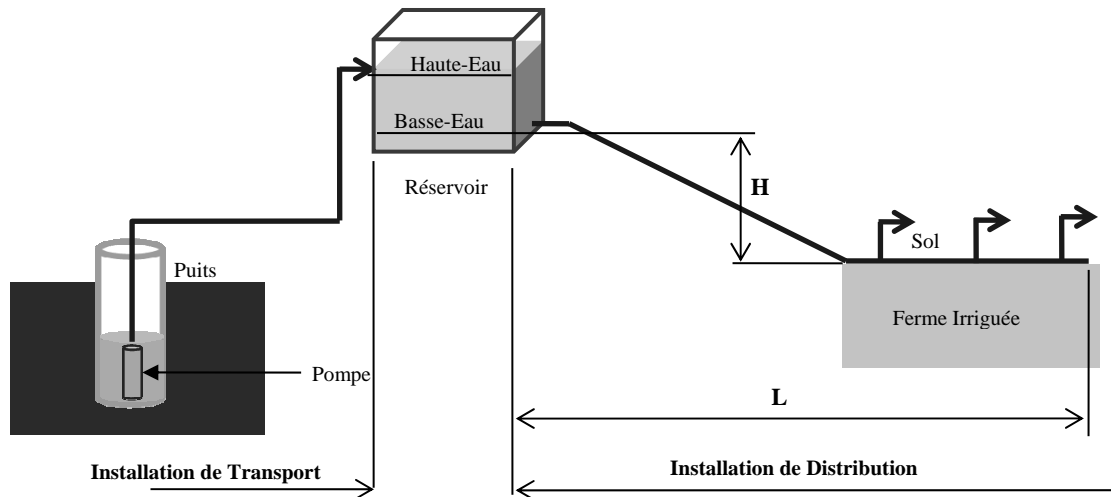


Figure 6.3.1 Classification des installations de transport et de distribution d'eau

(2) Tuyaux de transport et de distribution

L'eau d'irrigation est prise à partir de la source d'eau par la pompe; Par conséquent, le tuyau peut être pris comme une installation de transport. Par ailleurs, le canal à ciel ouvert et le tuyau peuvent être pris comme des installations de distribution. L'infiltration et les pertes d'eau pendant les opérations sont normalement observées dans le cas du canal à ciel ouvert; à cet effet, le tuyau est recommandé comme installation de transport pour améliorer l'utilisation efficace de l'eau.

Les tuyaux en acier et en PVC sont disponibles comme conduits de canalisation. Un tuyau en acier est recommandé dans le cas où la canalisation est installée sur le sol; d'autre part, un tuyau en PVC peut être adopté au cas où la canalisation est enterrée dans le sol. Un tuyau en acier est beaucoup plus cher qu'un tuyau en PVC, aussi l'outil utilisé pour faire les fils pour les petits tuyaux en acier n'est pas connu à Djibouti. En revanche, un tuyau en PVC peut être facilement acheté sur le marché de Djibouti-ville, et présente les avantages suivants: 1) il coûte moins cher, 2) il est léger et facile à joindre, et 3) divers accessoires sont disponibles. Ainsi, le tuyau en PVC est recommandé comme canalisation de transport et de distribution. Comme le montre la **Figure 6.3.2**, le tuyau en acier galvanisé à chaud peut être placé directement sur le sol; d'autre part, le tuyau en PVC doit être enterré dans le sol pour éviter la dégradation due aux rayons de soleil et les dommages dus aux impacts.

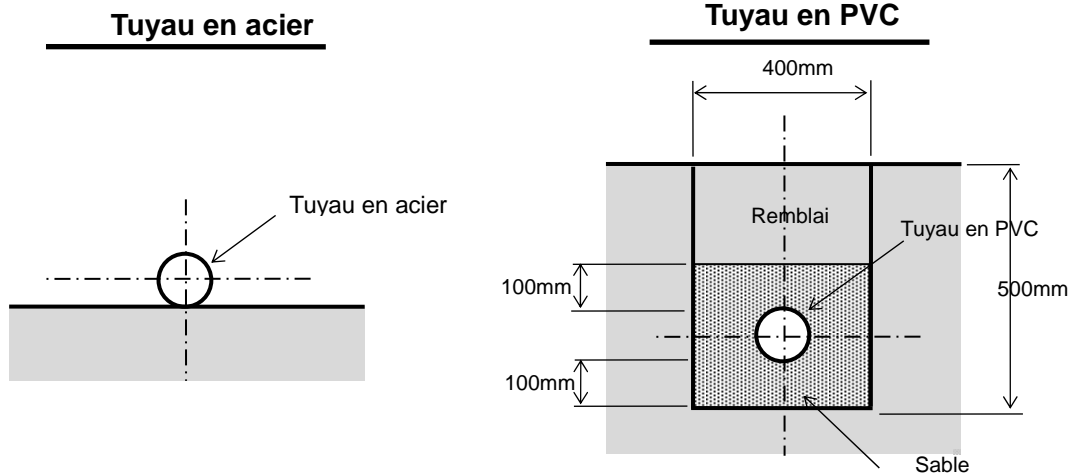


Figure 6.3.2 Section standard pour l'installation des tuyaux en acier et en PVC

(3) Diamètre du tuyau

Tuyau de transport

Le diamètre du tuyau de transport peut être calculé conformément à l'équation ci-dessous. La vitesse est fixée à moins de 1,0 m/s pour contenir la perte de charge dans le tuyau. Le **Tableau 6.3.1** montre une indication approximative de sélection du diamètre du tuyau de transport.

Diamètre du tuyau de transport (mm)

$$= (4/\pi \times \text{Débit de la pompe (m}^3\text{/h)} \div 3,600 / \text{Vitesse (m/sec)})^{1/2} \times 1.000$$

Tableau 6.3.1 Sélection du tuyau de transport

Débit de la pompe	Diamètre du tuyau	
0 - 7 m ³ /h	50 mm	2 pouces
7 - 15 m ³ /h	75 mm	2.1/2 pouces
15 - 22 m ³ /h	90 mm	3 pouces
22 - 34 m ³ /h	110 mm	4 pouces

Tuyau de distribution

Le diamètre de la conduite de distribution doit être choisi pour satisfaire à l'exigence que la perte de charge due à la friction dans la canalisation de distribution soit maintenue dans la plage de la différence (H) entre le réservoir d'eau (LWL) et le sol (GL), comme indiqué à la **Figure 6.3.1**. La perte de charge due à la friction dans la canalisation (h_f) peut être calculée en utilisant la formule de Hazen Williams ci-dessous.

$$h_f = 1.1 \times 10.67 \cdot \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}} \cdot L$$

- H_f: Perte de charge due à la friction dans le tuyau (m)
- Q: Débit (m³/sec)
- D: Diamètre du tuyau de distribution (m)
- L: Longueur du tuyau (m)
- C: L'efficience de la vitesse, C=140 (Tuyau en PCV)

【Exemple de Référence】 $Q=15 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 0,004 \text{ m}^3/\text{sec}$, $D=75\text{mm} \rightarrow 0.075\text{m}$, $L=200\text{m}$, $C=140$

$$h_f = 1.1 \times 10.67 \times \frac{0.004^{1.85}}{140^{1.85} \times 0.075^{4.87}} \times 200 = 2.8\text{m}$$

(4) Réservoir d'eau

Étant donné que le puits et la retenue d'eau ont pour fonction le stockage de l'eau, le réservoir d'eau n'a pas besoin d'avoir la même fonction. L'objectif du réservoir est de donner de la flexibilité au système d'irrigation par l'ajustement du temps de transport et du temps de distribution. À cet égard, le réservoir d'eau est conçu pour avoir la capacité de satisfaire la demande en eau d'irrigation d'une journée. Dans le cas où les besoins en eau des cultures sont de 10 mm / jour, et les terres irriguées sont de 1,5 ha, le réservoir d'eau a besoin d'une capacité de 150 m³. Les réservoirs d'eau sont généralement construits à l'aide de pierres et de ciment à Djibouti comme le montrent les photos ci-dessous. Un couvercle n'est normalement pas placé sur le réservoir d'eau comme le montre la photo de gauche ci-dessous; Toutefois, certains réservoirs d'eau ont un couvercle en béton, comme illustré dans la photo de droite. D'une manière générale, le couvercle n'est pas nécessaire pour le réservoir d'eau d'irrigation. Cependant, une conduite d'évacuation doit être installée dans le bas de la paroi latérale de façon à évacuer l'eau du réservoir d'eau pour le nettoyage et les réparations.

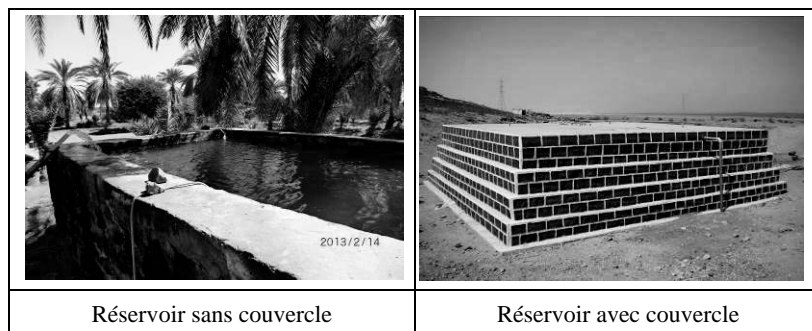


Figure 6.3.3 Exemple de réservoirs

7. Installations d'irrigation

7.1 Bornes d'irrigation

Des bornes d'irrigation doivent être installées pour irriguer chaque parcelle agricole. La photo de droite montre une borne installée dans l'une des fermes du projet pilote. Cette borne comporte deux vannes: l'une de dimensions standard (2,1/2 pouces) en bas et l'autre de petite taille (3/4 pouce) en haut. Pour les fermes ayant une certaine superficie, les vannes de taille standard sont normalement utilisées pour distribuer l'eau d'irrigation dans les canaux. D'autre part, pour de petites parcelles, des vannes de petite taille sont beaucoup plus utiles en termes d'arrosage facile et d'utilisation efficace de l'eau.

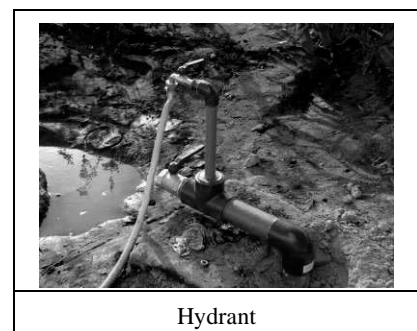


Figure 7.1.1 Exemple de bornes

7.2 Canaux d'irrigation

Les canaux d'irrigation distribuent l'eau d'irrigation à partir des bornes jusqu'aux sillons. Il est essentiel de faire des canaux qui ont une inclinaison douce et constante pour assurer un arrosage uniforme. Pour contrôler les pertes d'infiltration, l'amélioration des canaux a été faite jusqu'à présent par les agriculteurs; par exemple, en plaçant de petites pierres sur les côtés, ou en faisant des revêtements en béton.

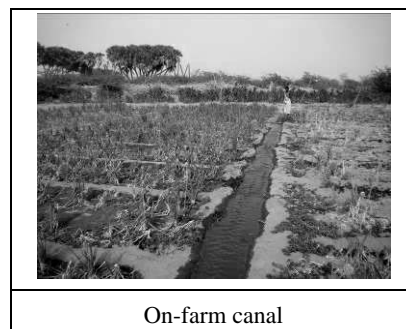


Figure 7.2.1 Exemple de canaux

7.3 Irrigation par rigoles ou à la raie

La méthode d'irrigation principale pratiquée à Djibouti est l'irrigation de surface; à savoir l'irrigation par bassins et l'irrigation par rigoles. L'irrigation de surface a un avantage en termes de coût initial et de coût d'opération dans la mesure qu'elle n'a pas besoin de matériel d'irrigation et de source d'alimentation comme l'irrigation moderne sous pression telle que l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte. L'efficacité de l'irrigation de surface est inférieure à celle de l'irrigation moderne sous pression; par conséquent, les méthodes d'économie d'eau suivantes doivent être prises en considération dans l'application de l'irrigation de surface.

Irrigation par bassins: des parcelles plus petites, et nivellement des parcelles

Irrigation par rigoles: sillons courts et nivellement des sillons

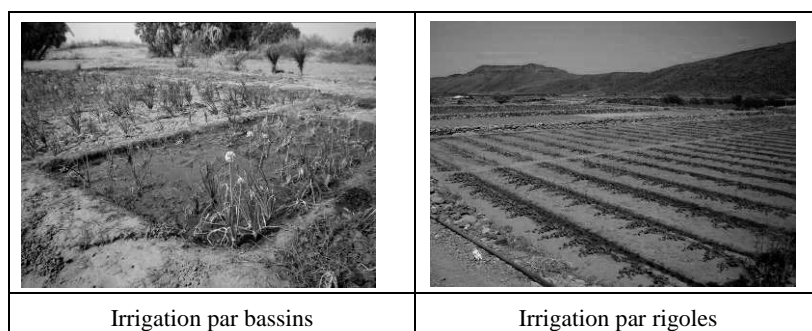


Figure 7.3.1 Irrigation de surface à Djibouti

Il est à noter que l'irrigation par bassins présente des inconvénients en termes de consolidation des sols cultivés, arrosage inégal, et augmentation de la perte d'infiltration. En comparant l'irrigation par rigoles à l'irrigation par bassins, la première présente des avantages en termes de l'état du sol pour les cultures et des économies d'eau. En conclusion, l'irrigation par rigoles est la méthode d'irrigation de surface beaucoup plus recommandable à Djibouti.

7.4 Irrigation goutte à goutte

Il est bien connu que l'irrigation goutte à goutte est la meilleure méthode d'irrigation en économie d'eau. Il a été déjà prouvé par la performance réelle dans la zone aride que la quantité d'eau d'irrigation nécessaire à l'irrigation goutte à goutte est la moitié ou le tiers de celle de l'irrigation de surface. Les ressources en eau sont limitées à Djibouti; dans ce contexte, l'irrigation goutte à goutte est une méthode d'irrigation prometteuse. En réalité, les entreprises agroalimentaires et les agriculteurs avancés ont adopté le système d'irrigation goutte à goutte dans leurs fermes.

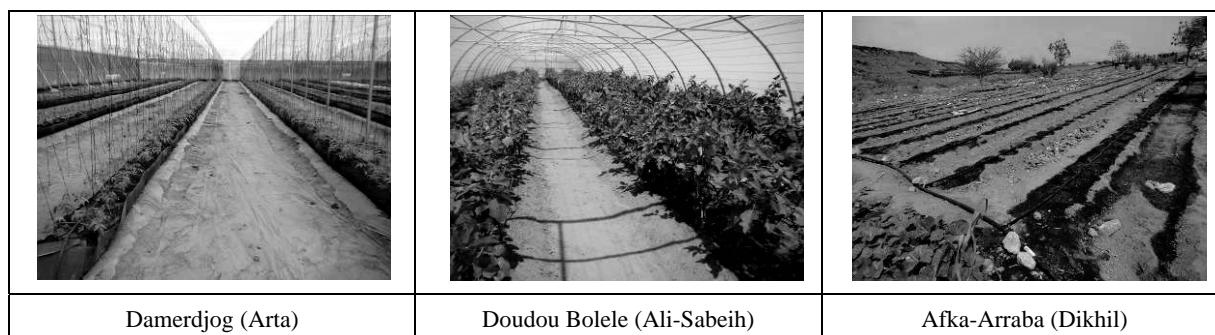


Figure 7.4.1 Exemples de cas de systèmes d'irrigation goutte à goutte introduits à Djibouti

(1) Types d'émetteurs goutte à goutte

Deux types d'émetteurs goutte à goutte, le type interne et le type externe, comme indiqué dans la photo ci-dessous sont utilisés à Djibouti. Dans le projet pilote, des tests de comparaison de débits ont été effectués avec les deux types d'émetteurs goutte à goutte. Par conséquent, il a été prouvé que le type externe fonctionne bien même sous de faibles pressions. En outre, le même type a un autre avantage en offrant un entretien facile contre le colmatage dû à sa caractéristique structurelle. Ce type externe est recommandé comme émetteur prometteur à Djibouti.

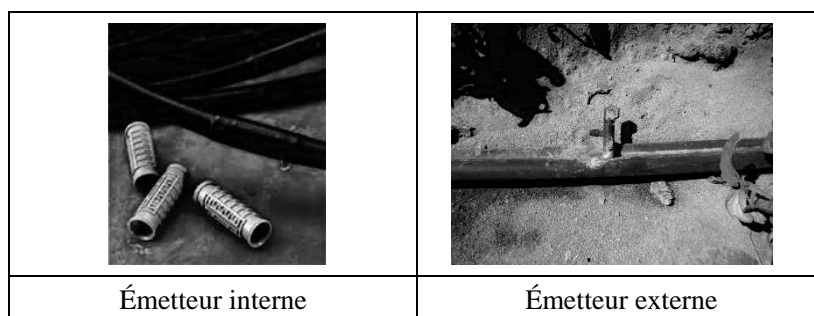


Figure 7.4.2 Émetteurs goutte à goutte utilisés à Djibouti

(2) Sélection des filtres

Les puits de surface seront les principales sources d'eau utilisées pour l'irrigation goutte à goutte dans l'avenir à Djibouti. L'eau tirée d'un puits de surface contient de la terre et d'autres contaminants en quantités beaucoup plus importantes que celle tirée d'un forage; Par conséquent, l'installation de filtres est indispensable pour éviter le colmatage des émetteurs. Différents types de filtres sont disponibles, comme indiqué dans le **Tableau 7.4.1**. Des filtres appropriés doivent être choisis en tenant compte de la qualité de l'eau et de l'utilisation.





Type	Filtre à sable	Filtre à cyclone	Filtre à tamis	Filtre à disques
Source d'eau	Retenue, Rivière	Retenue, Rivière, Puits	Puits	Puits
Impureté ciblée	Particules flottantes, matières organiques, algues, sable	Sable	Particules flottantes, sable	Matières organiques, algues, sable
Photo				

Tableau 7.4.1 Sélection du type à tamis

Dans le cas de Djibouti, le filtre à tamis est recommandé en termes de qualité de l'eau et des travaux d'entretien et de nettoyage.

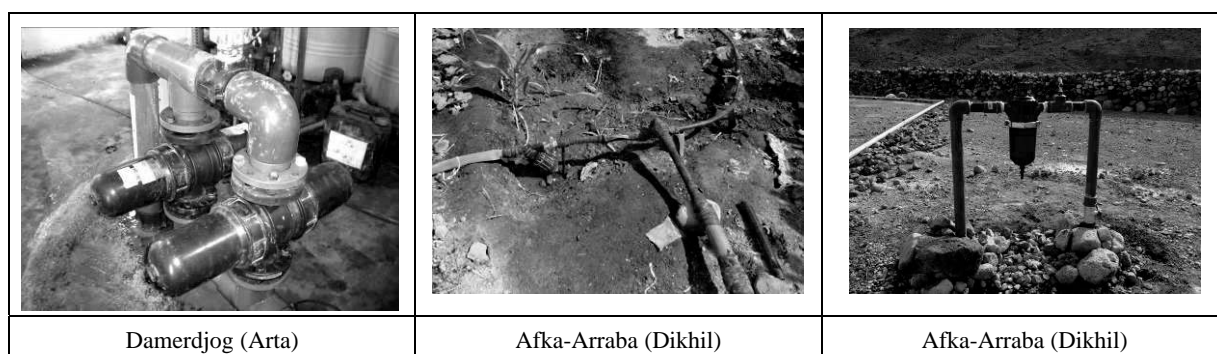


Figure 7.4.3 Exemples de cas de filtres à tamis installés à Djibouti

(3) Gestion de l'eau en irrigation goutte à goutte

Une irrigation fréquente avec un ou deux jours d'intervalle est recommandée comme méthode d'irrigation pour la goutte à goutte afin d'améliorer la production agricole. Les heures requises d'irrigation pour la goutte à goutte peuvent être calculées avec l'équation suivante.

Heures d'irrigation (h) = quantité d'eau d'irrigation à un moment donné (mm) ÷ intensité d'irrigation (mm/h)

Intensité d'irrigation (mm/h) = débit des émetteurs par mètre (litres/h) ÷ aire d'humectation (m²)

【Exemple de calcul】

Dans le cas où le débit d'un émetteur est de 4 litres/h., et l'agencement des émetteurs est comme montré à la **Figure 7.4.4**, l'intensité de l'irrigation est calculée comme suit. Et puis, la durée d'irrigation pour un intervalle d'irrigation de deux jours est estimée comme indiqué dans le **Tableau 7.4.2**.

Intensité d'irrigation = (4 litres/h × 2,5) ÷ (1,0 × 0,8 m) = 12,5 mm/h

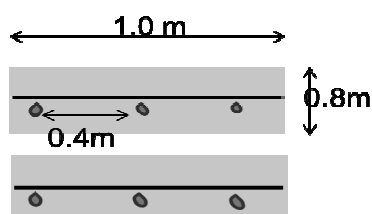


Figure 7.4.4 Agencement des émetteurs goutte à goutte

Tableau 7.4.2 Durée d'irrigation par culture à Djibouti (h)

Type de cultures	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou.	Sep	Oct	Nov	Dec.
Légumes d'hiver	0,9	0,8	0,7	-	-	-	-	-	0,7	0,7	0,9	0,9
Légumes d'été	-	-	0,5	0,6	1,0	1,5	1,9	1,5	-	-	-	-
Fourrages d'hiver	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,7	0,7
Fourrages d'été	-	-	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,3	-	-	-	-
Fourrages vivaces	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,2	1,5	1,5	1,1	0,9	0,8	0,7
Arbres	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	1,2	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5

8. Exploitation et entretien des installations d'irrigation

8.1 Exploitation des installations d'irrigation

(1) Prise à partir de la source d'eau

Le fonctionnement de la pompe doit être géré en contrôlant le niveau d'eau. La pompe peut être mise en operation de façon intermittente lorsque le niveau d'eau dans la source est faible. Le démarrage et l'arrêt de la pompe doit être effectuée manuellement en surveillant le niveau de la source d'eau. En outre, le niveau d'eau dans le réservoir doit aussi être attentivement surveillé. Lorsque ce niveau arrive à proximité de la partie supérieure du réservoir, la pompe doit être arrêtée immédiatement pour éviter le débordement du réservoir. En revanche, pour le système de pompage solaire, le lecteur automatique de marche-arrêt est normalement programmé en réponse aux niveaux d'eau dans la source et le réservoir d'eau.

(2) L'utilisation des bornes d'irrigation

L'irrigation par rotation doit être appliquée au niveau de la ferme; par conséquent, l'ouverture et la fermeture des bornes d'irrigation doivent être gérées dans l'ordre. Si plusieurs bornes sont ouvertes en même temps, la pression de l'eau dans le tuyau baisse, entraînant la diminution du débit à la prise. Pour une ferme ayant plusieurs parcelles, l'irrigation par rotation doit être appliquée comme suit; trois fois par semaine pour les légumes d'été, et deux fois par semaine pour les légumes d'hiver.

8.2 Entretien des installations d'irrigation

(1) Entretien

L'entretien des installations d'irrigation peut être effectué sur une base quotidienne et occasionnelle. Dans le cas où l'entretien est réalisé comme un travail en commun par les bénéficiaires, la règle suivante serait conseillée. Les travaux d'entretien quotidien doivent être effectués par une ou deux personnes en charge, et qui sont choisies par les bénéficiaires. Par ailleurs, les travaux d'entretien occasionnel doivent être effectués collectivement par les bénéficiaires chaque fois que c'est nécessaire.

Tableau 8.2.1 Entretien des installations d'irrigation

Rubriques	Travaux d'entretien
Entretien journalier	<ul style="list-style-type: none"> . Suivi du niveau d'eau de la source . Suivi du niveau d'eau du réservoir . Suivi des conditions de fonctionnement de la pompe . Nettoyage de la surface du module solaire . Suivi de l'état de la canalisation (vérification du fonctionnement, trouver les fuites d'eau) . Lecture et enregistrement de la consommation d'eau avec un compteur
Entretien occasionnel	<ul style="list-style-type: none"> . Dragage des sédiments du puits et de l'étang . Nettoyage du réservoir . Réparation des défauts des installations




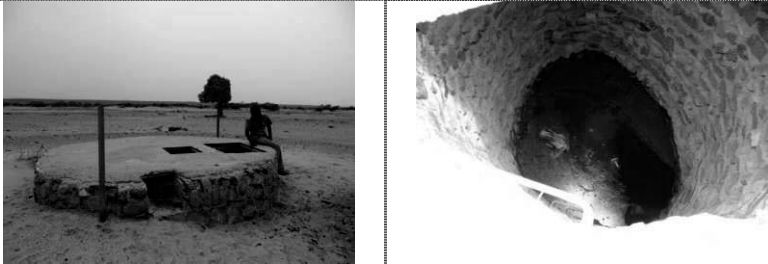
(2) Problèmes de dépannage

En principe, les bénéficiaires doivent s'occuper eux-mêmes des problèmes de mal fonctionnement des installations d'irrigation. Cependant, des problèmes spéciaux tels que des troubles liés au système électrique peuvent être difficiles à fixer par les bénéficiaires. Dans de tels cas, la réparation doit être confiée à une entreprise professionnelle.

Tableau 8.2.2 Dépannage des installations d'irrigation

Rubriques	Cause des problèmes	Remèdes
Dommages du puits	Crues	Réparation avec des pierres et ciment
Fuites d'eau du réservoir	Présence de trous	Ébrécher le point de fuite, puis enduire l'embase de fixation sur la paroi intérieure
Fuites d'eau des vannes	Rupture de la vanne	Remplacer la vanne
Fuites d'eau de la canalisation	Rupture du joint	Remplacer le joint
Rupture de la clôture	Dégradation des matériaux	Repeindre la clôture ou remplacer le grillage
Problèmes de la pompe	Dégradation de l'huile	Vidanger l'huile
	Rupture de pièces	Remplacer les pièces
Problèmes du système solaire	Rupture du module	Commander le module à la société professionnelle pour le remplacement
	Défaut du système électrique	Entrer en contact avec la société professionnelle pour la réparation du défaut

【Exemple】 Aperçu des sites de projet d'irrigation

Aperçu des sites candidats du projet: I-2-6 (Sek Sabir)					
Informations de base		Situation			
Numéro du site	I-2-6	Latitude	N: 11-15.8		
Nom du site	Sek Sabir	Longitude	E: 42-13.6		
Région	Dikhil	Carte			
Type de développement	Nouveau peuplement				
Type de source d'eau	Nappe peu profonde				
Installation	Puits B				
Bassin Versant	50km ²				
Evaluation					
Not es	① Disponibilité de la source d'eau			3	15
	② Demande par la communauté locale	3			
	③ Accès	2			
	④ Conditions des terres agricoles	2			
	⑤ Présence d'habitants	3			
	⑥ Qualité de l'eau	2			
Classement		A			
Sommaire					
<p>Il y a un village dans lequel un nombre important de nomades vit. En 2012 un forage avec système solaire a été construit pour assurer l'alimentation en eau potable et domestique dans le cadre du financement japonais. Cette zone est reconnue comme un site potentiel pour le développement agricole, car il présente plusieurs avantages comme 1) assez grande superficie du bassin versant 2) présence d'un nombre important d'habitants 3) disponibilité d'une quantité d'eau suffisante.</p>					
Photos du Site					
					
Vue panoramique de l'oued					
					
Installation d'approvisionnement en eau potable et domestique construit avec le soutien du Japon		Puits abandonné dans l'oued			
Remarques					



MAEPE-RH (Ministère de l'Agriculture, des
Pêches, de l'Élevage et des Ressources
Halieutiques)

JICA (Agence Japonaise de Coopération
Internationale)



ÉTUDE DU SCHEMA-DIRECTEUR POUR L'IRRIGATION ET L'AGRICULTURE DURABLE DANS LA ZONE SUD DU DJIBOUTI

Manuel pour la culture des légumes et des fourrages à Djibouti

Décembre 2014



Société NTC International

Guide de formation
agricole des
nomades de
Djibouti



Préface

Ce manuel d'agriculture fait partie des documents qui accompagnent le projet de coopération technique « Etude du schéma-directeur pour l'irrigation et l'agriculture durable dans la zone sud de Djibouti ».

Il est destiné aux agents de vulgarisation et aux instructeurs chargés de guider les nomades et les anciens nomades dans le domaine de l'agriculture. Ils pourront le consulter dans leur travail de formation pratique sur le champ et l'utiliser comme support visuel à montrer aux bénéficiaires de l'encadrement technique agricole.

C'est à partir de ce concept que nous avons choisi d'incorporer le plus de photographies possible afin de rendre les modes de culture compréhensibles sur un support visuel. Etant donné qu'il s'agit d'un manuel destiné aux débutants, les techniques agricoles de moindre importance ont été exclues lorsqu'elle paraissait trop difficile ou impossibles à reproduire de façon autonome par les nomades ou les anciens nomades.

Nous espérons que ce manuel trouvera son utilité auprès des agents de vulgarisation de Djibouti.

Index

1. Billonnage	1
2. Fabrication du compost.....	3
3. Moringa & Leucaena.....	5
4. Tomate.....	9
5. Oignon.....	13
6. Gombo.....	15
7. Sorgho et herbe du Soudan.....	17
8. Palmier dattier.....	19

Billonnage



Le plus important dans cette opération sera de dessiner des sillons réguliers. Lorsqu'ils sont mal tracés l'irrigation n'est pas homogène et donc la croissance des plantes est disparate. Il faut savoir que lorsque les parcelles sont pierreuses le billonnage devra se faire à la main et prendra beaucoup de travail et beaucoup de temps.

1. Matériel à préparer

Pour le billonnage il faut prévoir une pelle, une bêche et un râteau, plus une pioche dans le cas de Djibouti pour déterrer les grosses pierres qui se trouvent dans le sol. La pioche sera particulièrement indispensable lorsqu'il s'agira de défricher des terres agricoles sur les terrasses d'oued. Il faut également prévoir une brouette pour déplacer les pierres. Tous ces outils sont disponibles sur le marché de Djibouti. Il est conseillé de faire un stock suffisant de matériel dès le départ car sur certaines terres ils s'useront très vite.



Si la terre est de bonne qualité et qu'il n'y a pas de pierres dans le sol, le billonnage peut se faire à la pelle



Si la terre renferme beaucoup de pierres il faudra utiliser une pioche pour les déterrer



Le râteau sert à égaliser les billons. Sur les terres dures le râteau s'use vite, aussi il faudra prévoir plusieurs râteaux de rechange

2. Préparation de la parcelle

Avant de retourner les bandes pour faire les billons il faut préparer le sol. Il faut retourner le sol à la pelle, à la bêche, à la pioche pour enlever les pierres. Lorsque le terrain est en pente, il faut le niveler le plus possible pour faciliter le profilage des billons.



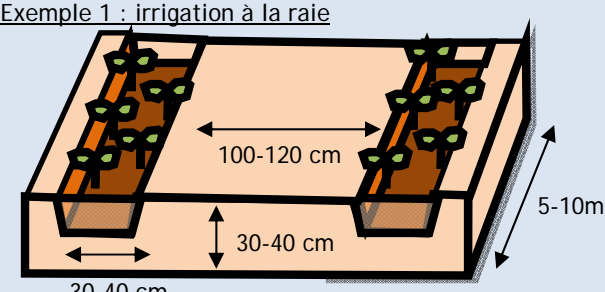
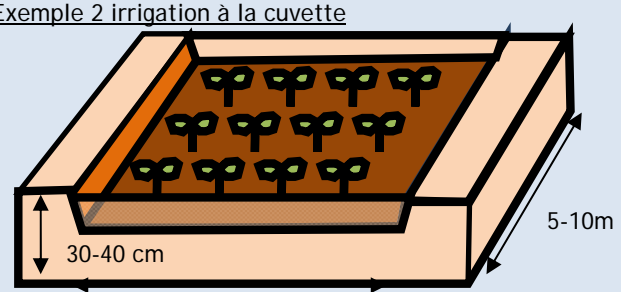
Nivellement lorsque la parcelle est en pente. Le nivellement demande énormément de travail mais n'est pas indispensable.



La préparation du sol peut aussi être faite par les femmes. Il est recommandé d'encourager leur participation.

3. Forme des billons

Les méthodes de billonnage diffèrent selon les formes d'irrigation retenues. L'exemple ci-dessous montre les billonnages qui correspondent à chaque type d'irrigation/culture et aux conditions du sol.

<p>Exemple 1 : irrigation à la raie</p> 	<p>Exemple 2 irrigation à la cuvette</p> 
<p>Dans ce cas la largeur du billon est de 30 à 40 cm. Selon le type de culture un espacement de 100 à 120 cm pour les billons facilite les mouvements dans la parcelle et une dégage une bonne zone racinaire. Une profondeur de 30 cm est nécessaire et sur la couche de sol qui forme la butte il faut soigneusement enlever les cailloux.</p> <p>Type de cultures : tomate, piment, sorgho, maïs, gombo, etc.</p>	<p>La cuvette mesure 100 à 120 cm de long et doit être mieux nivelée que les billons, ce qui est un peu difficile. Il faudra bien expliquer les méthodes de nivellement au moment de l'encadrement des agriculteurs. Il est préférable d'enseigner d'abord la méthode d'irrigation à la raie plus facile à niveler. La profondeur est de 30 cm minimum et sur la couche qui forme la butte il faut soigneusement enlever les cailloux. Type de cultures : oignons</p>

4. Façonnage des billons

Les buttes sont retournées en fonction de la forme qui aura été décidée. Pour avoir une bonne longueur de sillon et faciliter la direction des agriculteurs, il faut en premier lieu préparer des bâtons de bois à la bonne longueur. Avec l'aide d'un cordeau même un nomade peu expérimenté en agriculture pourra tracer les sillons bien droits.



Avec des bâtons préparés à l'avance les nouveaux agriculteurs peu expérimentés pourront tracer correctement les billons.



Avec un cordeau les sillons sont bien droits.

5. Nivellement des billons

L'utilité de cette opération, primordiale, est difficile à comprendre par les nomades qui sont peu expérimentés, et donc lors de l'encadrement il faudra bien insister sur ce point. Parmi les nombreuses méthodes qui existent la plus simple consiste à faire couler l'eau dans les sillons pour voir le degré de pente. Pour niveler un terrain en pente, il suffit de rapporter la terre de la partie haute vers la partie basse avec une pelle.



Si les billons ne sont pas bien nivelés la croissance des plantes n'est pas homogène



Avant de semer, vérifier à l'œil nu le degré de pente des billons.



Billons d'un agriculteur avancé. Magnifique travail de nivellement



FABRICATION DU COMPOST DE FUMIER

A Djibouti il est très difficile de se procurer des engrais chimiques et de surcroît ils sont très chers. Les nomades ne les utiliseront pas. Il faut donc fabriquer du compost avec le fumier du cheptel, principalement les chèvres et les moutons. Nous présentons ici la méthode la plus simple de fabrication du compost de fumier.

1. Matériel nécessaire

Les nomades peuvent très bien rassembler le fumier des chèvres et des moutons. Il faut prévoir une brouette ou des sacs pour transporter le fumier dans la fosse. Le compost nécessite de grands volumes d'eau : prévoir un arrosoir ou un tuyau pour prendre l'eau du réservoir.



Prévoir des sacs pour rassembler le fumier du cheptel



Une brouette permettra de transporter le fumier dans la fosse et ensuite le compost à la parcelle



Pour fabriquer le compost de fumier il faut beaucoup d'eau

2. Quantités de compost nécessaire

Avant de fabriquer le compost il faudra calculer la quantité nécessaire pour la surface que l'on projette de cultiver. Les valeurs indiquées ci-dessous sont des quantités approximatives données à titre de référence. Chaque ménage peut récupérer 300 à 400 kg de fumier par cycle cultural, ce qui correspond à la couverture des besoins d'une parcelle de 0,2 ha. Au-delà de cette superficie il faudra ajouter le coût de l'approvisionnement en fumier. Les chiffres ci-dessous ne représentent qu'une base ; il faudra certainement les réviser en fonction des cultures.

Quantités minimales de compost par superficies cultivées (par cycle)

Superficie cultivée (ha)	Premier apport (kg)	Compléments (kg)	Apport total (kg)
0,2	200	200	400
0,5	500	500	1 000
1,0	1 000	1 000	2 000
2,0	2 000	2 000	4 000

3. Durée de fabrication du compost de fumier

A Djibouti, il faut compter 8 semaines de maturation jusqu'à l'utilisation finale du compost. Il faudra donc démarrer la fabrication 2 à 3 mois avant le cycle cultural. Par ailleurs rassembler le fumier prend beaucoup de temps et donc il faudra prévoir à l'avance un calendrier précis de fabrication du compost.

4. Méthode de fabrication du compost de fumier

Le procédé de fabrication est le suivant :

- ① Transvaser le fumier du cheptel dans une fosse
- ② Ajouter de l'eau (avec un tuyau ou un arrosoir) et mélanger uniformément à la pelle pour humidifier. Il y a suffisamment d'eau lorsque tout le fumier est bien humidifié. Si la quantité d'eau est convenable, elle ne doit pas dégouliner lorsque le fumier est pressé avec force.
- ③ Une fois le fumier bien mélangé, le recouvrir d'une bâche en plastique et le laisser fermenter pendant 4 semaines.
- ④ Changer le fumier de fosse. Si le fumier est sec et n'a pas bien fermenté le réhumidifier. Recouvrir avec la bâche et laisser reposer encore 4 semaines.
- ⑤ Vérifier la chaleur de fermentation et l'odeur. Le compost est à maturité quand il ne dégage plus de chaleur et de mauvaise odeur. S'il est chaud et sent mauvais, le recouvrir et attendre encore.
- ⑥ En cas de besoin, le compost sera utilisé au stade où il est encore recouvert du plastique.

		
<p>① Verser le fumier dans la fosse</p>	<p>② Bien mélanger en arrosant. Attention de ne pas trop arroser</p>	<p>③ Recouvrir d'une bâche en plastique bleue. Attendre 4 semaines environ</p>
<p>Au bout de 4 semaines</p> 		
<p>④ Au bout de 4 semaines transvaser le compost dans l'autre fosse et attendre encore 4 semaines</p>	<p>⑤ Vérifier que le compost ne dégage pas de chaleur et de mauvaise odeur</p>	<p>⑥ Le compost arrivé à maturité sera utilisé selon les besoins</p>

5. Comment améliorer la qualité du compost

Il est possible d'obtenir du compost uniquement à partir du fumier de chèvre et de mouton mais pour augmenter son efficacité on le mélangera avec de la cendre de bois ou de plantes. Les nomades fabriquent du charbon de bois pour le vendre et donc il leur est facile de se procurer la cendre. Outre ses différents apports nutritifs tels que le calcium, sa porosité augmente le pouvoir de maintien de l'eau et des nutriments dans le sol. Les quantités à observer sont de 2 à 3 kg par tonne de fumier.



Mélange de cendre dans le compost



CULTURE DU MORINGA & DU LEUCAENA

A Djibouti les cultures doivent être protégées par des brise-vent. Les clôtures de moringa et de leucaena autour des parcelles permettront de réduire les dégâts de la sécheresse causée par le vent. De plus, le moringa et le leucaena sont des plantes nutritives pouvant servir d'aliment pour le bétail et même à l'alimentation humaine. Voici comment les cultiver.

1. Comment se procurer les semences

A Djibouti les cultures de moringa et de leucaena sont courantes et donc l'approvisionnement en semences ne pose aucun problème particulier. Les graines des deux espèces se forment le plus souvent en juin ou juillet et donc il est recommandé d'indiquer ses besoins à l'avance aux pépinières qui les cultivent afin d'avoir les graines voulues au moment de la culture. Il faut semer les graines le plus vite possible car si on attend trop le pouvoir de germination diminue.



Graines de moringa



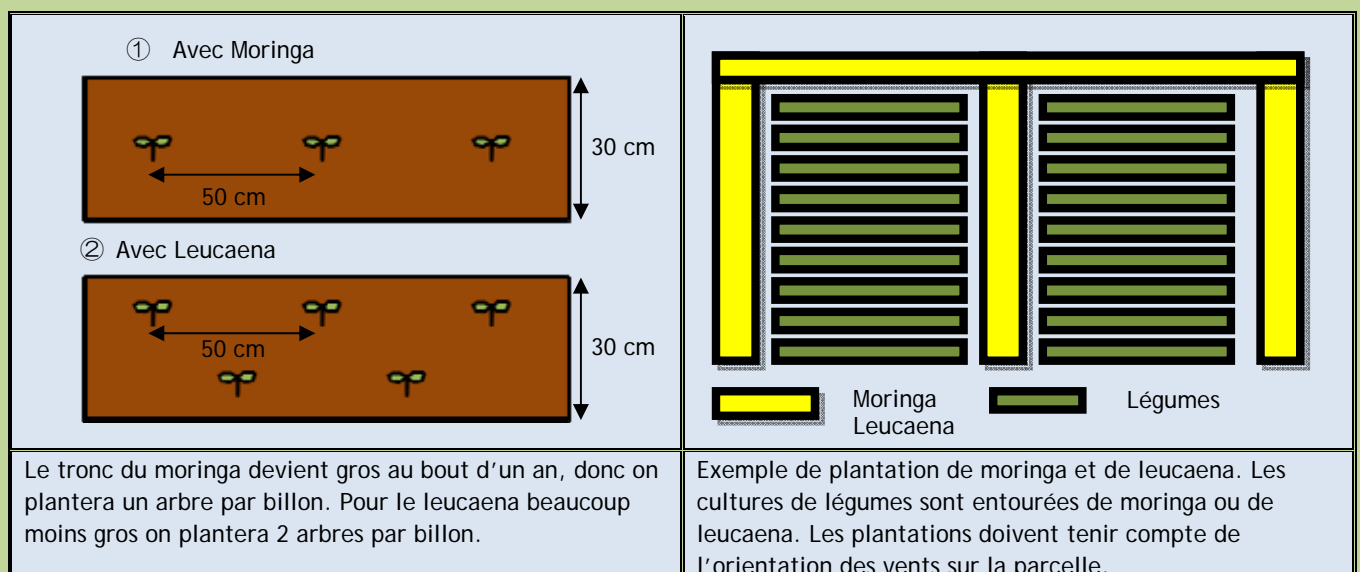
Gousse contenant les graines de leucaena



Graines de leucaena

2. Plan de culture

Octobre et novembre sont les meilleurs mois pour semer. Il est recommandé de former des buttes de 30 cm et de semer les graines tous les 50 cm. Comme les moringa et les leucaena sont destinés à former des brise-vent, il est souhaitable de les planter autour des billons de culture des légumes.



3.Mode de culture

(1) Traitement des semences

Les graines de moringa et de leucaena peuvent être plantées telles quelles, mais un traitement de la graine permettra de mieux maîtriser la durée de germination et la germination elle-même, en particulier pour le leucaena qui est long à germer.

Espèce	Méthode de traitement
Moringa	Laisser tremper les graines une demi-journée ou une journée entière dans un seau d'eau.
Leucaena	Tremper les graines 10 minutes dans une bassine d'eau chauffée à 70°C

(2) Semis

Les graines traitées seront semées selon le plan de culture ci-dessus. Si vous disposez d'une grande quantité de graines vous pouvez mettre plusieurs graines dans le même poquet (3 environ) et vous éclaircirez après germination les tiges dont vous n'avez pas besoin. Entourer ensuite la plantation de pierres sur 20 cm autour, pour protéger le plant de l'évaporation et du vent. Mais vérifier que les pierres ne deviennent pas l'habitat des sauterelles qui mangeront toutes les pousses. Dans ce cas il vaut mieux éviter l'entourage de pierres.

		
Semis des graines de moringa. 2 à 3 graines par trou	L'entourage de pierre protégera le plant du soleil et du vent	Semis des graines de leucaena. Utiliser une règle pour bien respecter l'écartement des plants

(3) Gestion des cultures

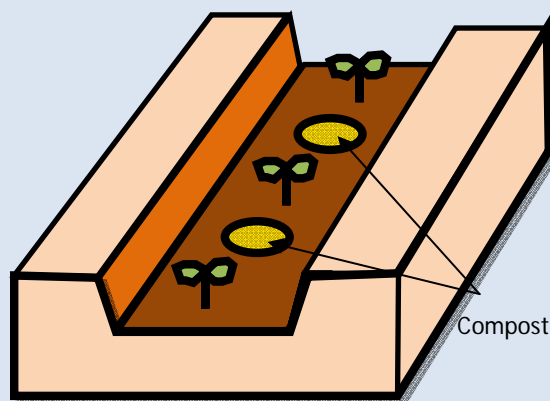
La culture du moringa ou du leucaena exige les précautions suivantes :

1) Il est important de bien arroser les plants pour favoriser la croissance. Il faut arroser au moins une fois tous les 2 jours et si l'arrosage est bien fait l'arbre peut pousser jusqu'à 2 m en une année.

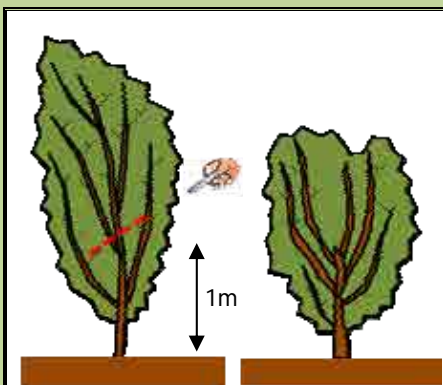
2) Une fumure favorisera encore la croissance des arbres. La graine de ces deux espèces d'arbres contient tous les nutriments nécessaires à leur croissance donc le compost ne doit pas être mis au pied de la plante mais entre les plants comme moyen d'enrichissement de la zone racinaire. Il faut prévoir un premier apport de 200 gr de compost et compléter ensuite selon les besoins.



Mise en place du compost



3) Il est recommandé d'élaguer le moringa lorsqu'il atteint 2 m. S'il n'est pas élagué il va grandir encore et risque de tomber en cas de grand vent ; il est préférable de le maintenir à la taille de 2 m. Il faudra couper les branches lorsque l'arbre atteint la taille de 1 m afin que le tronc pousse.



Quand le moringa atteint 1m les branches sont coupées pour laisser pousser le tronc.



Moringa chez un agriculteur avancé. Ils mesurent 2 m.



Moringa après la coupe. Les feuilles reviendront.

4) Le leucaena n'est presque jamais attaqué par les insectes. Le moringa en revanche est souvent attaqué par les acariens et les papillons de nuit. Il faut donc les traiter en conséquence. En principe les produits phytosanitaires sont efficaces mais il est difficile de se les procurer et il est préférable d'utiliser des insecticides organiques tels que le savon ou le piment par exemple.



Larve qui attaque les feuilles de moringa



Le moringa attire les acariens



Insecticide disponible à Djibouti. Cher mais efficace.



CULTURE DE LA TOMATE

La tomate est très cultivée à Djibouti. Elle est relativement facile à faire venir même par des novices. Elle est incontournable pour développer l'agriculture auprès des nomades car ils s'y intéressent beaucoup. Nous indiquons dans ce feuillet les rudiments de la culture de la tomate.

1. Approvisionnement en semences

Il y a trois façons de se procurer des semences de tomate à Djibouti :

- ① soit l'acheter à la ville de Djibouti
- ② soit acheter ou partager les semences avec les agriculteurs avancés ou les agriculteurs qui cultivent de la tomate
- ③ Soit s'inscrire à la distribution de la direction de l'agriculture et des forêts.

Sur le marché de Djibouti, les semences s'achètent au choix dans des magasins ou peuvent être importées par Al Gamil, mais dans les deux cas elles sont chères et seuls quelques agriculteurs avancés peuvent se le permettre. Pour les nomades les solutions ② et ③ sont envisageables. Dans le cas des distributions, c'est la direction de l'agriculture et des forêts qui conserve les semences offertes principalement par la FAO et les distribue aux coopératives ou aux particuliers.



Semences de tomate données par la FAO

2. Plan de culture

(1) Calendrier de culture

Voir tableau ci-dessous. La culture des plants de tomates débute lorsque la température commence à baisser, début septembre. En octobre on fait le repiquage et 2 à 3 mois après a lieu la récolte. La culture des tomates en saison chaude est très difficile à cause des températures trop élevées, d'autant que les nomades ont peu d'expérience et ne possèdent pas de serres. La culture de saison froide est très développée, de sorte qu'au moment de la pleine récolte en février et mars le prix de la tomate de Djibouti est extrêmement bas. Il est donc recommandé de faire les pépinières le plus vite possible pour arriver sur le marché plus tôt et bénéficier de meilleurs prix.

Calendrier de culture

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Plants												
Repiquage												
Récolte												

(2) Surfaces à cultiver et préparation des plants

Il faut environ 60 gr de semences pour 10 ares de tomates, selon la densité de repiquage et la largeur des billons. Il suffira de préparer une pépinière de 4 m² avec 30 gr de semences et de prévoir un filet de protection contre les insectes et une bâche pour les protéger du soleil.

3. Mode de culture

(1) Pépinière

Suivre le procédé ci-après. Nous indiquons ici la confection d'une pépinière de 4 m². La taille de la pépinière dépendra de la superficie à repiquer par la suite.

		
1) Retourner la terre sur une profondeur de 30 cm environ et enlever les gros cailloux	2) Ajouter 6 kg de compost, bien mélanger. Selon la qualité du sol, améliorer ses propriétés physiques avec des graviers.	3) Nivelier la pépinière au râteau et faire des rainures de 10 cm d'intervalle.
		
4) Semer les graines dans les rainures, de façon régulière.	5) Recouvrir les graines de terre et aplatir doucement avec la main.	6) Arroser et recouvrir d'une bâche ou d'un sac jusqu'à la germination. Normalement les pousses doivent sortir au bout de 1 à 2 semaines.
		
7) Ensuite protéger les plants avec un filet pour les insectes et avec une toiture de feuilles de palmier pour le soleil.	8) Arroser tous les deux jours jusqu'au repiquage. Attention de ne pas trop arroser.	9) Le repiquage se fait lorsque les plants ont atteint la hauteur de 20 cm environ.

(2) Repiquage

Le procédé de repiquage est le suivant :

- 1) Choix de l'emplacement : avec un écartement de 50 cm, on met 2 rangées de plants par billon. Utiliser une règle pour bien respecter l'écartement.

- 2) Creuser un trou de 20 à 30 cm de diamètre pour repiquer le plant à 20 cm de profondeur, ajouter 200 gr de compost mature, bien mélanger. Si possible arroser, laisser reposer 3 jours pour que le sol absorbe bien le compost.
- 3) Le repiquage doit se faire le soir, après 16 H. Lever les plants à la pelle en faisant attention de ne pas casser les racines, et repiquer un par un. Après le repiquage tasser la terre à la main ou au pied pour bien faire prendre les racines.

 <p>Terrain de repiquage</p> <p>50cm</p>		
<p>Bien observer l'écartement des emplacements de repiquage.</p>	<p>Utiliser une règle pour bien respecter l'écartement.</p>	<p>Le repiquage n'est pas pénible et peut être fait par les femmes</p>

(3) Gestion des cultures et récolte

Points qui réclament une attention particulière :

- 1) Complément de fertilisation : Dès les premières floraisons, mettre 200 g de compost entre les plants.
- 2) Tuteurs et attaches : Les tuteurs et les attaches sont difficiles à trouver à Djibouti. Les tuteurs sont toutefois nécessaires pour empêcher les fleurs et les fruits d'être abimés par le vent et les cailloux. Il est recommandé de soutenir les plants et de les attacher avec des branches sèches et des morceaux de tissus déchirés.
- 3) Fréquence d'arrosage : La saison froide de Djibouti est relativement fraîche mais il est recommandé d'arroser le plus fréquemment possible car dans la journée les rayons de soleil sont forts et le sol sèche vite. La fréquence d'arrosage optimale est d'au moins une fois tous les 2 jours, le matin de bonne heure ou le soir.
- 4) Lutte contre les insectes nuisibles : Sans insecticide il est impossible de lutter contre les larves de pyrale du tabac, les pucerons, la mouche de la bryone et autres insectes nuisibles inévitables. Si le plant est sain, les parasites ne s'attaquent pas trop gravement aux plantes, c'est surtout au début de la croissance qu'il faut être attentif. On pourra les repousser avec des pesticides organiques tels que l'extrait de piment ou le savon qui les élimine efficacement.
- 5) Récolte : Pour la consommation personnelle il n'est pas utile de prévoir une récolte particulière. Pour les tomates destinées à la vente il faudra récolter les fruits lorsqu'ils sont légèrement rougis.

		
<p>Utiliser du bois comme tuteur</p>	<p>Les larves de pyrale du tabac mangent les feuilles</p>	<p>Pour la vente il faut récolter les tomates quand elles sont légèrement rouges.</p>



CULTURE DE L'OIGNON

L'oignon est le légume le plus consommé à Djibouti après la tomate. C'est aussi une culture facile, accessible même à des débutants. Elle a également pour avantage de bien se conserver. Nous indiquons dans ce feuillet les rudiments de la culture de l'oignon.

1 . Plan de culture

(1) Calendrier de culture

Les pépinières d'oignon doivent être constituées début septembre, lorsque la température descend. Le repiquage sera fait en octobre, et la récolte 4 à 5 mois après. Il est préférable d'éviter la culture de l'oignon en saison chaude.

Calendrier de culture de l'oignon

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pépinière									■	■	■	
Repiquage										■	■	■
Récolte				■	■	■	■	■				

(2) Superficies à cultiver et préparation des plants

La quantité de semences dépend de la densité du repiquage et de la largeur du billon, mais il faut compter environ 60 gr pour 10 ares. Sur une pépinière de 4 m² environ 30 gr de semences devraient suffire. Prévoir un filet de protection contre les insectes et une bâche pour les protéger du soleil.

2. Mode de culture

(1) Pépinières

Suivre le procédé ci-après. Nous prenons ici l'hypothèse d'une pépinière de 4 m² mais bien entendu la taille de la pépinière dépendra de la superficie à repiquer par la suite.






1) Retourner la terre sur une profondeur de 30 cm environ et enlever les gros cailloux. Ajouter 6 kg de compost, bien mélanger.



2) Selon la qualité du sol, améliorer ses propriétés physiques avec des graviers.

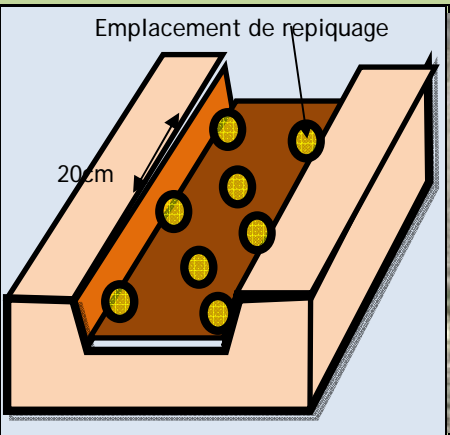




3) Semer les graines dans les rainures, de façon régulière.

		
<p>4) Arroser et recouvrir d'une bâche ou d'un sac jusqu'à la germination. Normalement les pousses doivent sortir au bout de 1 à 2 semaines.</p>	<p>5) Ensuite protéger les plants avec un filet pour les insectes et avec une toiture de feuilles de palmier pour le soleil.</p>	<p>6) Le repiquage se fait lorsque les plants ont atteint la hauteur de 20 cm environ.</p>

(2) Repiquage

- 1) Forme des billons : Que ce soit l'irrigation à la raie ou l'irrigation à la cuvette, il est important que les billons soient bien nivelés. Pour les agriculteurs débutants l'irrigation à la raie est recommandée.
- 2) Repiquage : dans le cas de l'irrigation à la raie, les plants doivent être espacés de 20 cm sur 3 rangées.
- 3) Première fertilisation : 2t/ha dans toute la couche du billon
- 4) Le repiquage doit se faire le soir (après 16 H). Déterrer les bulbes avec une pelle en faisant bien attention de ne pas couper les racines et repiquer pied par pied. Bien aplatir autour du plant, à la main ou avec le pied.

		
<p>Bien observer l'écartement du repiquage</p>	<p>Après avoir mis le compost, creuser un trou de 10 cm de profondeur et repiquer le plant d'oignon.</p>	

(3) Gestion de la culture et récolte

- 1) Complément de fertilisation : Un mois après le repiquage, ajouter la valeur de 2t/ha de compost mature.
- 2) Fréquence d'arrosage : arroser le plus souvent possible, une fois tous les 2 jours au moins, le matin de bonne heure ou le soir.
- 3) Récolte : Aucune recommandation particulière s'il s'agit de la consommation personnelle.



CULTURE DU GOMBO

Le gombo est un légume facile à cultiver à Djibouti car il résiste bien à la chaleur. Les nomades le consomment en comme ingrédient des soupes et vendent les excédents. Il est relativement plus facile à cultiver que les autres légumes, c'est pourquoi il est indiqué pour que les débutants s'exercent à l'agriculture. Nous indiquons dans ce feuillet les rudiments de la culture du gombo.

1. Plan de culture

(1) Calendrier

La température idéale pour la croissance, la floraison et la maturation du gombo est comprise entre 20 et 30°C. Etant donné qu'à Djibouti il fait chaud toute l'année, il peut être cultivé pratiquement toute l'année, sauf pendant les périodes de canicule. La floraison commence entre 35 et 60 jours après la germination et la récolte environ 1 mois après la floraison.

Calendrier de culture

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Semis												
Récolte												

(2) Superficie de culture et quantités de semences

La quantité de semence varie en fonction de la densité des semis et de la largeur du billon, mais en principe il faut compter 300 à 600 g pour 10 ares.

2. Méthode de culture

(1) Semis

Suivre le procédé ci-après :

1) Choisir l'emplacement du semis. Avec un écartement de 50 cm, semer sur 2 rangées par billon. Utiliser une règle pour respecter un espacement correct.

2) A l'emplacement du semis, creuser un trou de 20 cm de profondeur et de 20 à 30 cm de large, ajouter 200 g de compost mature dans le trou, et bien mélanger avec la terre. Arroser si possible et laisser reposer 3 jours afin que le sol absorbe bien le compost.

3) Ensuite faire un trou de 1 cm avec le doigt dans l'emplacement du semis, et poser 2 ou 3 graines. Dans le cas du gombo il est recommandé de faire tremper les graines une nuit dans l'eau pour augmenter le taux de germination et uniformiser le temps de germination.

 <p>Emplacement du semis 50cm</p>		
<p>Bien respecter l'écartement des semis</p>	<p>Creuser un trou de 20-30 cm et ajouter le compost.</p>	<p>Après avoir ajouté le compost, semer les graines. Eclaircir par la suite</p>

(3) Gestion des cultures et récolte

Points qui réclament une attention particulière :

- 1) Eclaircir : Lorsqu'il y a 4 ou 5 pousses par poquet, éclaircir pour n'en laisser qu'une ou deux et ainsi faciliter la croissance.
- 2) Apport de compost : Dès que la floraison commence apporter 200 gr de compost mature entre les plants.
- 3) Fréquence d'arrosage A Djibouti même pendant la saison froide les rayons de soleil sont forts et le sol sèche vite. Il est recommandé d'arroser fréquemment au moins une fois tous les 2 jours, le matin de bonne heure ou le soir.
- 4) Lutte contre les insectes et les maladies : Sans insecticide il est impossible de lutter contre les larves de pyrale du tabac, les pucerons, la mouche de la bryone et autres insectes nuisibles inévitables. Les maladies attaquent vite toute une plante et ensuite se propagent dans toute la parcelle. Il faut enlever un pied malade dès qu'il est repéré.
- 5) Récolte : Le gombo se récolte dès que la gousse atteint 7 à 10 cm. Récoltée trop tard, elle durcit et devient immangeable. Il est donc recommandé de cueillir les gombos tous les jours dès que la récolte est possible.

		
<p>Pied de gombo à éclaircir. Si l'apport de compost est suffisant vous pouvez laisser deux pousses sans problème.</p>	<p>Gombo au moment de la récolte. Autant que possible, cueillir les gousses tous les jours.</p>	<p>Gombo non récoltés à temps. Les gousses sont grosses et immangeables.</p>
		
<p>Pieds de gombo atteints de maladie. A ce stade il faut arracher tous les pieds malades.</p>	<p>La larve de pyrale du tabac mange les feuilles de gombo. Le pied risque de mourir notamment lorsque la plante est encore petite.</p>	<p>Cochenilles s'attaquant à une gousse de gombo. Laisser en l'état les cochenilles prolifèrent très vite. Traiter tout de suite.</p>



CULTURE DES FOURRAGES

La production en champ de l'herbe est très importante, notamment pour assurer l'alimentation des animaux pendant les sécheresses. Il est possible de se procurer des semences de sorgho et de maïs sur le marché de Djibouti et cette culture est très simple. Les semences d'herbe du Soudan et de luzerne en revanche sont difficiles à trouver. Leur culture est réservée à une partie des agriculteurs avancés.

1. Plan de culture

(1) Calendrier de culture

En principe les fourrages peuvent être cultivés toute l'année, mais il est préférable d'éviter de semer pendant les périodes de canicule. Le sorgho et le maïs se récoltent trois mois après l'emblavage. La luzerne et l'herbe du Soudan sont des plantes vivaces qui peuvent être coupées 4 à 6 fois par an. Il est recommandé de préparer les sols jeunes. La culture des plantes fourragères de la famille des fabacées permet de favoriser la fixation de l'azote.

Principales plantes fourragère cultivées à Djibouti

Fourrage	Annuelle/pérenne	Nombre de récolte par an	Approvisionnement en semences	Remarques
Sorgho	Annuelle	3-4 fois	Facile	Possibilité de les acheter sur le marché
Maïs	Annuelle	3-4 fois	Facile	Possibilité de l'acheter sur le marché
Crotalaria	Annuelle	2-3 fois	Difficile	Fabacées
Herbe du Soudan	Pérenne	4-6 fois	Difficile	Distribuées par la direction de l'agriculture et des forêts
Luzerne	Pérenne	4-6 fois	Difficile	Fabacées. Distribuées par la direction de l'agriculture et des forêts

(2) Choix des surfaces cultivées et quantités de semences

La quantité de semences dépend de la densité du semis et de la largeur des billons. Les quantités de référence sont indiquées dans le tableau ci-contre par unité de 10 ares. Le sorgho, le maïs et le Crotalaria seront semés sur deux rangées à 20 cm d'intervalle. L'herbe du Soudan et la luzerne seront semés en ligne sur trois rangées.

Semences de chaque catégorie de fourrage

Fourrage	Semences
Sorgho	3-6 kg/10a
Maïs	3-6 kg/10a
Crotalaria	3-6 kg/10a
Herbe du Soudan	4-8 kg/10a
Luzerne	4-8 kg/10a

2. Mode de culture

Suivre le procédé suivant pour le sorgho et l'herbe du Soudan. Pour le maïs et le Crotalaria procéder comme pour le sorgho et pour la luzerne procéder comme pour l'herbe de Soudan.

(1) Sorgho

1) Fertiliser toute l'épaisseur de la couche de terre avec du compost mature à raison de 200 gr/10 a. Bien mélanger et laisser reposer 3 jours pour Avant de semer, faire tremper les graines une nuit dans l'eau augmentera le taux de fertilisation et son homogénéité.

2) Semer les graines de sorgho à 20-30 cm d'intervalle sur 2 ou 3 rangées par sillon. Il est recommandé de ne pas mettre les graines au centre du sillon mais sur les côtés. Il est souhaitable de mettre 4-5 graines par poquet.

3) Il est souhaitable d'arroser fréquemment car même pendant la saison froide les rayons de soleil sont forts dans la journée et la terre se dessèche rapidement. Arroser si possible une fois tous les 2 jours, le matin de bonne heure ou le soir.

4) Eclaircir lorsque les tiges atteignent 15-20 cm. Ce travail n'est pas absolument nécessaire si le sorgho est utilisé comme fourrage, mais il est souhaitable de ne conserver que 2-3 pieds par poquet. Dans le cas du maïs il faudra aussi récolter l'épi, aussi ne conserver qu'un pied par poquet.

5) Lorsque la plante atteint 40-50 cm, vérifier la couleur des feuilles, et si le vert est pâle ajouter du compost à raison de 200 kg/10 a en ligne sur tout le sillon.

6) Sans produits phytosanitaires les pucerons et les mouches blanches attaquent les plantes, mais s'agissant de fourrage il n'est pas nécessaire d'appliquer des mesures de protection. En revanche si la maladie du charbon attaque le fruit il faudra faire attention de ne pas donner des grains contaminés au bétail au risque de l'intoxiquer.

<p>Semis sur le côté des sillons</p> <p>20-30cm</p> <p>Fumure sur l'ensemble du sillon</p>		
<p>Semis de sorgho. Les poquets sont faits sur le côté du sillon</p>	<p>Utiliser une règle pour respecter l'écartement des poquets</p>	<p>Maladie du charbon sur le sorgho. Toxique, ne doit pas être donné au cheptel</p>

(2) Herbe du soudan

1) Fertiliser toute l'épaisseur de la couche de terre avec du compost mature à raison de 200 gr/10 a. Bien mélanger et laisser reposer 3 jours pour que le sol absorbe bien la fumure.

2) Semer ensuite en ligne sur 2 ou trois rangées.

3) Bien qu'en saison dite froide les sillons soient relativement moins exposés, les rayons de soleil sont forts dans la journée et le sol sèche très vite. Il est recommandé d'arroser fréquemment, si possible une fois tous les 2 jours le matin de bonne heure ou le soir.

4) Lorsque la tige atteint 1 m, couper 20 cm sur le haut de la plante. Après une coupe vérifier la couleur de l'herbe et si le vert est fané, faire un apport de fumure.

5) Sans produits phytosanitaires les pucerons et les mouches blanches attaquent les plantes, mais il n'est pas nécessaire d'appliquer des mesures de protection. En revanche en cas d'apparition de la maladie du charbon il faudra faire attention de ne pas donner le fourrage contaminé au bétail car il contient des toxines.

<p>Appliquer du compost et bien mélanger avec la terre</p>	<p>Semer l'herbe du soudan en ligne</p>	<p>Couper l'herbe lorsqu'elle atteint 1 m</p>



CULTURE DES DATTES

Le palmier dattier est bien adapté au climat de Djibouti. Résistant à la salinité, il peut être cultivé sur la plupart des terres arides d'Afrique. Sa culture est très désirée à Djibouti où la datté se vend cher sur les marchés. La reproduction se fait par clonage, technique assez difficile pour laquelle les agriculteurs débutants devront bénéficier d'un bon encadrement technique. Ce feuillet explique les points importants du clonage.

1. Préparation

Il faut en premier lieu procéder aux préparations suivantes :

- Racine : le plus facile est de se procurer les clones de palmier dattier auprès des agriculteurs avancés ou auprès des agroentreprises. Les pieds de palmier dattier sont soit femelles soit mâles et les deux sont nécessaires pour avoir des fruits. Prévoir au moins un pied mâle.
- Sol sableux : Il y en a dans les environs des oueds. Le plus simple est de vérifier auprès des populations locales.
- Argile : Comme pour le sol sableux, vérifier avec les populations locales.
- Compost mature + compost frais : Chaque pied nécessite beaucoup de compost. Le préparer à l'avance.



La plantation d'un palmier dattier nécessite beaucoup de sol sableux, d'argile et de compost



De gauche à droite : compost, sable, argile

2. Préparation de la transplantation

(1) Choisir le lieu de transplantation

En cas de transplantation multiple, choisir un lieu qui permettra un écartement d'au moins 10 m entre chaque pied de palmier dattier. Prévoir également la distance avec le tuyau d'arrosage enterré compte tenu de la longueur des racines du dattier adulte. Creuser un trou de 100 cm de profondeur et 75 cm de large pour chaque pied.



Préparer un trou de 100 cm de profondeur x 75 cm de large

(2) Prélèvement des drageons

Choisir un dattier qui présente des rejets intéressants et les prélever. Désolidariser le surjon et la plante mère à l'aide d'un pieu en veillant de ne pas abîmer les racines de l'arbre mère.



Prélèvement d'un surjon de dattier. Attention de ne pas abîmer l'arbre mère

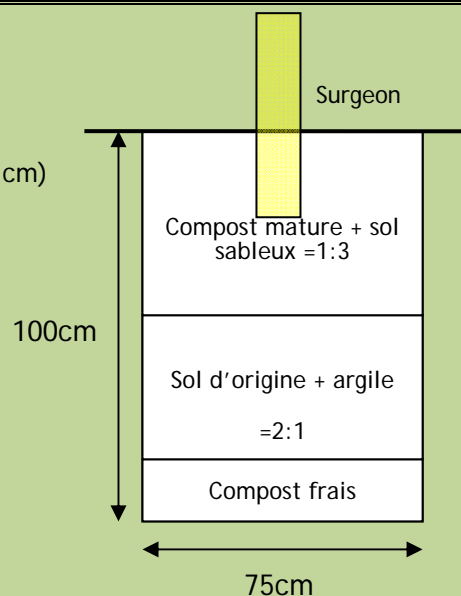


Surjons du palmier dattier

3. Transplantation

Procéder comme suit :

- Mettre du compost frais au fond du trou sur le sol original (± 15 cm)
- Mélanger de l'argile au sol d'origine et mettre le mélange dans le trou (± 40 cm).
- Recouvrir de compost mûre et de sol sableux.
- Bien mélanger tout en arrosant, et laisser reposer Environ 3 semaines
- Transplanter le surjon, et tasser la terre autour du pied Lorsque la terre est bien tassée, arroser.



Mise en place du sable dans le trou de transplantation



Surjon transplanté