



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Réalisation d'un digesteur, un filtre planté et quatre toilettes à séparation d'urine avec douches



Lukas Ulrich (luk.ulrich@gmail.com)

Version finale

Date : 14-10-2012

Table des Matières

TABLE DES MATIERES	1
SOMMAIRE	3
1. INTRODUCTION	4
2. DAYET IFRAH.....	6
3. CONSTRUCTION DES SALLES DE BAIN AVEC TOILETTES DE DESHYDRATATION A SEPARATION D'URINE (TDSU) ET DOUCHES.....	8
3.1 FAMILLE FERHAOUI	9
3.1.1 Fondation.....	9
3.1.2 Murs des fosses.....	11
3.1.3 Dalle.....	13
3.1.4 Superstructure.....	17
3.1.5 Intérieur et tuyauterie.....	23
3.1.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises	30
3.2 FAMILLE JANE	34
3.2.1 Fondation.....	34
3.2.2 Murs des fosses.....	35
3.2.3 Dalle.....	36
3.2.4 Superstructure.....	39
3.2.5 Intérieur et tuyauterie.....	43
3.2.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises	48
3.3 FAMILLE AHNOUCH.....	55
3.3.1 Fondation.....	55
3.3.2 Murs des fosses.....	56
3.3.3 Dalle.....	57
3.3.4 Superstructure.....	60
3.3.5 Intérieur et tuyauterie.....	63
3.3.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises	66
3.4 FAMILLE KHALED	68
3.4.1 Fondation.....	68
3.4.2 Murs des fosses.....	69
3.4.3 Dalle.....	69
3.4.4 Superstructure.....	72
3.4.5 Intérieur et tuyauterie.....	76
3.4.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises	79
4. CONSTRUCTION DU DIGESTEUR.....	83
4.1 TRAVAUX D'EXCAVATION.....	83
4.2 FABRICATION DES BLOCS DE BÉTON	85
4.3 RADIER ET CENTRE DE LA CUVE	87
4.4 CONSTRUCTION DU DOME HEMISPHERIQUE	88
4.5 POSE DES ENDUITS A L'INTERIEUR DU DIGESTEUR.....	94
4.6 CONSTRUCTION DU BAC D'ALIMENTATION ET DE LA CONDUITE DES EAUX USEES.....	95

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

4.7	INSTALLATION DE LA TUYAUTERIE DE GAZ.....	98
4.8	CONSTRUCTION DU BASSIN D'EXPANSION	99
4.9	ISOLATION DU DIGESTEUR ET DU BASSIN D'EXPANSION	100
4.10	CONSTRUCTION DE LA COURONNE DE COUVERCLE	101
4.11	CONSTRUCTION DE LA FOSSE DE STOCKAGE DES EFFLUENTS	102
4.12	INSTALLATION DU COUVERCLE ET MISE EN SERVICE DU DIGESTEUR	105
5.	CONSTRUCTION DU FILTRE PLANTÉ	108
5.1	CONSTRUCTION DE L'ÉGOUT	108
5.2	CONSTRUCTION DU DIGESTEUR (POUR PRÉTRAITEMENT)	112
5.3	CONSTRUCTION DU FILTRE VÉGÉTALISÉ.....	118
6.	JARDINS PÉDAGOGIQUES D'ESSAI ET DE DÉMONSTRATION	129
6.1	FAMILLE JANE	129
7.	ATELIER DE FORMATION SUR LES INSTALLATIONS ECOSAN	131
7.1	PARTIE THEORIQUE : PRESENTATIONS	131
7.2	PARTIE PRATIQUE : VISITE DES CHANTIERS.....	136
7.3	EVENEMENTS SOCIAUX	144
ANNEXE.....	149
A.1	MATERIAUX DE CONSTRUCTION	149
A.2	IMPRESSIONS ET PHOTOS SUR LE VIF	154
A.3	LISTE DES ILLUSTRATIONS	170

Sommaire

En 2010 le programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIRE – www.agire-maroc.org) du Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE), Département de l'Eau et de la GIZ a construit plusieurs installations d'assainissement écologique (ecosan) au village de Dayet Ifrah dans le Moyen Atlas au Maroc. Dans le cadre des activités d'amélioration des conditions de vie et de santé à Dayet Ifrah, portées par la Chaire UNESCO « Eau, Femmes et Pouvoir de Décisions », l'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) et l'Université Al Akhawayn à Ifrane (AUI), le programme AGIRE a soutenu ces partenaires dans la planification et la mise en œuvre de ce projet pilote ecosan au village.

Les ouvrages qui ont été réalisés sont notamment quatre toilettes sèches à séparation d'urine (dont trois avec douche et chacune avec un petit filtre planté pour l'épuration des eaux grises), une installation biogaz (digesteur méthanique) et un filtre planté (ou filtre végétalisé) avec unité de prétraitement.

Afin de disséminer la philosophie d'assainissement écologique et de partager les expériences pratiques générés dans le cadre de l'implémentation des ouvrages pilotes, des ateliers de formations ont eu lieu sur place à Dayet Ifrah pendant la phase principale de construction. La formation a été conduite pour la population et les ouvriers locaux, ainsi que pour une audience nationale des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.

Toutes les phases de construction des installations ecosan, ainsi que l'atelier de formation ont été documentés photographiquement par les collaborateurs. Au total, environ 3'800 photos prises par différents appareils ont été collectés. Le présent reportage photo vise à exploiter ce matériel photographique de très bonne qualité. Dans le sens du dicton « une image vaut mieux que mille mots » (Confucius), il documente visuellement le processus de construction des ouvrages pilotes à Dayet Ifrah. A travers d'une sélection de photos annotées, la réalisation des installations est expliquée et les différentes étapes et détails de construction sont présentées. En plus, des impressions du village Dayet Ifrah, de l'atelier de formation et du déroulement de l'implémentation complètent ce document qui représente une collection des 800 plus belles photos de la période de mise en œuvre.

Le reportage photo ne servira pas seulement de visualiser les étapes de construction des différents ouvrages ecosan mais aussi d'indexer les images pour permettre de les retrouver facilement et rapidement pour une future utilisation (Annexe A.3).

1. Introduction

Dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie et de santé au village Dayet Ifrah dans le Moyen Atlas, porté par la Chaire UNESCO « Eau, Femmes et Pouvoir de Décisions », l'ONEP et l'Université Al Akhawayn à Ifrane (AUI), le programme AGIRE du MEMEE (Département de l'Eau) et de la GIZ soutient ces partenaires dans la planification et la mise en œuvre d'un projet pilote d'assainissement écologique (ecosan) au village.

Le projet prévoit d'améliorer les conditions hygiéniques et écologiques à Dayet Ifrah par la réalisation de différentes technologies ecosan visant la réutilisation et la valorisation des eaux usées, y compris leurs contenus en matière nutritives et énergétiques. L'objectif général est de montrer que la mise au point d'un système ecosan adapté au contexte socioculturel de Dayet Ifrah est possible et peut servir comme modèle pour le milieu rural au Maroc, en tenant compte en particulier aussi des aspects genre.

Pour la préparation de la mise en œuvre des installations pilotes d'assainissement dans le cadre du projet pilote ecosan au village de Dayet Ifrah, des mesures de sensibilisation, d'étude, de prise de décision, et de planification ont eu lieu en 2009. Dans cette phase de préparatif, plusieurs solutions ont été retenues pour l'assainissement de ce village :

- 💧 Des toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU, anglais : UDDT ; ci-après aussi désigné par toilette sèche), permettant un assainissement hygiénique, la protection de la nappe phréatique et la réutilisation des nutriments dans l'agriculture (remplacement d'engrais chimiques).
- 💧 Des installations biogaz (ou digesteurs) pour le traitement combiné des eaux usées avec les bouses du bétail, permettant la production et la récupération du biogaz comme énergie renouvelable et de la boue traitée comme engrais.
- 💧 Des filtres plantés (ou filtres végétalisés) pour l'épuration et réutilisation des eaux usées et pour la production de biomasse.

En mois de décembre 2009 les activités de construction de la première toilette sèche ont démarré. En total, **quatre TDSU** (dont trois avec douche et chacune avec un petit filtre planté pour le traitement des eaux grises), **un digesteur** et **un filtre planté** avec unité de prétraitement ont été réalisés à Dayet Ifrah en été 2010 (voir Image 1 pour un aperçu des sites).

Le filtre planté traite les eaux usées de la mosquée et de l'école centrale du village. Les autres installations ecosan, par contre, servent à l'assainissement individuel (autonome) de ménages séparés. Avec chaque



Image 1 : Aperçu des sites des installations pilotes à Dayet Ifrah.

Source : Google Earth

bénéficiaire de TDSU un **jardin pédagogique** a été aménagé pour démontrer les effets positifs de la fertilisation avec l'urine sur la croissance des plantes.

Plus récemment, en juin 2011, une citerne pour le captage et le stockage des eaux pluviales a été construite au sein de l'école centrale de Dayet Ifrah.

Afin de disséminer la philosophie d'assainissement écologique au Maroc et de partager les expériences pratiques générés dans le cadre de l'implémentation des ouvrages pilotes, des ateliers de formation ont eu lieu sur place à Dayet Ifrah pendant la phase principale de construction. La réalisation des installations s'est déroulée dans les trois étapes suivantes :

- 13.-20. décembre 2009 : commencement des travaux de construction de la première TDSU avec douche.
- 14.-29. juin 2010 : atelier de construction et de formation (<http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/atelier-de-construction-des-installations-dassainissement-ecologique-dayet-ifrah-juin-2010.html>). Mise en œuvre des premières installations en concertation avec le village de Dayet Ifrah et des experts dans le domaine de l'assainissement écologique. Cette phase principale de réalisation a été accompagnée par un atelier parallèle de formation. La formation a été conduite pour la population et les ouvriers locaux, ainsi que pour une audience nationale des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture. A côté des présentations sur les aspects théoriques et les technologies de l'assainissement écologique, les participants ont eu la possibilité de voir le processus de construction des ouvrages spécifiques sur place.
- 24. juillet-3. août 2010 : finalisation des travaux de construction. Pour l'opération et maintenance durable des systèmes des formations ont été conduites avec les utilisateurs.
- Juin 2011 : réalisation de la citerne pour le captage et stockage des eaux pluviales.

Le présent rapport documente le processus de construction des ouvrages pilotes à Dayet Ifrah (la mise en place de la citerne n'est pas documentée parce que l'auteur n'était pas impliqué). A travers des photos annotées, la réalisation des installations est expliquée et les différentes étapes de construction sont présentées visuellement. En plus, des impressions du village Dayet Ifrah, des ateliers de formation et du déroulement de l'implémentation complètent ce document qui représente une collection des plus belles photos de la période de mise en œuvre.

Les ouvrages ecosan à Dayet Ifrah ont officiellement été inaugurés en juillet 2011. Quelques informations et photos de cette inauguration ainsi que des panneaux techniques (fiches descriptives) sur chaque installation réalisée se trouvent sur le site web <http://www.agire-maroc.org/activites/assainissement-et-reutilisation-des-eaux-usees/inauguration-du-projet-pilote-dassainissement-ecologique-dayet-ifrah-juillet-2011.html>.

2. Dayet Ifrah

La vie à Dayet Ifrah (population Berbère estimée à 1'500 habitants) est caractérisée par les activités agricoles sur les plaines fertiles et le gisement d'eau autour du lac (Image 2, Image 5 et Image 6). Bien que les habitations de la population soient dispersées aux alentours du lac, un centre culturel et social se forme près du centre de la jeunesse et des femmes (Image 3 et Image 4), de l'école centrale et de la mosquée centrale (Image 4). Les maisons sont typiquement construites en briques ou souvent en pierres naturelles, avec toit plat (Image 7 et Image 8). Le système d'assainissement existant se compose de toilettes « turques » avec chasse d'eau à la main qui sont branchées à des puits perdus (Image 9). Cette pratique est hygiénique mais elle met en danger les ressources souterraines en eau potable. Une grande part des familles ne dispose même pas d'un tel système, c'est-à-dire leurs membres pratiquent la défécation à l'air libre, sous conditions indignes qui représentent un risque à la santé publique. Pour l'approvisionnement en eau potable les villageois utilisent une quinzaine de borne-fontaines (Image 10) et occasionnellement des puits. L'eau des borne-fontaines origine d'un forage au centre (Image 3) et est normalement transportée par des ânes (Image 11).



Image 2 : Vue du lac et de la partie centrale de Dayet Ifrah.



Image 3 : Le centre de la jeunesse et des femmes et le forage central pour l'approvisionnement en eau (à droite).



Image 4 : Le centre de la jeunesse et des femmes, l'école centrale et la mosquée.



Image 5 : Agriculture sur les plaines fertiles au bord du lac.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Pour la culture des fruits, légumes et céréales les paysans utilisent des quantités importantes de pesticides et d'engrais. Le projet ecosan non seulement aide à protéger la santé publique et les eaux de nappe, il a aussi le potentiel de remplacer les engrais chimiques.



Image 6 : Pommiers.



Image 7 : Méthode traditionnelle de construction avec pierres naturelles.



Image 8 : Bâtiment typique avec toit plat en béton armé.



Image 9 : Toilette « turque » avec chasse d'eau à la main.



Image 10 : Borne-fontaine au dehors du village.







Image 11 : L'âne – moyen de transport ordinaire pour l'eau potable.

3. Construction des salles de bain avec toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU) et douches

Quatre différentes variantes d'installations TDSU ont été réalisées dans le cadre du projet pilote pour tester des aspects d'acceptation de ces systèmes au village et pour démontrer leur fonctionnement. Pour la sélection des bénéficiaires un des critères était que les familles devaient être dépourvues de toilettes et motivées à participer en contribuant la main d'œuvre. Les bénéficiaires ont eu le choix entre différentes variantes (attaché/dans à la maison/séparée ; sans/avec douche ; briques/pierres naturelles pour murs). Tableau 1 donne un aperçu général des systèmes réalisés et leurs différences. La spécification technique détaillée ainsi que les quantités et coûts des matériaux utilisés se trouvent dans le fichier Excel *Liste de matériaux* (produit D6 de L. Ulrich). Le rapport *Réalisation des systèmes d'assainissement écologique à Dayet Ifrah – toilettes de déshydratation avec douches et filtres plantés* (produit D7 de S. Deegener) donne une documentation plus technique de la construction.

Tableau 1 : Caractérisation des quatre types de salles de bain réalisés

				
Nom du bénéficiaire	Ferhaoui	Jane	Ahnouch	Khaled
Emplacement	Séparé	Attaché à la maison	Séparé	Partiellement attaché
Type	Double fosse	Double fosse	Double fosse	Double fosse
Fosse additionnelle pour tuyauterie	Oui	Oui	Non	Oui
Dimensions intérieures [m] x [m]	2.20 x 2.20	2.20 x 2.20	1.60 x 1.60	2.15 x 2.15
Douche	Oui	Oui	Non	Oui
Lavabo	Oui	Oui	Oui	Oui
Urinoir	Oui	Oui	Oui	Oui
Réservoir d'urine	PE 1000 l	HDPE 200 l	HDPE 200 l	HDPE 200 l
Filtre planté pour eaux douche/lavabo	Oui	Oui	Oui	Oui
Eaux grises de la maison branchées au filtre planté	Non	Non	Oui	Non
Filtre d'infiltration eaux nettoyage anale	Oui	Oui	Oui	Oui
Matériau murs	Briques en béton	Briques en béton	Briques en béton	Pierres naturelles
Toit	Béton armé	Béton armé	Béton armé	Béton armé
Ventilation	1 tuyau 160 mm, 3 m	1 tuyau 160 mm, 3 m	1 tuyau 160 mm, 3 m	1 tuyau 160 mm, 3 m

Trois des quatre installations réalisées sont équipées de douche et par conséquent plutôt des salles de bain que seulement des toilettes. En prenant conscience de ce fait, les termes TDSU et toilette sèche sont quand-même utilisés dans ce rapport pour des raisons de simplicité. Les toilettes du type double fosse ont été proposées parce que vis-à-vis du type simple fosse la fréquence de vidange et le contact avec les déchets humains est minimisée, ce qui augmentera l'acceptation du nouvel approche d'assainissement au village.

Dans les sous-chapitres suivants le processus de construction de chacune des quatre systèmes est documenté par des photos annotées. **Le processus est décrit de manière détaillée dans le premier exemple (3.1 Famille Ferhaoui). Pour les sous-chapitres ultérieurs les explications seront plus brèves pour éviter des répétitions.**

3.1 Famille Ferhaoui

La famille Ferhaoui se compose de 14 personnes qui habitent 800 m au sud-ouest du centre du village de Dayet Ifrah (Image 1, p. 4). Le terrain local est rocheux et un peu incliné (Image 12). Les bénéficiaires en concertation avec les experts ont choisi la variante d'une TDSU avec douche placée devant la maison (Image 13).

La construction de cette toilette sèche a été commencée pendant la semaine du 14 au 20 décembre 2009, continuée dans le cadre de l'atelier de construction en mois de juin 2010 et finalisée en août 2010.

3.1.1 Fondation

Après avoir désigné le site de la nouvelle toilette, on a commencé à creuser une excavation de 2.6 x 2.6 m pour la fondation (Image 14). La profondeur minimale recommandée pour l'excavation est de **30 cm** (surtout sous les murs pour porter le poids), mais à cause de la pente on n'avait pas besoin de creuser à la partie inférieure.

A l'aide d'une corde de délimitation et des madriers un coffrage horizontal a été préparé (Image 15 et Image 16) autour de l'excavation. Le propriétaire des madriers ne voulait pas qu'on coupe ses planches, ce qui représentait un défi dans le terrain incliné.



Image 12 : La maison de la famille avant la construction.



Image 13 : Le site de la toilette est choisi.



Image 14 : Travaux d'excavation pour la fondation.



Image 15 : Préparation d'un coffrage horizontal à l'aide d'une corde de délimitation.

Un autre défi était le manque de bâches en plastique pour bien étancher le coffrage (Image 16).

Un coffrage étanche est important pour retenir le ciment et le liquide dans le béton.

Le prochain pas était de couler la fondation

(Encadré 1 indique le mélange du béton). Ciment, sable et gravier sont **bien mélangés** avant d'ajouter de l'eau (Image 18). La qualité du sable disponible était mauvaise (voir Annexe A.1, Image 687-Image 689), mais le ciment utilisé était de la qualité supérieure (CPJ 45, voir Annexe A.1, Image 699). Maintenant, un cratère est formé et partiellement rempli d'eau. Le mélange sec est pélé dans le cratère et absorbe l'eau (Image 19). Si besoin est, de l'eau est ajoutée de nouveau. Après que toute l'eau est absorbée le tas est **gâché plusieurs fois** à fin d'obtenir un béton uniforme. **Le béton ne doit pas être trop liquide et faire des grumeaux visqueux.** Afin d'économiser du béton, on peut remplir une grande partie du volume de la fondation de pierres (Image 17). **Cependant il faut faire attention que tous les interstices entre les pierres sont remplis de béton et des cavités ne sont pas formées** (Image 20 et Image 21).

Encadré 1 : proportion volumétrique de mélange (formule) du béton pour la fondation.

1 partie ciment (= 1 sac à 50 kg = 1 brouette)
2 parties sable (= 2 brouettes)
2 parties gravier (= 2 brouettes)



Image 16 : Coffrage étanché avec une bâche en plastique.



Image 17 : Pour épargner du béton le volume de la fondation est partiellement rempli de pierres.



Image 18 : Mélange sec de gravier, sable et ciment.



Image 19 : Le béton est gâché à la main à cause d'absence d'une bétonneuse.



Image 20 : Le béton est coulé entre les pierres.



Image 21 : Les interstices entre les pierres sont colmatés à l'aide d'une barre de fer.



Image 22 : Des spectateurs expertisent la fondation.



Image 23 : La fondation accomplie.

3.1.2 Murs des fosses

Après avoir laissé sécher la fondation pour un jour, les murs des fosses de collecte de la matière fécale ont été préparés. Image 24 montre l'emplacement prévu des deux sièges de toilette. Pour obtenir deux fosses avec les mêmes dimensions, deux murs de séparation ont été construits (Image 25). Comme ça il y aura une troisième chambre pour la tuyauterie et le stockage d'accessoires. Des parpaings creux (briques) en béton ont été utilisés (pour murs extérieurs 20 x 15 x 40 cm, pour murs de séparation 20 x 10 x 40 cm, voir Image 700-Image 703, Annexe A.1). Pour fortifier ces briques assez fragiles les cavités ont été remplies de cailloux et de mortier (Image 26). L'alternative aurait été la construction de piliers angulaires en béton armé (commun dans la région, voir Image 704 dans l'Annexe A.1), mais à cause du manque de temps on avait décidé de ne pas le faire. Encadré 2 indique les proportions de mélange du mortier. **Pour assurer une bonne liaison entre briques et mortier il faut bien mouiller les briques. Sinon l'eau dans le mortier est bue par les briques sèches et le mortier devient cassant (Image 29).** La hauteur des murs des fosses est de cinq rangées de briques pour pouvoir entrer facilement d'une part, et pour avoir assez de volume de stockage d'autre part. **Dans les murs des fosses il faut prévoir des trous et une sortie pour les conduites des urines, de l'eau de nettoyage anale et des eaux grises.**

Encadré 2 : proportion volumétrique de mélange (formule) du mortier pour les murs.

1 partie ciment
3 parties sable

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 24 : Emplacement des sièges de toilette (type chinois en plastique).



Image 25 : Les fosses ont trois compartiments (deux pour la matière fécale et une pour la sortie de la tuyauterie et le stockage d'accessoires).



Image 26 : Les briques ont été remplies de cailloux et mortier pour fortifier les murs des fosses.



Image 27 : Préparation du mortier dans une brouette et collecte de pierres pour l'escalier.



Image 28 : Construction de l'escalier avec des pierres naturelles et du béton. Deux planches forment le coffrage pour la première marche.



Image 29 : On voit qu'il est important de mouiller les briques – sinon l'eau dans le mortier est absorbée par les briques comme visible dans la dernière rangée de briques.

En outre, il faut laisser une niche pour le linteau et pour le tuyau de ventilation qui sera installé entre les deux chambres fécales (Image 30 et Image 31). Parallèlement à la construction des murs l'escalier a déjà été préparé avec une rampe en pierres naturelles et béton (Image 28 et Image 29).



Image 30 : Construction des murs de séparation. En bas on voit le trou de sortie prévu pour la tuyauterie.



Image 31 : Une niche est prévue pour le linteau de baie et le tuyau de ventilation, ainsi qu'un trou pour les tuyaux.

3.1.3 Dalle

La prochaine étape était de couler une dalle en béton armé. Pour cela il fallait préparer un stable support. Des briques ont été utilisées pour supporter les planches (Image 32 et Image 33). Pour la découpe des barres de fer une meuleuse a été utilisée. Un ferrailage a été préparé avec **distances de 20 cm** entre les barres de fer et fixé avec du fil métallique. Dans la dalle il faut prévoir des ouvertures pour les sièges de toilette et les tuyaux du lavabo, de l'urinoir, du nettoyage anal et de la douche. Deux cadres en bois ont été préparés comme formes pour les sièges, et des morceaux de tubes PVC 50 mm comme garde-places pour la tuyauterie (Image 38). Avec du fil métallique les tubes sont fixés aux barres de fer (Image 36). Le ferrailage doit être placé sur une bâche en plastique pour retenir le liquide dans le béton (Image 37). Des petits cailloux placés sous le ferrailage assurent que le béton peut bien environner les barres de fer. Des trous dans la bâche au-dessus des murs sont nécessaires pour lier la dalle aux murs. Normalement le linteau au-dessus des portes des fosses est coulé en même temps que la dalle, mais dans ce cas ceci n'était pas possible dû au manque de bois de coffrage.

Encadré 3 : proportion volumétrique de mélange (formule) du béton pour la dalle et le toit.

1 partie ciment (= 2 sacs à 50 kg = 2 brouettes)
1.5 parties sable (= 3 brouettes)
1.5 parties gravier (= 3 brouettes)

Pour le béton les proportions de mélange indiqué dans Encadré 3 ont été utilisées. Une dalle d'une **épaisseur de 8 cm** a été coulée autour des formes dans le coffrage. Le maçon a utilisé une planche et une nivelle pour obtenir une surface horizontale (Image 40-Image 46). Afin d'économiser du mortier pendant la pose du carrelage, une petite pente a été formée vers les conduits d'écoulement de la douche et du nettoyage anal (Image 43). **Après couler la dalle il ne faut pas retirer le support pendant minimum 2 semaines. Cependant, le coffrage autour de la dalle peut être enlevé déjà après 3 jours.**

Image 47 montre la dalle sèche et l'escalier finalisé au moment de la reprise des travaux en mois de juin 2010.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 32 : Préparation du coffrage pour la dalle, supporté par des briques positionnées à l'intérieur des fosses.



Image 33 : Vue latérale du support.



Image 34 : Découpe des fers ronds avec une meuleuse pour le ferrailage de la dalle.



Image 35 : Préparation du ferrailage.



Image 36 : Finalisation du ferrailage et placement des garde-places pour les trous.



Image 37 : Une bâche en plastique est utilisée pour étancher le coffrage.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 38 : Coffrage et ferrailage avec cadres finalisés.



Image 39 : Préparation du béton pour la dalle.



Image 40 : Le béton est distribué sur le support et lissé à l'aide d'une planche.



Image 41 : Les tuyaux (garde-places) restent vides pour former les trous dans la dalle.



Image 42 : Le chantier pendant la coulée de la dalle.



Image 43 : Une pente est formée autour du conduit d'écoulement de la douche.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 44 : Finalisation de la dalle avec une truelle.



Image 45 : La dalle fraîche avec des formes pour sièges de toilette et sorties pour lavabo, urinoir, douche et nettoyage anal.



Image 46 : Dalle finalisée.



Image 47 : Dalle sèche et escalier finalisé.



Image 48 : Dalle avec trous pour toilettes.



Image 49 : Sièges de toilette (type chinois en plastique) provisoirement positionnés dans la dalle.

3.1.4 Superstructure

Pour les murs de la superstructure les briques n'ont pas été remplies (moins de force portante nécessaire), ce qui accélérât la construction des 10 rangées (Image 50-Image 53). La proportion de mélange du mortier utilisé était la même que déjà pour les murs des fosses (Encadré 2). Au-dessus de la niche pour la porte un linteau en béton armé a été construit (Image 54 et Image 59). Deux couches d'enduits (2 cm suffit, en pratique il était un peu plus) ont été appliquées aux parois

Encadré 4 : proportion volumétrique de mélange (formule) des enduits extérieurs pour les murs.

1 ^{ère} couche :	2 ^{ème} couche :
1 partie ciment	(1 partie SikaLite)
1 partie chaux	50 parties ciment
6 parties sable	150 parties sable (tamisé)

intérieures et extérieures de la toilette (Image 55, Image 56 et Image 70). Encadré 4 indique la formule des enduits extérieurs. Pour la deuxième couche les maçons ont utilisé un peu de SikaLite, mais normalement ceci n'est pas nécessaire, surtout si on fait un toit décalé qui protège les murs un peu de la pluie. La qualité de la chaux disponible était tellement mauvaise qu'on ne pouvait pas l'utiliser (Image 696). Il fallait donc la remplacer (partiellement) par du ciment. On utilise de la chaux pour obtenir une consistance collante du mortier pour l'application facile.

Afin de prévenir un séchage trop rapide, les enduits frais ont été arrosés (Image 57). D'après la méthode de construction locale, le toit plat a été fait en béton armé, ce qui demandait un support comme pour la dalle. Le support ne doit pas être retiré pendant au moins 2 semaines de séchage. Pour quand-même permettre la continuation des travaux à l'intérieur de la salle de bain, des poutres transversales en bois ont été intégrées dans la dernière rangée de briques et couvertes par des planches (Image 58-Image 61). Le linteau pour la fenêtre a été intégré dans le toit (Image 65). Comme pour la dalle, un ferrailage a été préparé. Un tuyau PVC a été fixé dans le toit pour l'évacuation de l'eau de pluie (Image 64) et une bouteille servait comme garde-place pour la sortie de la cheminée (Image 66). Pour le béton du toit, la même proportion de mélange que pour la dalle a été utilisée (Encadré 3). La couche de béton a une épaisseur de 7-8 cm (un peu plus au bord du toit).



Image 50 : Construction des murs, vue 1.



Image 51 : Construction des murs, vue 2.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 52 : Utilisation d'un fil à plomb pour assurer la verticale.



Image 53 : Niche pour la fenêtre dans les murs finalisés.



Image 54 : Coffrage du linteau pour la porte.



Image 55 : Application de la 1^{ère} couche d'enduits aux parois intérieures de la toilette.



Image 56 : Application de la 1^{ère} couche d'enduits aux parois extérieures de la toilette.



Image 57 : Arrosage des enduits pour prévenir des fissures.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 58 : Support pour le toit en train de préparation.



Image 59 : Préparation du support pour le toit. Le linteau au-dessus de la porte est déjà sec.



Image 60 : Le support du toit est prêt.



Image 61 : Vue de la toilette avant de bétonner le toit.



Image 62 : Préparation du coffrage pour le linteau au-dessus de la fenêtre.



Image 63 : Installation parallèle du coffrage pour le toit et de la tuyauterie.



Image 64 : Le toit en béton armé après enlever le coffrage. Le support idéalement reste encore 2 semaines ou plus (dans ce cas moins à cause du temps limité pendant l'atelier). Un tuyau est installé pour l'évacuation des eaux de pluie.



Image 65 : Support du linteau de la fenêtre.

Après couler le toit il fallait bien arroser le béton frais pour prévenir des fissures (Image 66). Il a quand-même été constaté que le toit n'était pas partout complètement étanche à cause de cavités et fissures dans le béton (Image 67 et Image 68). Ceci est la conséquence d'un béton inhomogène (pas soigneusement gâché et compacté par les maçons). Afin d'étanchéifier le toit 1 cm d'enduits avec du SikaLite (voir Encadré 5 et Annexe A.1, Image 705) et une couche d'1 mm de lait de ciment ont été appliqués. Aussi à la partie inférieure du toit deux couches d'enduits ont été appliquées (Image 72 et Image 73).

Encadré 5 : proportion volumétrique de mélange (formule) des enduits pour le toit et pour l'intérieur du filtre planté (enduits étanches).

1 partie SikaLite
50 parties ciment
150 parties sable (tamisé)

Une fenêtre de 60 x 60 cm et une porte de 180 x 80 cm ont été installées (Image 74 et Image 79). Les 3 portes des fosses étanches (65 x 65 cm, Image 713, Annexe A.1) ont été fixées après placer les tuyaux longs à l'intérieur des fosses (Image 75). Le linteau au-dessus de ces portes n'avait pas été bétonné ensemble avec la dalle à cause du manque de bois de coffrage adéquat. Cela a alors été fait seulement maintenant, suite à l'installation des portes des fosses (Image 76 - Image 78).



Image 66 : Arrosage du toit pour prévenir des fissures. Une bouteille couvre la sortie de la cheminée.



Image 67 : Problèmes d'étanchéité du toit.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 68 : Cavités et fissures dans le béton du toit.



Image 69 : Echafaudage improvisé pour l'application des enduits. Le trou gauche dans le mur est la sortie des eaux grises et de nettoyage anal, le trou droite la sortie de l'urine.



Image 70 : Application de la 2^{ème} couche d'enduits.



Image 71 : Inspection du gros œuvre de la toilette.



Image 72 : Application d'une couche d'enduits à la partie inférieure du toit. La porte est déjà installée.



Image 73 : Application d'une 2^{ème} couche d'enduits au toit.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 74 : Placement provisoire du tuyau de ventilation. La porte est installée.



Image 75 : Les portes des fosses sont fixées.



Image 76 : Préparation d'un coffrage pour le linteau au-dessus des portes des fosses.



Image 77 : Le linteau au-dessus des portes des fosses est fait. Il manque encore une rangée de briques.



Image 78 : Placement provisoire du coude 45° du tuyau de ventilation entre les 2 fosses de collecte de matière fécale.



Image 79 : La fenêtre est positionnée.

3.1.5 Intérieur et tuyauterie

Vu la place restreinte les tuyaux d'urine et d'eaux usées ont été placés avant de fixer les portes des fosses (Image 80 et Image 81). La tuyauterie se compose de trois systèmes de conduites (Image 82) pour la collecte séparée (i) d'urine (de l'urinoir et des deux toilettes), (ii) d'eaux grises (de la douche et du lavabo) et (iii) d'eaux « beiges » (des deux sites de nettoyage anal). Les eaux grises seront traitées dans un petit filtre planté (voir sous-chapitre 3.1.6). Les eaux beiges contiennent des dangereux pathogènes. Elles ne sont pas mélangées avec les eaux grises et infiltrées séparément pour pouvoir réutiliser l'effluent du filtre planté sans risques de santé.

Pour une connexion durable et exacte des tuyaux avec les coudes et pièces T il faut les biseauter (Image 83 et Image 84) avant de les coller avec la colle PVC (à vrai dire ciment PVC). Pour directement lier deux tubes il faut faire un manchon chez l'un des deux tubes (Image 84-Image 86).

Pour la ventilation des deux fosses de matière fécale un seul tuyau à diamètre de 160 mm et d'une longueur de 3 m a été installé entre les fosses. Un coude minimal de 45° et de la peinture noire sur le tuyau assurent un courant d'air optimal (Image 87-Image 92). En plus, un chapeau contre la pluie (Image 91) et une moustiquaire ont été installés (Image 711 et Image 712, Annexe A.1).



Image 80 : Installation des tuyaux avant la fixation des portes des fosses.



Image 81 : Installation de la tuyauterie.



Image 82 : Vue de la tuyauterie dans la 3^{ème} fosse de la toilette.



Image 83 : Coude (pièce femelle).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 84 : Tuyau PVC biseauté (pièce mâle, outil pour faire des manchons).



Image 85 : Chauffage d'un tuyau PVC pour faire un manchon.



Image 86 : Préparation d'un manchon avec un tube chauffé et l'outil.



Image 87 : Placement du coude 45° pour le tuyau de ventilation 160 mm.



Image 88 : Le marquage montre la partie à découper pour une ventilation idéale.



Image 89 : La peinture noire sur le tuyau de ventilation cause un chauffage solaire augmenté, ce qui supporte le courant d'air.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 90 : Préparation de la fixation du tuyau de ventilation.



Image 91 : Chapeau à placer au-dessus du tuyau de ventilation.



Image 92 : Fixation du tuyau de ventilation par un collier.



Image 93 : Passage souterrain de la conduite de l'urine au-dessous du filtre planté.

En sortant le bâtiment, la conduite d'urine est élargie sur un tuyau de 110 mm qui passe au-dessous de la fondation du filtre planté (Image 93). Avec le diamètre de 110 mm le risque de colmatage est réduit, ce qui permet d'enterrer le tuyau. Comme il n'était pas possible d'enterrer le réservoir d'urine de 1'000 l à cause du terrain rocheux, il a été placé dans l'étable au-dessous de la toilette. Ceci le protégera un peu des températures basses hivernales et de la formation de glace. Un tuyau plongeur qui descend au fond du réservoir empêche la perte d'ammoniac (la surface du liquide dans le réservoir n'est pas perturbée et le gaz ne remonte pas dans le tuyau). En hiver ce tuyau plongeur peut être enlevé pour éviter que l'urine gelant bloque le tuyau. Image 94-Image 99 montrent l'installation de la conduite et du réservoir d'urine. Le réservoir peut être vidangé à l'aide d'une pompe manuelle (Image 709, Annexe A.1).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Le branchement des tuyaux des eaux usées est expliqué dans le sous-chapitre 3.1.6 sur le filtre planté.



Image 94 : Installation de la conduite d'urine en direction de l'étable.



Image 95 : Le tuyau va entrer dans le mur de l'étable.



Image 96 : Excavation dans l'étable pour l'emplacement du réservoir d'urine.



Image 97 : Transport du réservoir d'urine (1'000 l = 1 m³) à l'aide d'un âne.



Image 98 : Tuyau plongeur pour le réservoir d'urine.



Image 99 : Le réservoir d'urine est placé dans l'étable et le tuyau plongeur est branché.

La partie inférieure des parois et le fond à l'intérieur de la salle de bain ont été équipés de carrelage. Le premier pas avant la pose de carrelage est de mouiller les superficies et le carrelage (Image 100 et Image 101). Pour le mortier le ciment blanc (plus dur, stabilité augmentée, voir Image 698, Annexe A.1) a été utilisé (Encadré 6 indique la proportion de mélange de ce mortier). Avec une couche de mortier une pente vers la sortie des eaux usées a été formée. La finition des joints du carrelage a été faite avec du ciment blanc et du SikaLite (1:50) pour étancher (Image 102 et Image 103).

Encadré 6 : proportion volumétrique de mélange (formule) du mortier pour le carrelage.

1 partie ciment blanc
3 parties sable

Pour la douche un siphon de sol a été installé (en hiver le siphon peut être utilisé sans grille pour éviter le blocage par la glace). Pour l'évacuation des eaux de nettoyage anal des petits entonnoirs ont été intégrés dans le carrelage (Image 105). Ensuite, les deux sièges de toilette (modèle chinois en plastique) ont été fixés sur le carrelage en utilisant de la silicone (Image 104 et Image 105). L'urinoir a été fixé au mur à une hauteur adaptée aux plus petits utilisateurs (Image 106). Un préservatif avec bout coupé a été attaché pour retenir les odeurs dans le tuyau (voir Annexe A.1, Image 706). Ceci permet d'utiliser l'urinoir sans chasse d'eau, c'est-à-dire comme urinoir sec. Le lavabo a aussi été fixé au mur et équipé d'un préservatif (pas un siphon normal pour éviter le blocage par la glace en hiver). Pour l'alimentation en eau une poubelle (réservoir) a été installée au-dessus du lavabo et branchée avec un tube en métaloplastique (Image 107 et Image 109). Un robinet à rotule placé au point plus bas sous le lavabo permet de vider ce tube en hiver pour prévenir un dommage dû à la congélation (Image 110).



Image 100 : Humectage du béton avant la pose du carrelage.



Image 101 : Mouillage du carrelage avant la pose.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 102 : Pose du carrelage sur la dalle.



Image 103 : Pose du carrelage.



Image 104 : Fixation des sièges de toilette à séparation d'urine avec de la silicone.



Image 105 : Les deux sièges de toilette sont installés.



Image 106 : Fixation de l'urinoir sec adapté aux enfants.



Image 107 : Branchement du lavabo au tuyau PVC avec deux coudes 45°.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 108 : Les travaux d'installation à l'intérieur de la salle de bain sont conclus.



Image 109 : Une poubelle sert comme réservoir d'eau pour le lavabo.

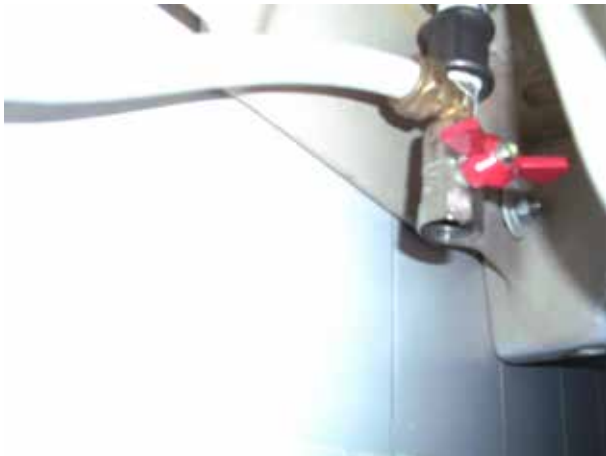


Image 110 : Robinet à rotule pour vider le tube en hiver.



Image 111 : Rideau de douche.



Image 112 : La nouvelle TDSU avec son propriétaire.

3.1.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises

La douche et le lavabo ensemble produisent une considérable quantité d'eaux grises. En comparaison des eaux de nettoyage anal, ces eaux usées contiennent une contamination négligeable de matière fécale et de germes pathogènes. Avec un traitement relativement simple dans un petit filtre planté on peut transformer les eaux grises en une ressource réutilisable (pourtant non potable), soit pour irriguer un arbre, soit pour laver les vêtements, soit pour lessiver le sol. Pour des raisons d'hygiène, il a été décidé de ne pas traiter les eaux de lavage anal dans le même filtre mais de les infiltrer à côté, directement dans le sol.

Le filtre planté a été construit directement au-dessous de la toilette, attaché au mur. Le premier pas était de faire une excavation pour niveler le terrain (Image 113). Une fondation (ou plutôt dalle) de 10 cm d'épaisseur en béton armé a été coulée dans l'excavation (même mélange de béton comme pour la dalle et le toit de la toilette). A l'emplacement de l'infiltration d'eaux de nettoyage anal une niche a été prévue dans la dalle (Image 114). Ensuite, trois rangées de briques ont été construites, avec un compartiment pour l'infiltration des eaux de lavage anal (Image 115-Image 117). Le tuyau de sortie des eaux traitées a été intégré dans le mur (voir p. 50, Image 209 et Image 213-Image 216 pour une explication comment le faire).

De façon erronée, les ouvriers ont appliqué une couche d'enduits sans sable et avec trop de SikaLite à l'intérieur du bassin. Par conséquent, des fissures ont été formées. Il fallait enlever cette couche d'enduits (Image 119 et Image 120) et en appliquer une nouvelle : 2 cm d'enduits étanches avec du sable tamisé et du SikaLite (voir Encadré 5). Si besoin est, des petites fissures peuvent être fermées avec du ciment pur et de l'eau, tant que les enduits sont encore fraîches (Image 121). Après un jour de séchage, une couche de maximum 2 mm de lait de ciment (eau, ciment et un peu de SikaLite) a été appliquée avec une brosse (Image 122). Pour éviter des fissures il faut arroser cette couche tout de suite.

Pour tester l'étanchéité du filtre planté le bassin a été rempli d'eau pour quelques heures. La réduction significative du niveau d'eau a montré qu'il n'était pas encore 100% étanche (Image 123). Par conséquent, une couche de bitume a été appliquée comme dernière mesure (Image 124). Normalement (si fait soigneusement) le bassin devrait être étanche même sans bitume.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 113 : Démarrage des travaux d'excavation pour le filtre planté.



Image 114 : La fondation (dalle) du filtre à planté est bétonnée. La niche coffrée en avant-plan est prévue pour l'infiltration directe des eaux de nettoyage anal.



Image 115 : Murs du filtre planté en train de construction.



Image 116 : Vue latérale du chantier du filtre planté.



Image 117 : Les murs sont finis, une couche d'enduits est appliquée et le tuyau de sortie est intégré dans le mur.



Image 118 : Application d'enduits dans le compartiment pour l'infiltration des eaux de nettoyage anal.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 119 : Fissures dans une mauvaise couche d'enduits sans sable et avec trop de SikaLite.



Image 120 : Il fallait remplacer la mauvaise couche d'enduits pour assurer l'étanchéité du bassin.



Image 121 : Directement après l'application des enduits on peut fermer des fissures avec du ciment pur et un peu d'eau.



Image 122 : Finition avec du lait de ciment 1 jour après appliquer la couche d'enduits.



Image 123 : Un test d'étanchéité montre qu'il y a encore une perte d'eau.



Image 124 : Après l'application d'une couche de bitume le bassin est finalement étanche.

Le bassin étanche a été rempli d'une stratification horizontale de 3 différentes tailles du grain. La séparation du matériau de filtration a été garantie par des planches temporairement posées dans le bassin (Image 126). A l'entrée des eaux grises (pour pré-filtration) et à la sortie du filtre (pour drainage) une bande de 30 cm a été remplie de pierres d'environ 5-10 cm de diamètre (moellons). La bande adjacente a été remplie de gravier concassé (10-30 mm, voir Image 691-Image 692, Annexe A.1), également sur les deux côtés. Au centre du bassin la troisième taille du grain, le gravier fin (6-10 mm), représente la partie principale du filtre (Image 127).

Les eaux de lavage anal passent une stratification verticale – des pierres suivies par du gravier concassé – et sont infiltrées dans le sol au-dessous du compartiment séparé (Image 125).

Après mettre le matériau de filtration, le dernier pas était de planter des plantes aquatiques comme des roseaux.

Au moment de la préparation du présent rapport l'auteur malheureusement n'avait pas accès à des photos de la TDSU et du filtre de famille Ferhaoui en service. Image 230 (p. 54) montre le filtre finalisé de la famille Jane.



Image 125 : La conduite des eaux de nettoyage anal est branchée au compartiment d'infiltration. La couche de gravier concassé sera finalement entièrement couverte par des pierres plus grosses.



Image 126 : Avec des planches les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le remplissage du filtre planté. A droite le compartiment pour les eaux de lavage anal.



Image 127 : Le filtre planté en train d'être rempli.

3.2 Famille Jane

La maison de la famille Jane est située au centre du village et habitée par 5 personnes (Image 1, p. 4). Le site est caractérisé par la plaine fertile du lac. La famille possède un puits et un petit jardin à côté de la maison (Image 588-Image 592, page 129). La famille a choisi une TDSU avec douche et décidé de la construire attaché à la maison.

3.2.1 Fondation

Les dimensions extérieures de la salle de bain et donc de la fondation sont 2.6 x 2.4 m (pas quadratique parce qu'un mur existait déjà). A l'aide d'une corde de délimitation une excavation de 30 cm de profondeur a été creusée (Image 129) et encadré par un coffrage horizontal (Image 130). Afin d'économiser du béton une partie du volume de la fondation a été remplie de pierres (Image 132). Pour une bonne liaison il est important de bien remplir les interstices de béton. Il faut régulièrement irriguer le béton frais (Image 134) et idéalement couvrir la fondation pour empêcher des fissures et un séchage trop rapide sous le soleil.



Image 128 : Travaux d'excavation pour la fondation.



Image 129 : Excavation terminée avec corde de délimitation.



Image 130 : Préparation d'un coffrage horizontal.



Image 131 : Préparation du béton pour la fondation.



Image 132 : Des pierres sont utilisées dans la fondation.



Image 133 : La fondation finalisée.



Image 134 : Irrigation du béton frais.

3.2.2 Murs des fosses

Comme chez famille Ferhaoui trois chambres ont été prévues – deux fosses pour la matière fécale et une pour la tuyauterie. Pour les murs extérieurs des briques de 20 x 20 x 40 cm ont été utilisés, pour les murs de séparation de 20 x 10 x 40 cm (Image 135-Image 137). Les murs intérieurs de séparation et les pierres angulaires des murs extérieurs ont été remplies de béton pour fortifier le bâtiment. La hauteur des murs des fosses est de quatre rangées de briques. Des trous ont été prévus dans les murs pour l'emplacement des conduites (Image 135), ainsi qu'une niche pour le linteau et le tuyau de ventilation (Image 137).



Image 135 : Construction des murs des fosses attachés à la maison.



Image 136 : Les briques sont mouillées dans l'eau avant leur placement.



Image 137 : Une niche est prévue pour le linteau au-dessus des portes des fosses.



Image 138 : Utilisation d'un fil à plomb.

3.2.3 Dalle

Le prochain pas était de couler la dalle en béton armé. D'abord un support en bois de coffrage a été installé et couvert par un plastique (Image 139 et Image 140). Un ferrailage a été préparé et fixé au mur pour garantir la connexion stable entre la maison et la salle de bain (Image 141-Image 144). Deux cadres en bois avec les dimensions des sièges de toilette (modèle indien, voir Image 710, Annexe A.1) ont été placés sur le ferrailage, ainsi que des morceaux de tubes PVC pour former les refouillements pour la tuyauterie du lavabo, de l'urinoir et de la douche (Image 146). Ensuite la dalle d'une épaisseur de 8 cm a été coulée autour des formes dans le coffrage (Image 145-Image 152). Image 153 montre la dalle sèche.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 139 : Préparation du support pour le coffrage. On voit les niches pour la tuyauterie et le linteau.



Image 140 : Installation d'un coffrage pour la dalle.



Image 141 : Les fers ronds sont coupés à l'aide de la meuleuse.



Image 142 : Préparation du ferrailage. Les deux cadres en bois servent comme formes pour les sièges de toilette.



Image 143 : Une bâche en plastique est utilisée pour étancher le coffrage.



Image 144 : Le ferrailage entre dans le mur pour garantir une bonne liaison entre TDSU et maison. Des pièces de tube forment des trous dans la dalle pour la tuyauterie.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 145 : Distribution du béton. Des trous dans le plastique assurent la liaison de la dalle avec les murs des fosses.



Image 146 : L'épaisseur de la dalle est de 8 cm. On voit les trois garde-places pour les conduites de l'urinoir, du lavabo et de la douche.



Image 147 : Vue du chantier et du lac pendant la coulée de la dalle.



Image 148 : Le maçon lisse la superficie à l'aide d'une truelle.



Image 149 : Utilisation d'un bâton pour colmater les interstices et pour pousser le béton dans les briques des murs au-dessous de la dalle.



Image 150 : Deux cadres forment des refouillements pour les sièges de toilette.



Image 151 : Une pente est formée autour du conduit d'écoulement de la douche.



Image 152 : Le béton est lissé et compacté à l'aide d'une planche.



Image 153 : Dalle finalisée après séchage.

3.2.4 Superstructure

Pendant le séchage de la dalle l'escalier a été construit. Ensuite, les ouvriers ont continué avec les murs et le toit, qu'il fallait bien ancrer dans le mur de la maison (Image 154 et Image 159). Image 154 à Image 166 montrent ce processus de construction. Après, les portes des fosses, la porte principale et la fenêtre ont été installées (Image 167-Image 170). L'espace au-dessus des portes des fosses a ensuite été rempli d'un linteau et du coude 45° du tuyau de ventilation (Image 172), et finalement les enduits ont été appliqués (Image 171).

Dans la superficie du toit des fissures graves se sont formées (Image 173), probablement à cause du séchage trop rapide. Il fallait enlever cette couche d'enduits cassée et appliquer une nouvelle avec du SikaLite. La finalisation a été faite avec du lait de ciment (Image 174). Afin de prévenir des nouvelles fissures il fallait arroser la superficie pendant le séchage et couvrir le toit avec un plastique pour la protection contre le soleil.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 154 : Construction des murs de la superstructure. Le maçon est en train de faire un trou dans le mur de la maison pour ancrer la TDSU par des pièces de fer rond.



Image 155 : Escalier et superstructure sont finalisés. A droite la dernière ligne de briques est encore omise pour pouvoir placer des madriers comme support pour le toit.



Image 156 : Des poutres vont porter le coffrage pour le toit.



Image 157 : Préparation du support pour le toit en béton armé.



Image 158 : Coffrage du toit finalisé.



Image 159 : Aussi pour le toit le ferrailage doit être bien ancré dans le mur de la maison.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 160 : Vue du support et du coffrage pour le toit.



Image 161 : Préparation du ferrailage.



Image 162 : Tuyau pour l'évacuation des eaux de pluie.



Image 163 : Le toit juste après la coulée du béton. On voit les garde-places pour la sortie de la cheminée et une éventuelle conduite d'eau.



Image 164 : Le toit est couvert par un plastique pour que le béton ne sèche pas trop rapidement.



Image 165 : Au lieu d'un plastique les maçons ont utilisé des emballages du ciment pour étancher. Par conséquent, il y avait quelques pertes de la partie liquide du béton.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 166 : Le linteau a été coulé ensemble avec le toit.



Image 167 : Installation des trois portes des fosses.



Image 168 : Adaptation de la porte.



Image 169 : La porte est fixée.



Image 170 : La fenêtre est installée.



Image 171 : La TDSU après l'application des enduits. Le réservoir d'urine est déjà en place (en bas).



Image 172 : Le linteau au-dessus des portes est finalisé, le coude de 45° pour le tuyau de ventilation est placé et les enduits sont appliqués.



Image 173 : Fissures dans la superficie du toit.



Image 174 : Application d'une nouvelle couche d'enduits étanches sur le toit pour colmater les fissures.

3.2.5 Intérieur et tuyauterie

Le tuyau PVC de ventilation (longueur 3 m, diamètre 160 mm) a été noirci pour maximiser le chauffage solaire et supporter le courant d'air (Image 176). Avant le montage il a été muni d'un moustiquaire et d'un chapeau (Image 175 et Image 177).

La tuyauterie des conduites des eaux grises, de l'urine et de l'eau de nettoyage anal a été placée et provisoirement fixée avec bande adhésive (Image 178-Image 182).

Un tonneau à 200 l en HDPE (Image 708, Annexe A.1) a été prévu comme réservoir d'urine. Il a été placé dans une excavation à côté de l'escalier (Image 183 et Image 184). Une deuxième excavation de 80 cm a été préparée comme puisard pour les eaux de nettoyage anal. Ce puisard a été rempli d'une couche de drainage en moellons (10 cm, Image 185), une couche de gravier concassé (Image 187), et une autre de moellons à la superficie (10 cm, Image 188).

Ensuite, la tuyauterie à l'extérieur a été installée (Image 186-Image 188) et branchée au réservoir d'urine (avec tuyau plongeur) et puisard (pour eaux de nettoyage anal). Pour la conduite des eaux grises vers le filtre planté un tuyau de 110 mm a été utilisé pour réduire le risque de colmatage. Ce tuyau a été placé sur une couche (sèche) de sable et ciment (5-6 parties sable, 1 partie ciment), en prenant compte d'une pente minimale d'1% (Image 189). Ensuite, il a été couvert et fixé par une couche de mortier (Image 190).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 175 : Préparation de la fixation du tuyau de ventilation.



Image 176 : La peinture noire sur le tuyau de ventilation cause un chauffage solaire augmenté, ce qui supporte le courant d'air.



Image 177 : Le tuyau de ventilation est installé.



Image 178 : Les deux refoulements pour les sièges de toilette. Les tubes à l'avant seront pour l'urine, et ceux en arrière pour les eaux de nettoyage anal.



Image 179 : Vue de la tuyauterie dans la fosse au milieu (placement provisoire).



Image 180 : Vue de la tuyauterie dans l'autre fosse (placement provisoire).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 181 : Travaux d'installation dans la 3^{ème} chambre (celle pour la tuyauterie).



Image 182 : Sortie des trois conduites pour eaux grises lavabo/douche, urine et eaux de nettoyage anal (placement provisoire).



Image 183 : Excavation pour le réservoir d'urine.



Image 184 : Le réservoir d'urine est placé et l'excavation de 80 cm est faite pour le filtre pour l'eau de nettoyage anal (puisard).



Image 185 : La première couche de moellons dans le puisard.



Image 186 : Trois tuyaux sortent de la TDSU. Les eaux grises sont conduites vers le filtre planté dans un tuyau de 110 mm. Un couvercle va être placé sur le petit mur autour du réservoir d'urine.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 187 : Le gravier concassé est le matériau de filtration principal dans le puisard pour les eaux de nettoyage anal.



Image 188 : Une couche de moellons est placée à la superficie du filtre.



Image 189 : La conduite des eaux grises passe à la superficie. Elle est placée sur une couche de sable et ciment.



Image 190 : Une couche de mortier au-dessus du tuyau donne la stabilité et fixation nécessaire.

Après le pose de carrelage (Image 191), l'urinoir sec a été fixé au mur (Image 192). Un préservatif avec bout coupé a été attaché pour retenir les odeurs dans le tuyau (Image 193). Le lavabo a aussi été fixé au mur et équipé d'un préservatif (Image 194-Image 196). Pour l'alimentation en eau un bidon a été installé comme réservoir provisoire (la famille bénéficiaire avait prévue d'ultérieurement brancher un plus grand réservoir sur le toit de la maison) et branché par un tube en métalloplastique.

Les deux sièges de toilette (modèle indien) avec leur compartiments pour la collecte des eaux de lavage anal ont été intégrés dans le carrelage (Image 198). Pour remplir les deux fosses de manière alternante, seulement un siège est mis en service à la fois. C'est pourquoi l'autre doit être couvert (Image 197).

Le fonctionnement du système de ventilation a été testé avec une cigarette : la fumée est descendue dans la fosse est remontée par le tuyau de ventilation, ce qui a prouvé que le courant d'air fonctionnait correctement (Image 199).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 191 : Pose du carrelage.



Image 192 : Fixation de l'urinoir adapté aux enfants.



Image 193 : Un préservatif avec bout coupé est attaché à la sortie de l'urinoir pour retenir les odeurs dans le tuyau.



Image 194 : La famille a déjà installé une lampe dans la nouvelle salle de bain.



Image 195 : Réservoir d'eau, lavabo et urinoir sont installés.



Image 196 : Installation du tube en métaloplastique pour l'approvisionnement en eau.



Image 197 : L'intérieur de la salle de bain est finalisé. Pour prévenir que les deux fosses sont remplies en même temps un des deux sièges de toilette est couvert.



Image 198 : Les deux sièges à séparation d'urine et le siphon de sol de la douche.



Image 199 : Test de fonctionnement de la ventilation – la fumée descend dans la fosse et remonte par le tuyau de ventilation, ce qui prouve que le courant d'air fonctionne.

3.2.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises

La famille bénéficiaire a choisi de placer le filtre planté juste à côté de la route. Pour assurer que l'écoulement des eaux grises vers le filtre soit par gravité il fallait d'abord faire une excavation. Il a été prévu de construire les murs de ce filtre avec des pierres naturelles, avec une épaisseur de 30 cm. Pour arriver à une surface de base de 1.00 x 3.00 m à l'intérieur du filtre, il fallait alors une excavation de 1.60 x 3.60 m (Image 200 et Image 201).

La dalle de 10 cm en béton armé a été coulée sur une couche de moellons (Image 202-Image 204). Comme dit plus haut, la maçonnerie a été faite avec des pierres naturelles qui étaient disponible sur place (Image 205-Image 208). La hauteur du mur a été définie à 70 cm pour arriver à une profondeur d'eau de 50 cm et une épaisseur du matériau de filtre de 60 cm. En plus, il faut aussi prendre en compte l'épaisseur d'une couche d'enduits étanches de plusieurs cm.

Après la construction des murs du bassin les tubes de l'entrée et de l'effluent ont été fixés dans les murs. Pour assurer la liaison du tuyau avec le mortier du mur et donc une bonne étanchéité une couche de colle PVC et du sable a d'abord été appliquée sur la partie du tube qui traversera le mur (Image 209-Image 210 et Image 213-Image 217).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Une première couche d'enduits (normaux) aux parois internes a rendu la superficie lisse (Image 212). Pour étancher le bassin, une couche de 2 cm d'enduits avec du SikaLite (Image 220), et ensuite du lait de ciment (Image 219), ont été appliqués sur fond et parois.



Image 200 : Travaux d'excavation pour le filtre planté.



Image 201 : Aperçu du chantier, avec excavation finalisée.



Image 202 : Une couche horizontale de moellons forme la base pour la dalle (dalle) du filtre planté.



Image 203 : Le ferrailage pour la dalle est placé horizontalement.



Image 204 : La dalle bétonnée est couverte par un plastique pendant le séchage.



Image 205 : Maçonnerie avec pierres naturelles.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 206 : Murs en pierres naturelles sous construction.



Image 207 : Aperçu du chantier pendant la construction des murs du filtre planté.



Image 208 : Il faut prévoir des réservations pour les tubes d'entrée et de sortie.



Image 209 : Avant d'installer les tubes d'entrée et de sortie une couche de colle PVC et du sable est appliquée. Cela assurera la liaison avec le mortier du mur et donc une bonne étanchéité.



Image 210 : Pose du tuyau de sortie.



Image 211 : Application des enduits à l'intérieur du filtre.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 212 : La première couche de l'enduisage est presque finalisée. Le tube de sortie est déjà incorporé au mur.



Image 213 : Application de colle PVC et sable sur la partie qui traversera le mur.



Image 214 : Le tuyau d'entrée avant son placement.



Image 215 : Mise en place du tube d'entrée.



Image 216 : Du mortier est mis autour du tube.



Image 217 : Le tube d'entrée est fixé à 5 cm au-dessus du niveau d'eau. Une pente de 1 % est suffisante.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 218 : Vue du chantier avant reprise du travail en juillet 2010.



Image 219 : Application de lait de ciment pour lisser la superficie du bassin.



Image 220 : Application des enduits étanches à l'intérieur du bassin.



Image 221 : Le bassin du filtre planté est finalisé.

Pour tester l'étanchéité le bassin finalisé a été rempli d'eau pour quelques heures (Image 222). Comme prévu, le niveau d'eau dans le bassin est de 50 cm (Image 224), et le tuyau d'entrée se trouve 5 cm au-dessus de ce niveau (Image 223).

Le bassin étanche a maintenant été rempli d'une stratification horizontale de 3 différentes tailles du grain :

- 💧 A l'entrée et à la sortie du filtre une bande de 30 cm de moellons (50-100 mm) (Image 229-Image 230)
- 💧 Une bande adjacente de 20 cm de gravier concassé (10-30 mm) (Image 225-Image 226)
- 💧 Au centre du bassin du gravier fin (6-10 mm) comme partie principale du filtre (Image 227-Image 228)

La séparation du matériau de filtration a été garantie par des planches temporairement posées dans le bassin (Image 225).

L'étape finale était de planter les roseaux. Malheureusement seulement une petite quantité de plantes de mauvaise qualité était disponible à ce moment.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 222 : Après séchage complet le bassin est rempli pour tester l'étanchéité.



Image 223 : Le niveau de l'entrée est de 5 cm au-dessus du niveau d'eau.



Image 224 : Le niveau minimal d'eau dans le bassin est de 50 cm.



Image 225 : Avec des planches à la zone de l'entrée, les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le placement du matériau de filtre.



Image 226 : Une bande de 20 cm est remplie de gravier concassé aussi à la zone de drainage autour de la sortie.



Image 227 : Du gravier fin est versé dans la partie principale du filtre.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 228 : Mise en place du matériau de filtre.



Image 229 : La zone de drainage avec ses 3 tailles du grain.



Image 230 : Le filtre est finalisé. Quelques roseaux sont déjà plantés.



Image 231 : Vue prise de près.

3.3 Famille Ahnouch

La famille Ahnouch habite proche de la famille Ferhaoui, dans la zone rocheuse 800 m au sud-ouest du centre du village (Image 1, p. 4). C'est une famille de 7 personnes. Les bénéficiaires en concertation avec les experts ont choisi la variante d'une TDSU sans douche placée derrière la maison (Image 234). Un filtre planté a aussi été construit pour traiter les eaux grises de la maison et celles du lavabo de la toilette.

3.3.1 Fondation

Pour la TDSU sans douche les dimensions extérieures de 2.0 x 2.0 m sont suffisantes. A cause du terrain rocheux il n'était pas nécessaire de creuser une excavation de 30 cm, mais il fallait déchausser un peu les roches (Image 232). Un coffrage horizontal a été préparé avec des madriers (Image 233 et Image 234). Afin d'économiser du béton une partie du volume de la fondation a été remplie de pierres (Image 235).



Image 232 : Travaux d'excavation pour la fondation de la TDSU.



Image 233 : Coffrage pour la fondation, préparé avec les planches disponibles sur place.



Image 234 : La nouvelle toilette sera emplaced derrière la maison de la famille bénéficiaire.



Image 235 : Coulée de la fondation. Pour épargner du béton le volume est partiellement rempli de pierres.

3.3.2 Murs des fosses

Cette TDSU sans douche a été construite avec deux fosses symétriques pour la matière fécale (une troisième fosse pour la tuyauterie comme dans les variantes avec douches n'était pas nécessaire/possible à cause de l'arrangement symétrique des deux sièges de toilette – voir Image 276, p. 64). Pour les murs extérieurs des briques de 20 x 20 x 40 cm, et pour le mur intérieur de séparation des fosses des briques de 20 x 10 x 40 cm ont été utilisés. Le mur intérieur et les pierres angulaires de murs extérieurs ont été remplis de béton pour fortifier le bâtiment. La hauteur des murs et fosses est de quatre rangées de briques. Des trous ont été prévus dans la dernière rangée pour l'emplacement des conduites (Image 238 et Image 240), ainsi qu'une niche pour le linteau et le tuyau de ventilation (Image 241).



Image 236 : Construction des murs des fosses.



Image 237 : Les briques ont été mouillées avant leur placement.



Image 238 : Le mur intérieur qui sépare les deux fosses. A droite on voit le trou pour la sortie de la tuyauterie.



Image 239 : Intégration du mur intérieur dans le mur extérieur.



Image 240 : Préparation des niches où vont passer les conduites (urine et eaux nettoyage anal).



Image 241 : Une niche est aussi prévue pour le linteau et le tuyau de ventilation.

3.3.3 Dalle

La prochaine étape était de couler une dalle en béton armé. En même temps on pouvait déjà construire l'escalier (Image 244, Image 245 et Image 248). D'abord, le support, le ferrailage et les formes pour les sièges de toilette (modèle indien) ont été préparés, ainsi que deux morceaux de tubes comme garde-places pour la conduite du lavabo et de l'urinoir (Image 242-Image 251). Ensuite la dalle d'une épaisseur de 8 cm a été coulée (Image 252-Image 259).



Image 242 : Installation du support pour la dalle.



Image 243 : Préparation du support avec des planches disponibles.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 244 : Préparation du terrain pour l'escalier.



Image 245 : Construction de l'escalier.



Image 246 : Ce cadre servira comme forme pour l'un des deux sièges de toilette.



Image 247 : Préparation du ferrailage autour des deux cadres.



Image 248 : L'escalier finalisé est couvert pendant le séchage.



Image 249 : Découpe manuelle des fers ronds.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 250 : Vue du support et du coffrage pour la dalle.



Image 251 : Coffrage et ferrailage sont prêts. Les trous dans le plastique assureront la bonne liaison du béton de la dalle avec les murs. Des pièces de tube forment des trous dans la dalle pour la tuyauterie.



Image 252 : Coulée de la dalle.



Image 253 : Distribution du béton avec la truelle.



Image 254 : Utilisation d'une planche pour lisser et compacter le béton.



Image 255 : Utilisation d'une planche pour lisser et compacter le béton.



Image 256 : La dalle en train d'être coulée.



Image 257 : Distribution du béton.



Image 258 : Le maçon lisse la superficie à l'aide d'une truelle. Le tube au milieu montre l'emplacement de l'urinoir.



Image 259 : La dalle est finalisée.

3.3.4 Superstructure

Après le séchage de la dalle les murs de la superstructure pouvaient être construits et les enduits appliqués (Image 260-Image 265 et Image 268). Le linteau pour la porte a été construit avant le toit (Image 266 et Image 271). Pour le support de la toiture des poutres transversales ont temporairement été intégrées dans la dernière rangée de briques (Image 265, Image 269-Image 273). Le ferrailage pour le béton armé a été préparé par terre et placé sur le support avant de couler le toit (Image 267, Image 274-Image 275). Un tuyau pour l'évacuation des eaux de pluie a aussi été intégré dans le toit (Image 281).

Finalement la fenêtre et les deux portes des fosses ont été installées (Image 281).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 260 : Construction des murs de la superstructure.



Image 261 : Construction des murs de la superstructure.



Image 262 : Aperçu du chantier pendant la maçonnerie.



Image 263 : En attendant une autre charge de briques la première couche d'enduits est déjà appliquée.



Image 264 : Niche pour la fenêtre dans les murs finalisés.



Image 265 : Les niches dans la dernière rangée de briques serviront à la construction du support pour le toit.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 266 : Coffrage du linteau pour la porte.



Image 267 : Préparation du ferrailage.



Image 268 : Les enduits extérieurs sont appliqués.



Image 269 : Préparation du coffrage pour le toit qui est porté par des poutres transversales.



Image 270 : Installation du coffrage pour le toit.



Image 271 : Support pour le toit de la TDSU. Le linteau est fait.



Image 272 : Le support et le coffrage pour le toit sont prêts.



Image 273 : Le support pour le toit vu de l'intérieur de la toilette.



Image 274 : Coulée du toit en béton



Image 275 : Vue du toit après le séchage.

3.3.5 Intérieur et tuyauterie

La partie inférieure des parois et le fond ont été équipés de carrelage. Avant de poser le carrelage du sol les deux sièges de toilette (modèle indien) ont été placés (Image 276). Un petit lavabo et le réservoir d'eau ont été installés (Image 278 et Image 279), ainsi que l'urinoir sec (modèle sud-africain, voir Image 280 et Image 707, Annexe A.1). A l'extérieur du bâtiment le tuyau de ventilation a été fixé et fourni avec moustiquaire et chapeau contre la pluie (Image 281).

Ensuite, les trois conduites (eaux grises, urine et eaux de lavage anal) ont été installées. Les eaux grises de la maison ont été branchées au filtre planté. Pour ce faire il fallait passer la conduite par les fosses de la TDSU (Image 282-Image 286). Pour l'évacuation des eaux de nettoyage anal un puisard a été construit à côté de la TDSU (Image 285-Image 286). Ce puisard a été rempli d'une couche de drainage en moellons (10 cm), une couche de gravier concassé, et une autre de moellons à la superficie. Le tuyau d'urine a été branché avec un tuyau plongeur au réservoir de 200 l en plastique (voir Image 708, Annexe A.1) qui a été enterré entre la TDSU et le filtre planté (Image 293, p. 67).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 276 : L'intérieur de la TDSU avant pose du carrelage sur le fonds. Les deux sièges indiens sont placés.



Image 277 : Il faut faire attention que la porte n'interfère pas avec le siège.



Image 278 : Installation du réservoir et des conduites d'eau.



Image 279 : Le lavabo est branché à la conduite d'eaux grises.



Image 280 : L'urinoir sec est installé.



Image 281 : Tuyau de ventilation, tuyau pour l'évacuation des eaux de pluie et portes des fosses sont installés.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 282 : La conduite des eaux grises de la maison passe par le bâtiment de la toilette vers le filtre planté.



Image 283 : Vue finale de la conduite des eaux grises. Le pièce T sert à accéder le tube en cas d'un bouchon.



Image 284 : Vue intérieure des trois systèmes de conduites (eaux de lavage anal à droite, eaux grises en bas (110 mm) avec pièce T, et urine).



Image 285 : Vue extérieure de la tuyauterie et du puisard pour l'infiltration des eaux de nettoyage anal.



Image 286 : Vue extérieure finale – la tuyauterie est couverte.

3.3.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises

Le filtre planté pour le traitement des eaux grises de la maison et du lavabo de la TDSU a été construit à côté de l'étable. Une excavation de 2.05 x 1.2 m et d'une profondeur d'environ 30 cm a d'abord été creusée. La dalle de 10 cm en béton armé a été coulée sur une couche horizontale de moellons. Ensuite trois rangées de briques de 20 x 15 x 40 cm ont été construites et les tuyaux d'entrée et d'effluent montés (Image 287-Image 291). Pour finaliser le bassin les couches d'enduits étanches ont été appliquées sur fond et parois (Image 292). Après tester l'étanchéité le matériau de filtration a été mis en place (Image 293 et Image 294) et les roseaux plantés.

Au moment de la préparation du présent rapport l'auteur malheureusement n'avait pas accès à des photos de la TDSU et du filtre en opération.



Image 287 : Une couche horizontale de moellons est placée dans l'excavation finalisée. En bas on voit l'excavation ronde pour le réservoir d'urine.



Image 288 : Maçonnerie sur la dalle du filtre.



Image 289 : Murs du filtre finalisés, avec couche d'enduits intérieurs et niche pour le tuyau de l'effluent.



Image 290 : Application de la colle PVC et du sable sur le tuyau de l'effluent.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 291 : Mise en place du tuyau de sortie.



Image 292 : Après application et séchage des enduits étanches le bassin est rempli d'eau.



Image 293 : Vue du réservoir d'urine et du filtre pendant la mise en place du matériau de filtration.



Image 294 : Vue du filtre avec tuyau d'entrée pendant la mise en place du matériau de filtration.

3.4 Famille Khaled

La famille Khaled habite 1.1 km au nord du centre (Image 1, p. 4). Il s'agit d'un ménage de 3 personnes. A cause des bâtiments existants il n'y avait pas beaucoup de flexibilité par rapport au site de la toilette. La TDSU avec douche a été placée devant la maison, attaché à un mur existant (Image 296). Filtre planté, réservoir d'urine et puisard ont été construits à l'autre côté de ce mur (Image 351, p. 78). Les bénéficiaires ont décidés de construire la TDSU en pierres naturelles (Image 695, Annexe A.1).

3.4.1 Fondation

Pour la fondation une excavation de 3.0 x 2.7 m à profondeur de 30 cm a d'abord été creusée (ne pas quadratique parce qu'un mur existait déjà). Après avoir préparé un coffrage horizontal la fondation a été bétonnée (Image 296-Image 297). Afin d'économiser du béton une partie du volume a été remplie de pierres. Image 298 montre la fondation accomplie.



Image 295 : Travaux d'excavation pour la fondation.



Image 296 : La TDSU sera attaché au mur existant. Le coffrage pour la fondation est préparé.



Image 297 : Les ouvriers en train de bétonner la fondation.



Image 298 : La fondation finalisée.

3.4.2 Murs des fosses

Comme chez familles Ferhaoui et Jane trois chambres ont été prévues – deux fosses pour la matière fécale et une pour la tuyauterie. Pour les murs extérieurs des pierres naturelles ont été utilisées (Image 300). Des briques de 20 x 20 x 40 cm ont été utilisées pour former les angles (Image 302). L'épaisseur de ces murs est de 40 cm. Les murs intérieurs de séparation ont été construits de briques de 20 x 10 x 40 cm. La hauteur des murs des fosses est de 80 cm.



Image 299 : Les murs sont dessinés dans la fondation sèche.



Image 300 : Construction des murs des fosses en pierres naturelles.



Image 301 : Les fosses sont attachées au mur existant.



Image 302 : Des briques sont utilisées pour former les angles.

3.4.3 Dalle

Un support en bois de coffrage a été installé sur les murs des fosses finalisés (Image 303 et Image 304). Entre support et ferrailage un plastique a été placé. En même temps l'escalier a déjà été construit (Image 305, Image 313-Image 315). Le béton a ensuite été distribué dans le coffrage, autour des formes pour les sièges de toilette et les garde-places pour la tuyauterie (Image 308-Image 312). Image 316 montre la dalle sèche et l'escalier.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 303 : Installation d'un support et coffrage pour la dalle, discussion du placement de l'escalier.



Image 304 : Vue des trois fosses et du support.



Image 305 : Construction de l'escalier et préparation du ferrailage.



Image 306 : Préparation du ferrailage autour des deux cadres en bois qui servent comme formes pour les sièges de toilette.



Image 307 : Des trous dans le plastique assurent la bonne liaison de la dalle avec les murs des fosses.



Image 308 : Distribution du béton.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 309 : Vue de la TDSU et de la maison de la famille bénéficiaire pendant la coulée de la dalle.



Image 310 : Le béton est lissé et compacté à l'aide d'une planche.



Image 311 : Les ouvriers en train de bétonner la dalle.



Image 312 : Le tuyau dans le béton forme le trou pour la conduite d'écoulement de la douche.



Image 313 : Construction de la 2^{ème} marche de l'escalier.



Image 314 : Construction de la 3^{ème} marche de l'escalier.



Image 315 : Coffrage pour bétonner l'escalier.



Image 316 : Escalier et dalle finalisés.

3.4.4 Superstructure

Comme les murs des fosses, les murs de la superstructure ont aussi été construits en pierres naturelles (Image 317-Image 324). Pour des raisons d'esthétique (il était prévu de ne pas appliquer des enduits extérieurs) des briques n'ont pas été utilisés dans les angles, et seulement au côté intérieur du mur pour délimiter la porte et la fenêtre (Image 325-Image 326).

Ensuite, le toit a été bétonné et couvert par un plastique (Image 327-Image 332). Les portes des fosses, la porte principale et la fenêtre ont été installés après. Le vide au-dessus des portes des fosses a été rempli d'un linteau (Image 334-Image 335).



Image 317 : Le support de la dalle reste lorsqu'on commence avec la maçonnerie de la superstructure.



Image 318 : Les murs de la superstructure sont également faits en pierres naturelles.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 319 : Des participants de l'atelier de formation s'engagent à la construction des murs.



Image 320 : Construction à l'aide de cordes de délimitation.



Image 321 : Le futur propriétaire de la TDSU.



Image 322 : Le chantier pendant la construction de la superstructure.



Image 323 : Le gros œuvre avec niche pour la fenêtre.



Image 324 : Vue latérale du gros œuvre.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 325 : Des briques sont utilisées à la face interne du mur pour former la niche de la fenêtre.



Image 326 : Les murs sont finalisés.



Image 327 : Support pour le toit.



Image 328 : Préparation du coffrage pour la toiture.



Image 329 : Application du béton.



Image 330 : Vue du support et ferrailage de la toiture.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 331 : Le toit est finalisé. La bouteille orange sert de garde-place pour la sortie de la cheminée.



Image 332 : Le toit est couvert par un plastique pour que le béton ne sèche pas trop rapidement.



Image 333 : Vue de l'entrée de la TDSU.



Image 334 : Vue de la superstructure après enlever le coffrage et installer la fenêtre. Le tuyau sert à l'évacuation des eaux de pluie.



Image 335 : La superstructure finalisée après installation des trois portes des fosses et du linteau au-dessus. Les ouvriers ont oubliés d'installer le coude pour le tuyau de ventilation.

3.4.5 Intérieur et tuyauterie

Le tuyau PVC de ventilation a été noirci et fixé entre les deux fosses fécales au moyen d'un coude 45° (Image 336-Image 339).

A l'intérieur de la TDSU les deux sièges de toilette (modèle indien) ont été placés et le carrelage posé autour (Image 340-Image 343). L'urinoir sec, le lavabo avec réservoir d'eau et le rideau de douche ont été montés (Image 344-Image 345).

Ensuite, la tuyauterie des conduites des eaux grises, de l'urine et de l'eau de nettoyage anal a été installée et branchée au filtre planté (voir sous-chapitre suivant), au réservoir d'urine (tonneau 200 l en HDPE) et au puisard (Image 346-Image 353).



Image 336 : Coude 45° prolongé avant l'installation.



Image 337 : Un seul tuyau installé entre les deux fosses suffit pour garantir la ventilation.



Image 338 : Fixation du coude.



Image 339 : Le tuyau de ventilation est installé.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 340 : Les deux refoulements pour les sièges de toilette. Les tubes visibles serviront à l'évacuation des eaux de nettoyage anal vers le puisard.



Image 341 : Préparation de l'horizontale avant la pose du carrelage.



Image 342 : Les deux sièges de toilette sont placés avant la pose du carrelage.



Image 343 : Vue des sièges après la pose du carrelage.



Image 344 : Fixation de l'urinoir adapté aux enfants.



Image 345 : L'intérieur de la salle de bain est finalisé, y compris le rideau de douche et le réservoir d'eau pour le lavabo.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 346 : Vue de la tuyauterie dans la fosse gauche.



Image 347 : Vue de la tuyauterie dans la fosse au milieu.



Image 348 : Vue de la tuyauterie dans la fosse droite.



Image 349 : Excavation du filtre (puisard) pour l'eau de lavage anal, avec des moellons comme première couche de matériau de filtre. Au-dessus, du gravier va suivre.



Image 350 : Une couche de moellons est placée à la superficie du puisard.



Image 351 : Vue du filtre planté, du réservoir d'urine et du puisard (couvert par la planche ronde).



Image 352 : Réservoir d'urine avec tuyau plongeur.



Image 353 : Le réservoir d'urine est enterré et couvert. Comme ça on peut éviter que l'urine se congèle en hiver.

3.4.6 Filtre planté pour le traitement des eaux grises

Les bénéficiaires ont choisi de placer le filtre planté directement au-dessous de la TDSU, attaché à la toilette et à l'étable (Image 354). D'abord une excavation de 2.4 x 1.2 m avec profondeur d'environ 30 cm a été creusée (Image 355). La dalle de 10 cm en béton armé a été coulée sur une couche de moellons (Image 356-Image 360). Ensuite les parois du filtre ont été construites en briques 20 x 20 x 40 cm et fixées au mur existant par des fers ronds (Image 361). La hauteur du filtre est de trois rangées de briques.

Après appliquer les enduits (Image 363 et Image 364) et installer le tuyau d'effluent (Image 366-Image 370) l'étanchéité a été testée. Finalement le matériau de filtration a été mis et les roseaux plantés (Image 371-Image 372).



Image 354 : La corde de délimitation montre le placement du filtre planté en aval de la TDSU.



Image 355 : Excavation pour le filtre. Un grand rocher ne peut pas être enlevé.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 356 : Une couche horizontale de moellons forme la base pour la fondation (dalle) du filtre planté.



Image 357 : Préparation du ferrailage pour la dalle du filtre planté.



Image 358 : Préparation du ferrailage pour la dalle du filtre planté.



Image 359 : La dalle est bétonnée.



Image 360 : Vue de la TDSU et de la dalle du filtre planté.



Image 361 : Le mur du filtre est fixé au mur existant à l'aide de fers ronds.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 362 : Vue de la dalle du filtre planté au-dessous du bâtiment de la TDSU.



Image 363 : Les murs du filtre sont construits et une première couche d'enduits est appliquée.



Image 364 : Enduisage à l'intérieur du bassin.



Image 365 : Le bassin du filtre planté et les murs autour du réservoir d'urine sont finalisés.



Image 366 : le tube de sortie avant son placement.



Image 367 : Du mortier est appliqué autour du tube.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 368 : Préparation du lait de ciment avec un peu de SikaLite.



Image 369 : Le lait de ciment étanche les parties autour du tuyau de sortie et finalise la superficie.



Image 370 : Le tuyau de sortie est intégré dans le mur du bassin.



Image 371 : Avec des planches à la zone de l'entrée, les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le placement du matériau de filtre.



Image 372 : Le filtre est finalisé. Quelques roseaux sont déjà plantés.

4. Construction du digesteur

La famille El Houari a été sélectionnée comme bénéficiaire de cette installation biogaz pour plusieurs raisons: i) disponibilité de déchets biométhanisables (bouses de 3 mulets, 5 vaches, 2 ânes, 4 veaux et une toilette à chasse d'eau utilisée par 14 personnes), ii) disponibilité d'eau iii), disponibilité d'un site pour construire l'ouvrage, iv) volonté des bénéficiaires d'accepter l'innovation technique et les changements de pratiques, comme manipulation des bouses et entretien de l'ouvrage.

Le lotissement de la famille se trouve proche du centre de la jeunesse et des femmes et est facilement accessible (Image 1, p. 4). Le terrain est légèrement incliné et le sol est partiellement rocheux (Image 377). Le digesteur méthanique à dôme hémisphérique de 30 m³ a été construit au-dessous de la maison et de l'étable, à côté de la route. Il s'agit d'un endroit ensoleillé qui permet de raccorder la toilette à l'étable par un réseau gravitaire.

Les travaux ont été initiés une semaine avant l'atelier de construction en mois de juin 2010 et finalisés en août 2010.

Les étapes de dimensionnement et de construction d'un digesteur hémisphérique sont très bien décrites dans la publication suivante :



Wauthelet, M., Amahrouch, A., & Achab, A. (1996). *Guide de construction et d'utilisation des installations biogaz*. Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ GmbH).

Télécharger le document sous forme PDF:

<http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=1534>

Ce guide a été adapté aux conditions montagneuses à Dayet Ifrah par M. Wauthelet pour le programme AGIRE en 2011 (*Guide de construction d'un digesteur de 30 m³ avec isolation thermique (pour zones montagneuses) + mode d'utilisation des installations biogaz*).

A cause de ces documents existants la discussion des images suivants est consciemment rédigé de manière succincte.

4.1 Travaux d'excavation

Pour l'installation biogaz des excavations ont été faites pour la cuve du digesteur, le bassin d'expansion et la fosse de stockage (Image 375-Image 376). Les travaux ont duré plus qu'une semaine à cause de la consistance du sol. Les ouvriers sont tombés sur un grand rocher dans la cuve centrale (Image 373-Image 374). Par la suite, l'avancement des travaux manuels a été trop lent. C'est pour cela qu'un marteau pneumatique a été organisé (Image 377-Image 382). Même à l'aide de cet outil l'élimination du rocher n'était pas facile (voir vidéo sur http://youtu.be/yOHmOP_fYSY).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 373 : Excavation pour la cuve du digesteur après une semaine de travail.



Image 374 : Stratification rocheuse du sol.



Image 375 : L'excavation rectangulaire au premier plan est prévue pour la fosse de stockage de l'effluent.



Image 376 : La petite excavation ronde est prévue pour le bassin d'expansion.



Image 377 : Aperçu du chantier et de la maison de la famille bénéficiaire.



Image 378 : Compresseur pour le marteau pneumatique.



Image 379 : Utilisation du marteau pneumatique pour l'élimination du rocher.



Image 380 : Travaux d'excavation à l'aide du marteau pneumatique.



Image 381 : Travaux d'excavation à l'aide du marteau pneumatique.



Image 382 : Le rocher est finalement éliminé.

4.2 Fabrication des blocs de béton

Des blocs de béton ont été utilisés parce qu'ils coûtent moins chers que les briques rouges cuites. Les blocs ont été fabriqués sur place à l'aide de moules métalliques munis de 2 poignées (Image 383-Image 387). Quatre moules de dimensions de 20 x 10 x 7 cm sont soudés ensemble pour accélérer la fabrication des blocs (Image 384). Pour la fabrication des blocs en béton le gravier doit être composé de petites pierres concassées d'un diamètre maximal de 15 mm.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 383 : Préparation du béton pour la fabrication des blocs.



Image 384 : Le maçon démontre l'utilisation des moules à briques.



Image 385 : Les garçons s'engagent à fabriquer des blocs.



Image 386 : Vue des blocs fraîches.



Image 387 : Blocs de béton prêts.

4.3 Radier et centre de la cuve

Sur le fond de la cuve un radier a été bétonné (Image 388). Au centre, un clou a été placé dans un mur provisoire de 2 briques d'épaisseur (croisées) pour marquer le centre de la cuve. Pour construire un mur sphérique une baguette de mesure a été confectionnée d'un tuyau PVC (Image 389-Image 390, Image 396-Image 397). En utilisant cette baguette une première rangée sphérique de briques a été posée sur le radier (Image 391). Ensuite, une couche d'environ 7 cm de béton a été posée sur le fond de la cuve (Image 392-Image 393).



Image 388 : Bétonnage du fond (radier) de la cuve.



Image 389 : Définition du centre du dôme de la cuve.



Image 390 : Un mur provisoire de 2 briques d'épaisseur fixe le clou qui définit le centre du dôme. La baguette de mesure est à l'horizontale. Elle est utilisée pour construire le mur sphérique du dôme.



Image 391 : La première rangée de blocs est posée autour de la cuve à l'aide de la baguette de mesure.



Image 392 : Préparation du béton pour le radier.



Image 393 : Une couche de 7 cm de béton est posée sur le fond de la cuve.

4.4 Construction du dôme hémisphérique

A l'aide de la baguette de mesure, les premières rangées de briques ont été posées. Pour former un dôme hémisphérique le dessus des briques doit toujours être parallèle à la baguette (Image 407, Image 417-Image 418). Le processus de la pose des briques et de l'utilisation de la baguette est démontré dans Image 396-Image 403. Une vidéo est disponible sous le lien http://youtu.be/nVdR66wk_3o.

Après la 5^{ème} rangée de briques, la buse du bassin d'expansion a été placée (Image 395, Image 404-Image 406, Image 697, Annexe A.1). La buse d'alimentation a été posée plus tard, à un niveau plus haut (Image 409-Image 410).



Image 394 : Construction des premières rangées de briques. La buse du bassin d'expansion est déjà posée.



Image 395 : Vue de la buse du bassin d'expansion. La buse est fixée par un piquet au centre du bassin d'expansion.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 396 : Mur et baguette de mesure au centre de la cuve du digesteur.



Image 397 : Positionnement radial des blocs à l'aide de la baguette de mesure. Il faut bien remplir les joints de mortier.



Image 398 : Une couche de mortier est posée.



Image 399 : La brique est posée et enfoncée dans le mortier.



Image 400 : Avant la pose de la brique du mortier est appliqué sur son côté épaisseur x largeur pour bien remplir les joints.



Image 401 : La brique est placée à l'aide de la baguette de mesure. La baguette est à la perpendiculaire de la longueur de la brique. Le dessus de la brique est toujours parallèle à la baguette.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 402 : Pose d'un bloc sur le mortier. Les joints sont décalés par rapport à la rangée précédente.



Image 403 : Utilisation de la baguette de mesure pour bien placer le bloc.



Image 404 : Le chantier pendant la construction de la cuve centrale.



Image 405 : Vue de la buse du bassin d'expansion et de la cuve du digesteur.



Image 406 : Vue de la buse du bassin d'expansion et du centre du digesteur.



Image 407 : Le dessus des briques est toujours parallèle à la baguette de mesure, ce qui forme le dôme hémisphérique.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 408 : La cuve du digesteur en construction.



Image 409 : La buse d'alimentation est posée. Une couronne de mortier est faite sur le raccordement de la buse du bassin d'expansion au mur de briques.



Image 410 : La buse d'alimentation est posée et arrimée à l'aide d'un piquet et une corde.



Image 411 : Vue de la buse d'alimentation et du chantier de la station biogaz.

Les briques ont été montées jusqu'à obtenir un trou d'homme au sommet (Image 412-Image 422). Les dernières rangées sont posées de l'extérieur du digesteur, et l'emploi de contrepoids est nécessaire pour retenir les briques (Image 416). La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose (Image 417-Image 418). Après l'application d'un enduisage à l'extérieur, l'espace compris entre le mur de briques de la cuve et la paroi du trou a été remblayé partiellement (Image 413).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 412 : Le radier du fond du bassin d'expansion est posé.



Image 413 : Enduisage et remblaiement de terre autour du dôme du digesteur.



Image 414 : Vue du dôme en construction.



Image 415 : La buse et le radier du bac d'alimentation sont préparés.



Image 416 : Pour les dernières rangées, l'emploi de contrepoids est nécessaire pour retenir la première brique d'une rangée et l'avant-dernière qui vient d'être placée.



Image 417 : Les dernières rangées sont posées de l'extérieur du digesteur. La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 418 : Pose des rangées supérieures de briques. La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.



Image 419 : Le bac d'alimentation et le dôme du digesteur en construction.



Image 420 : Les briques sont montées jusqu'au sommet. Un trou d'homme est maintenu.



Image 421 : Le dôme du digesteur sans couronne.



Image 422 : Vue de la cuve centrale avec les buses d'alimentation et de sortie.

4.5 Pose des enduits à l'intérieur du digesteur

Dans la cuve centrale du digesteur un enduit d'1 cm d'épaisseur (mortier + 1 kg de SikaLite par 50 kg de ciment) a été posé sur toutes les surfaces, y compris le fond (Image 425). Préalablement, des restes de mortier ont été enlevés des murs à l'aide d'un marteau (Image 424) et les surfaces ont été humidifiées. Le jour même, une seconde couche d'enduit d'1 cm d'épaisseur a été posée (Image 426). Les buses avaient été enduitées déjà avant leur pose (Image 428).

Dans la partie supérieure interne du dôme (au-dessus du niveau des buses) et jusqu'au niveau du couvercle, 2 couches de finition de lait de ciment (avec du SikaLite) ont été placées. 3 couches de goudron (Flinkote) ont également été appliquées sur cette partie quand elle était sèche.

Dans le bac d'alimentation, le bassin d'expansion et la fosse de stockage un enduit a également été posé (voir sections 4.6, 4.8 et 4.11 pour détails).

Une vidéo enregistré à l'intérieur de la cuve après la pose des enduits est disponible sous le lien http://youtu.be/tu_agPCc1-0.



Image 423 : Echelle pour entrer le digesteur.



Image 424 : Préparation des surfaces dans la cuve centrale avec un marteau avant de poser l'enduit.



Image 425 : Pose de la première couche d'enduit.



Image 426 : La deuxième couche d'enduit est posée.



Image 427 : Dans la cuve centrale du digesteur.



Image 428 : Buse de sortie vue de l'intérieur du digesteur.

4.6 Construction du bac d'alimentation et de la conduite des eaux usées

Pour le bac d'alimentation une dalle rectangulaire a d'abord été bétonnée sur 10 cm d'épaisseur en assurant une pente minimale de 3% vers la buse. Ensuite, les murs du bac avec 2 compartiments ont été montés (Image 429-Image 430, Image 436). Un trou a été aménagé entre les deux compartiments du bac (Image 439).

Le 1^{er}, plus grand compartiment sert à mélanger les bouses avec de l'eau pour former un mélange homogène. Pour ce faire, le trou prévu entre les deux parties du bac d'alimentation sera bouché par une pierre entourée d'un chiffon ou par une petite planche. Un grillage en fer peut être posé dans le trou pour retenir la matière non biodégradable et des déchets solides.

Le 2^{ème} compartiment est lié à la buse d'alimentation tel qu'on y peut facilement introduire une perche en bois pour débloquer (Image 437).

Le tuyau d'écoulement des eaux usées de la maison a été posé dans une tranchée (Image 432-Image 434) et connecté à la buse d'alimentation dans le 2^{ème} compartiment du bac d'alimentation (Image 435-Image 436).

Une couche d'enduit d'1.5 cm d'épaisseur et un lait de ciment en finition ont été posés (Image 436 et Image 439). Le bac d'alimentation a finalement été recouvert d'une dalle afin d'éviter l'émission des odeurs.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 429 : Le bac d'alimentation en construction.



Image 430 : Un enduit est posé dans le bac d'alimentation.



Image 431 : Vue globale du chantier.



Image 432 : Tranchée pour la conduite des eaux usées de la maison.



Image 433 : La conduite des eaux usées est posée sur une couche de sable.



Image 434 : Vue du digesteur et de la tranchée pour la conduite.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 435 : L'arrivée des eaux usées est connectée à la buse d'alimentation.



Image 436 : Une couche d'enduit est posée.



Image 437 : Compartiment avec la buse d'alimentation et la conduite des eaux usées.



Image 438 : Vue de la pente vers la buse d'entrée.



Image 439 : Du lait de ciment est posé comme finition.

4.7 Installation de la tuyauterie de gaz

La tuyauterie de gaz a été installée entre le digesteur et la maison pour alimenter la cuisine en biogaz (Image 441). Le tube en acier galvanisé a partiellement été posée dans la même tranchée que la conduite d'écoulement (Image 440). Une vanne à bille a été placée à la sortie du couvercle du digesteur et une seconde à l'entrée de la cuisine afin de tester l'étanchéité et d'assurer la sécurité. Un regard du piège à eau a été construit au niveau du point bas de la tuyauterie (près de la cuve centrale) pour pouvoir évacuer l'eau de condensation (Image 443). Section 4.12 décrit le raccordement du couvercle sur le digesteur et du manomètre à eau dans la cuisine.



Image 440 : La tuyauterie galvanisée est placée dans la tranchée de la conduite des eaux usées.



Image 441 : La conduite entre dans la maison.



Image 442 : Tout les raccords sont munis de Teflon pour garantir l'étanchéité parfaite.



Image 443 : Construction d'un regard à l'aide d'un seau.

4.8 Construction du bassin d'expansion

Comme la cuve centrale, le bassin d'expansion (ou bassin de compensation) est aussi construit sous la forme d'un dôme hémisphérique. D'abord, le radier a été bétonné (10 cm) sur une couche de moellons (hérissonnage). Pour marquer le centre du radier, un clou a été enfoncé dans le béton. Une baguette de mesure a été confectionnée pour monter les rangées de briques comme dans la cuve du digesteur (Image 444-Image 446). Le trou d'homme de 60 cm au sommet du dôme doit être exactement situé dans l'axe de la buse de sortie de la cuve centrale, tel qu'on y peut facilement introduire une perche en bois pour déboucher la sortie du digesteur. Un tuyau de sortie en PVC a été installé avec une pente de 3% pour conduire les effluents vers la fosse de stockage (Image 447).

Enduit extérieur (couche de béton) et remblaiement se faisaient comme précédemment avec la cuve centrale. Dans le bassin d'expansion, une couche d'enduit d'1.5 cm et du lait de ciment en finition ont été posés. Dans le fond du bassin le mortier a été posé de sorte qu'il y ait une pente de 2% vers la buse.



Image 444 : Vue du chantier. Le bassin d'expansion est en construction.



Image 445 : Le bassin d'expansion est construit comme le digesteur à l'aide d'un clou au centre et une baguette de mesure.



Image 446 : Les rangées de briques sont montées jusqu' à obtenir un trou au sommet de 60 cm de diamètre. Une couche de béton est posée à l'extérieur.



Image 447 : Le dôme du bassin d'expansion est finalisé et remblayé par couches successives de terre. Le tuyau de sortie est placé.

4.9 Isolation du digesteur et du bassin d'expansion

Afin d'atténuer la variation de température dans le digesteur et de maximiser la production de biogaz en hiver, les parties supérieures externes des deux cuves hémisphériques ont été isolées. Le matériau utilisé est un mélange d'argile et de paille (2:1) bien arrosé (Image 448-Image 449, Image 693, Annexe A.1). Après sa pose autour des dômes, la couche isolante de 10 à 15 cm d'épaisseur a été couverte par un plastique pour empêcher le séchage (Image 450-Image 453).



Image 448 : Arrosage du mélange d'argile et de paille.



Image 449 : Argile et paille sont soigneusement mélangées.



Image 450 : Une couche isolante d'argile et de paille est posée sur la surface extérieure du digesteur.



Image 451 : Vue prise de près.



Image 452 : Une couche du matériau est aussi posée sur les parois du bassin d'expansion. La couverture avec une bâche en plastique empêche le séchage de l'argile.



Image 453 : Couche d'isolation en argile et paille.

4.10 Construction de la couronne de couvercle

Deux rangées de briques ont été montées verticalement au-dessus du dôme du digesteur, le côté largeur-épaisseur face au centre du cercle. La 3^{ème} rangée de briques a été montée avec le côté longueur-épaisseur face au centre. Enfin, les 2 dernières rangées ont été mises avec le côté longueur-largeur face au centre du cercle pour former une marche (Image 454 et Image 458). La couronne a été relié au dôme du digesteur par une couche de mortier derrière les briques (Image 457). Un enduit a été posé sur le parois extérieur (Image 456). La finition à l'intérieur de la couronne ainsi que la pose du couvercle sont décrites dans la section 4.12.



Image 454 : La couronne de couvercle est construite de plusieurs rangées de briques.



Image 455 : Vue de la couronne et du bac d'alimentation.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 456 : Le chantier pendant la construction de la couronne de couvercle et du bassin d'expansion.



Image 457 : Vue du digesteur avec la couronne de couvercle.



Image 458 : Une personne peut toujours descendre dans la cuve par la couronne de couvercle.



Image 459 : Les deux dômes hémisphériques sont construits.

4.11 Construction de la fosse de stockage des effluents

Pour stocker les effluents une fosse a été construite. Au-dessus d'une dalle en béton armé 4 rangées de briques en béton (20 x 20 x 40 cm) ont été montées (Image 460-Image 463). Le tuyau d'entrée a été soigneusement enlié avec du mortier étanche (Image 464). Après poser l'enduit pour étancher la fosse, un couvercle en béton armé a été coulé (Image 465-Image 467). Une ouverture a été prévue pour la vidange des effluents par une louche (Image 468).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 460 : Le radier de la fosse de stockage des effluents est posé.



Image 461 : Construction des parois de la fosse.



Image 462 : Le tuyau d'entrée est branché.



Image 463 : La fosse de stockage en construction.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 464 : Le branchement du tuyau d'entrée est fait avec du mortier étanche.



Image 465 : Préparation du coffrage et ferrailage pour le couvercle de la fosse de stockage.



Image 466 : Le couvercle en béton armé est coulé.



Image 467 : Le couvercle en béton armé est coulé.



Image 468 : Ouverture pour la vidange des effluents digérées.

4.12 Installation du couvercle et mise en service du digesteur

Un moule était nécessaire pour la fabrication du couvercle du digesteur (Image 469). Il avait été préparé par un soudeur local. Dans ce moule, le couvercle a été coulé, avec 4 poignées et au centre un tuyau galvanisé (Image 470).

Dans la couronne, un enduit de 2 cm a été placé et le cône destiné à recevoir le couvercle a été formé (Image 471). Ensuite, le couvercle a été posé sur un lit de 2 cm d'épaisseur d'argile. Celle-ci a été mélangée à un peu de chaux, de ciment et d'eau pour former une pâte onctueuse (Image 472-Image 474). Des moellons ont été posés sur le couvercle et de l'eau a été versée (Image 475). Enfin, une couche d'huile de vidange a été couverte pour éviter l'évaporation excessive de l'eau.

Le tuyau galvanisé a été raccordé à la conduite de biogaz vers la cuisine. Un manomètre à eau fabriqué à l'aide d'un tuyau transparent a été installé dans la cuisine pour connaître les pressions et donc les quantités de biogaz disponibles (Image 476). La conduite de gaz a finalement été raccordée à une cuisinière adaptée au biogaz.

Après le séchage complet et le remblaiement de tout le digesteur par couches successives de terre, l'étanchéité de l'ouvrage a été testée (en remplissant de l'eau et vérifiant le niveau après 24 h). En fin de compte, le digesteur a été mis en service (Image 477). Image 478-Image 480 montrent l'installation finalisée.



Image 469 : Moule du couvercle avec deux poignées.



Image 470 : Couvercle du digesteur avec quatre poignées et tuyau galvanisé.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 471 : Finition de la surface intérieure de la couronne de couvercle (mortier étanche et lait de ciment).



Image 472 : Application d'un lit d'argile (avec un peu de chaux, ciment et eau) sur le cône du couvercle.



Image 473 : Pose du couvercle.



Image 474 : Le couvercle est bien tassé dans la couronne.



Image 475 : La conduite de gaz est branchée. Des moellons sont posés sur le couvercle et de l'eau est versée. De l'huile de vidange peut être versée sur l'eau pour réduire l'évaporation.



Image 476 : Installation d'un manomètre à eau dans la cuisine.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 477 : Première alimentation du digesteur.



Image 478 : Vue globale du digesteur finalisé. Il manque encore le couvercle du bassin d'expansion.



Image 479 : Vue globale du digesteur finalisé.



Image 480 : Les couvercles du bassin d'expansion et du regard de la conduite de gaz sont posés.

5. Construction du filtre planté

L'école centrale et la mosquée adjacente à Dayet Ifrah (Image 1, p. 4) rejettent une quantité importante d'eaux usées (estimée à environ 1 m³ par jour). Dans la situation initiale, ces eaux avaient été infiltrées dans des puits perdus, mettant en danger la qualité des eaux souterraines.

Afin de mitiger le risque de pollution de la nappe phréatique et de valoriser et réutiliser la ressource eau la construction d'un système d'épuration des eaux usées a été proposé pour l'école et la mosquée centrale à Dayet Ifrah. La filière de traitement proposée se compose d'un digesteur-décanteur (étape de prétraitement) et d'un filtre planté (ou filtre végétalisé) horizontal. Ce système permet d'épurer non seulement les eaux grises mais aussi les eaux noires produites par les deux bâtiments publics.

Le digesteur et le filtre planté ont été mis en place au-dessous de l'école centrale de Dayet Ifrah (Image 481). Un égout a été construit pour raccorder l'école et la mosquée voisine (Image 482) au système de traitement. Les eaux épurées peuvent être utilisées pour l'irrigation du jardin de l'école. Un *Guide de dimensionnement, de construction et de fonctionnement d'un filtre végétalisé* a été rédigé par M. Wauthelet pour le programme AGIRE en 2011. A cause de ce document existant la discussion des images suivantes est consciemment rédigé de manière succincte.



Image 481 : La cour inutilisée de l'école – site choisi pour le filtre planté.



Image 482 : La mosquée centrale de Dayet Ifrah dont les eaux usées seront aussi épurées dans le filtre planté.

5.1 Construction de l'égout

Pour la tuyauterie des eaux usées brutes des tubes PVC 110 mm ont été utilisés (Image 488). Les conduites ont été installées à une pente minimale de 2% et une profondeur de plus de 60 cm (risques de gel).

Les tuyaux ont été placés dans des tranchées (Image 483-Image 484, Image 497) et connectés en utilisant de la colle PVC pour éviter toutes fuites. Ensuite, ils ont été enrobés d'une couche de 10 cm de sable stabilisé au ciment (Image 492-Image 493, Image 500) et remblayé de sable et de terres tamisées. En dessous d'un passage de voitures et camions les tubes ont été entourés d'un béton armé sur une épaisseur de 10 cm (Image 487).

Une chambre de visite permet des connections de plusieurs conduites, des modifications de trajets (angles importants) et des nettoyages des conduites si nécessaire. Une telle chambre a été implantée au-dessous de la mosquée et couverte de dalle amovible en béton armé (Image 489-Image 491).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 483 : Travaux d'excavation pour la conduite des eaux usées de la mosquée vers le filtre planté.



Image 484 : Tranchée pour le tuyau des eaux usées.



Image 485 : La conduite passe au-dessous du mur de la cour de l'école.



Image 486 : Le puits perdu de la mosquée, où la conduite sera raccordée. Le trou et la rigole visible au mur est la sortie des eaux grises.



Image 487 : Le tuyau PVC est enrobé de sable stabilisé au ciment ou au béton armé (sous route).



Image 488 : Le tuyau PVC 110 mm est placé dans la tranchée.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 489 : Chambre de visite coffrée (à l'angle de 2 conduites).



Image 490 : Chambre de visite finalisée.



Image 491 : La chambre de visite est couverte d'une dalle amovible en béton armé.



Image 492 : Le tuyau des eaux usées est enrobé d'une couche de sable stabilisé au ciment. Le tuyau vertical est prévu pour un futur branchement de la maison à droite.



Image 493 : La conduite passe par le mur de la cour de l'école.



Image 494 : Arrivée du tuyau des eaux usées de la mosquée au site du prétraitement.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 495 : Chambre de visite existante près de la borne-fontaine de l'école.



Image 496 : Vue du chantier pendant les travaux d'excavation.



Image 497 : Préparation de la tranchée pour la conduite des eaux usées de l'école.



Image 498 : Le tuyau de l'école arrivera aussi au site de prétraitement.



Image 499 : Arrivée des tuyaux d'eaux usées de la mosquée et de l'école.



Image 500 : Le tuyau PVC est enrobé d'une couche de sable stabilisé au ciment.

5.2 Construction du digesteur (pour prétraitement)

Un prétraitement est nécessaire pour pouvoir traiter des eaux noires dans le filtre planté. A Dayet Ifrah un digesteur-décanteur a été prévu pour liquéfier les matières solides et pré-digérer les matières organiques contenues dans les eaux usées.

Un petit digesteur de 4 m³ et un bassin d'expansion ont été installés comme étape de prétraitement (au lieu d'une fosse septique) selon le mode de construction des digesteurs (voir section 4). Alors que les quantités de gaz de fermentation produites dans ce digesteur seront relativement faibles, il a été décidé de prévoir un raccordement pour une éventuelle utilisation.



Image 501 : Excavation de la cuve du digesteur.



Image 502 : Dalle de fond (radier) du digesteur.



Image 503 : Un mur provisoire de 2 briques d'épaisseur fixe le clou qui définit le centre du dôme. Les premiers blocs sont posés autour de la cuve.



Image 504 : Construction des premières rangées de briques.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 505 : La buse d'alimentation venant de l'école est posée. Le tuyau à gauche est la buse du bassin d'expansion.



Image 506 : La buse d'alimentation venant de la mosquée est aussi posée.



Image 507 : Vue du dôme du digesteur en construction.



Image 508 : Construction du dôme du digesteur.



Image 509 : Pour les dernières rangées, l'emploi de contrepoids est nécessaire.



Image 510 : La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 511 : Régalage du site du bassin d'expansion.



Image 512 : Le radier du fond du bassin d'expansion est posé.



Image 513 : Vue du chantier dans la cour de l'école. Le dôme du digesteur est partiellement remblayé.



Image 514 : Le bassin d'expansion est construit comme le digesteur à l'aide d'un clou au centre et une baguette de mesure.



Image 515 : Les rangées de briques sont montées jusqu'à obtenir un trou au sommet de 60 cm de diamètre. Une couche de béton est posée à l'extérieur.



Image 516 : Préparation de la conduite du bassin d'expansion au filtre.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 517 : Lait de ciment pour l'enduit à l'intérieur du digesteur et du bassin d'expansion.



Image 518 : Application du lait de ciment à l'intérieur du bassin d'expansion.



Image 519 : Sortie des eaux prétraitées du bassin d'expansion.



Image 520 : Construction de la couronne de couvercle du digesteur à l'aide d'un fil à plomb centré.



Image 521 : Vue du chantier pendant la construction de la couronne de couvercle.



Image 522 : Pose des dernières rangées de briques de la couronne.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 523 : Un enduit extérieur est appliqué sur le digesteur et la couronne de couvercle.



Image 524 : Digesteur et bassin d'expansion après séchage (juillet 2010).



Image 525 : Arrosage du mélange d'argile et de paille.



Image 526 : Le mélange paille-argile.



Image 527 : Une couche isolante d'argile et de paille est posée sur la surface extérieure du digesteur.



Image 528 : Pose de la couche isolante sur le bassin d'expansion. Un plastique couvre l'isolation du digesteur pour éviter son séchage.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 529 : Le moule du couvercle est utilisé pour former le cône destiné à recevoir le couvercle.



Image 530 : Le tuyau galvanisé avec vanne à bille et piège à eau est posé.



Image 531 : Couvercle du digesteur avec quatre poignées et tuyau galvanisé.



Image 532 : Pose du couvercle.



Image 533 : Un regard du piège à eau est construit à côté du digesteur, ainsi que la protection de la conduite des eaux pré-digérées vers le filtre.

5.3 Construction du filtre végétalisé

Cette section décrit la réalisation du filtre proprement dit. Le filtre végétalisé se compose d'un bassin étanche de 10 x 5 m (50 m²), de graviers ronds et de plantes aquatiques (héliophytes comme Arundo Donax).

A cause du terrain incliné il était nécessaire de terrasser le site (Image 534-Image 535). Pour cela un mur de soutènement a été construit à la partie inférieure sur une fondation en béton (Image 536-Image 538). Il s'agit alors d'un bassin installé partiellement hors sol. Le terrassement a été finalisé par une couche de pierres concassées (Image 539-Image 542).



Image 534 : Travaux d'excavation pour la fondation du bassin du filtre végétalisé.



Image 535 : Site préparé pour le bassin du filtre.



Image 536 : Fondations du filtre végétalisé.



Image 537 : Mur de soutènement du filtre végétalisé.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 538 : Construction du mur de soutènement en pierres naturelles.



Image 539 : Terrassement du site.



Image 540 : Vue du chantier pendant le terrassement du site du filtre planté.



Image 541 : Pose d'une couche de pierres concassées.



Image 542 : Finalisation du terrassement par une couche de pierres concassées.



Image 543 : Les participants de l'atelier de construction aident à préparer des fers à béton pour la dalle du filtre planté.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Ensuite, une dalle horizontale en béton armé (10 cm d'épaisseur) a été coulée comme fond du bassin (Image 543-Image 553). Simultanément, la 1^{ère} rangée de briques a été posée (Image 547-Image 553). Les parois ont été montées à l'aide de blocs en béton remplis de mortier. Car des remblais ne pouvaient pas être ajoutés autour du bassin il fallait renforcer les parois (et surtout les angles) par des fers à béton de 8 mm, et ce à chaque niveau de briques (Image 558).



Image 544 : Placement des fers ronds pour la dalle horizontale en béton armé.



Image 545 : Vue de la fondation du filtre avant de couler la dalle.



Image 546 : Vue du chantier avant de bétonner la dalle.



Image 547 : Pose de béton au bord du filtre pour la première rangée de briques.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 548 : Pose de béton au bord du filtre.



Image 549 : Pose de la première rangée de briques.



Image 550 : Pose de la dalle de fond. Simultanément la première rangée de briques est posée par les participants de l'atelier de construction.



Image 551 : Pose de la dalle de fond du filtre végétalisé.



Image 552 : Le chantier pendant la pose de la dalle du filtre planté.



Image 553 : Raccordement au digesteur-décantateur.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 554 : Pose de la 2^{ème} rangée de briques des parois du filtre.



Image 555 : Les parois sont montées à l'aide de blocs en béton remplis de mortier.



Image 556 : Construction des parois du filtre planté.



Image 557 : Application d'enduits sur les parois externes.



Image 558 : Renforcement des angles par des fers à béton de 8 mm à chaque niveau de briques.



Image 559 : Le bassin du filtre en construction.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 560 : Le bassin est construit.



Image 561 : Une première couche d'enduits a été appliquée sur les parois internes et externes du bassin (juillet 2010).

Du côté intérieur et sur le sommet du muret, un enduit d'étanchéité (enduit de 2 cm d'épaisseur avec SikaLite et couche de bitume) a ensuite été posé (Image 562-Image 563).



Image 562 : Préparation d'un mortier d'étanchéité (avec du SikaLite) pour les enduits.



Image 563 : Pose d'un enduit d'étanchéité sur les parois internes et sommets des murets. Construction de la protection de la conduite du digesteur au filtre.

À la sortie du filtre une chambre de visite (regard étanche) a été prévue pour y placer un coude et un tuyau vertical de 110 mm (Image 564). Cette chambre permet d'ajuster le niveau d'eau dans le filtre planté (Image 582). Un mur de protection de la conduite du digesteur au filtre a également été construit (Image 565-Image 567).

Avant de poser les graviers un plastique a été placé sur le fond du bassin (géomembrane PEHD) pour protéger les couches d'enduit (Image 566-Image 567). Le tuyau de sortie (drain) équipé d'un tube horizontal percé a été placé à 10 cm du fond pour collecter les eaux (Image 568-Image 569). Le tuyau est muni de reniflards pour faciliter l'aération de la zone de drainage (Image 577).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 564 : Construction de la chambre de visite à la sortie du filtre.



Image 565 : La conduite du digesteur au filtre est posée. La chambre de visite à la sortie est faite.



Image 566 : Placement d'un plastique au fond du bassin.



Image 567 : Le mur de protection de la conduite est muni de drains pour l'eau de pluie.



Image 568 : Tuyau de sortie (drain) des eaux avant son placement dans le bassin.



Image 569 : Installation du drain à la sortie du filtre.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah

Le bassin a été rempli d'eau et de graviers de 5 à 10 mm de diamètre et sur une hauteur de 60 cm (Image 570-Image 571, Image 575-Image 576). Des côtés entrée et sortie et sur 50 cm de longueur, des gros graviers (tailles mélangées de 2 à 10 cm de diamètre) permettent une bonne répartition des eaux (Image 579-Image 581).

Le tube d'alimentation (d'entrée) des eaux, également un tube percé, a été installé à l'horizontale à 50 cm au-dessus de la dalle du fond pour répartir les eaux sur toute la largeur du bassin (Image 573-Image 574, Image 579-Image 581).

Finalement les heliophytes ont été plantés dans le filtre (Image 578 et Image 586) et des remblais ont été tassés autour du digesteur et des conduites (Image 587).



Image 570 : Placement des graviers dans le bassin.



Image 571 : Placement des graviers.



Image 572 : Préparation des tuyaux d'alimentation et de sortie.



Image 573 : Tuyau d'alimentation avant son placement.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 574 : Le tuyau d'alimentation est placé.



Image 575 : Vue globale du chantier avancé.



Image 576 : Distribution des graviers dans le bassin.



Image 577 : Le drain est muni de reniflards.



Image 578 : Plantation du filtre. Des côtés entrée et sortie des gros graviers (moellons) ont été posés.



Image 579 : Ajustement du tuyau d'alimentation.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 580 : Placement des galets à l'entrée du filtre.



Image 581 : Le tuyau d'alimentation est ajusté à l'horizontale.



Image 582 : Chambre de visite à la sortie des eaux épurées. En changeant la position (l'angle) du tuyau vertical le niveau d'eau dans le filtre peut être ajusté.



Image 583 : Vue latérale du filtre végétalisé.



Image 584 : Vue de la station d'épuration avant d'ajouter des remblais.



Image 585 : Vue finale du côté sortie du filtre planté.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 586 : Vue finale du filtre végétalisé à Dayet Ifrah.



Image 587 : Remblaiement du digesteur et des conduites.

6. Jardins pédagogiques d'essai et de démonstration

Pendant l'atelier de construction des petits jardins de démonstration ont été initiés sur le terrain de chaque bénéficiaire des toilettes sèches. Malheureusement l'auteur n'avait pas accès à la documentation (photographique) du développement de ces jardins après l'atelier. Le présent reportage montre alors seulement les images prises pendant la phase de construction des ouvrages, qui se limitent au jardin pédagogique de famille Jane.

6.1 Famille Jane

Une partie du jardin de la famille a été fertilisée avec de l'urine (Image 588 et Image 590), tandis qu'une autre restait sans engrais. Ensuite des pommes de terre ont été plantées.

Image 591 et Image 592 montrent le jardin un peu plus qu'un mois après la fertilisation. On voit que les pommes de terre ont poussé beaucoup plus où l'urine avait été appliquée. Sur la zone non-fertilisée les pommes de terre ont aussi poussé mais elles sont beaucoup plus petites.



Image 588 : Préparation d'une bouteille pour la fertilisation avec de l'urine.



Image 590 : Fertilisation d'une partie du jardin avec de l'urine.



Image 589 : Vue du jardin peu après la fertilisation.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 591 : Vue du jardin un peu plus qu'un mois après la fertilisation. On voit que les pommes de terre sur la terre fertilisée avec de l'urine (à gauche en bas) ont poussé beaucoup plus que celles sur la terre non-fertilisée (en arrière).



Image 592 : Vue 2 du jardin un peu plus qu'un mois après la fertilisation. On voit que les pommes de terre sur la terre fertilisée avec de l'urine (en arrière) ont poussé beaucoup plus que celles sur la terre non-fertilisée (à l'avant).

7. Atelier de formation sur les installations ecosan

7.1 Partie théorique : présentations

Pendant la phase de construction des ouvrages plusieurs formations théoriques ont eu lieu dans le centre de la jeunesse et des femmes à Dayet Ifrah. Dans le cadre du démarrage de la construction de la première TDSU (celle de famille Ferhaoui) en décembre 2009 une première formation de la population locale sur l'assainissement écologique et la construction des TDSU a été effectuée (Image 593-Image 596). Pendant l'atelier de construction des présentations sur des aspects théoriques, techniques et pratiques ont eu lieu d'un côté pour deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture (Image 597-Image 614), et de l'autre côté pour les maçons et ouvriers, les bénéficiaires et la population intéressée locale (Image 615-Image 620).



Image 593 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.



Image 594 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.



Image 595 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.



Image 596 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 597 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 598 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 599 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 600 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 601 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 602 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 603 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 604 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 605 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 606 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 607 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 608 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 609 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 610 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 611 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.



Image 612 : Evaluation du programme de l'atelier.



Image 613 : Remise des certificats.



Image 614 : Un groupe de participants présente les certificats.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 615 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.



Image 616 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.



Image 617 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.



Image 618 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.



Image 619 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.



Image 620 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.

7.2 Partie pratique : visite des chantiers

D'une manière rotative les participants de l'atelier assistaient aux travaux de construction sur les différents chantiers. Cette partie pratique permettait d'initier les participants aux techniques de construction des installations d'assainissement écologique dans le milieu rural.



Image 621 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 622 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 623 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 624 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 625 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 626 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 627 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).



Image 628 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).



Image 629 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).



Image 630 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 631 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).



Image 632 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).



Image 633 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).



Image 634 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).



Image 635 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 636 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 637 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 638 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 639 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 640 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 641 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 642 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 643 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 644 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 645 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 646 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 647 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 648 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 649 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).



Image 650 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 651 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 652 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 653 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 654 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 655 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 656 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 657 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 658 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 659 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 660 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 661 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).



Image 662 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).



Image 663 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).

7.3 Evènements sociaux

Ce chapitre documente la partie sociale de l'atelier de formation et de construction. L'apothéose était la fête de fin de l'atelier, pour laquelle les villageois avaient préparé plusieurs moutons rôtis en broche (Mechoui).



Image 664 : Repas en plein air pendant l'atelier.



Image 665 : Repas en plein air pendant l'atelier.



Image 666 : Les participants jouent au football avec les enfants du village.



Image 667 : Les participants jouent au football avec les enfants du village.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 668 : Fête de fin de l'atelier.



Image 669 : Fête de fin de l'atelier.



Image 670 : Fête de fin de l'atelier.



Image 671 : Fête de fin de l'atelier.



Image 672 : Fête de fin de l'atelier.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 673 : Fête de fin de l'atelier.



Image 674 : Fête de fin de l'atelier.



Image 675 : Fête de fin de l'atelier.



Image 676 : Fête de fin de l'atelier.



Image 677 : Fête de fin de l'atelier.



Image 678 : Fête de fin de l'atelier.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 679 : Fête de fin de l'atelier.



Image 680 : Fête de fin de l'atelier.



Image 681 : Fête de fin de l'atelier.



Image 682 : Fête de fin de l'atelier.



Image 683 : Fête de fin de l'atelier.



Image 684 : Fête de fin de l'atelier.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 685 : Fête de fin de l'atelier.



Image 686 : Fête de fin de l'atelier.

Annexe

A.1 Matériaux de construction

Les photos suivantes montrent des différents matériaux de construction utilisés dans le projet pilote à Dayet Ifrah, auxquels est fait référence dans les chapitres principaux de ce document.



Image 687 : Sable de mauvaise qualité (haute teneur d'argile et taille du grain inhomogène).



Image 688 : Sable de mauvaise qualité (haute teneur d'argile).



Image 689 : Sable propre (sans argile) mais avec taille du grain inhomogène. Cette qualité de sable est bonne pour faire du béton, mais pour faire des enduits il faut la tamiser.



Image 690 : Dépôt de sable, gravier et briques.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 691 : Gravier concassé.



Image 692 : Dépôt de gravier concassé.



Image 693 : Argile (sèche) et paille pour isoler le digesteur.



Image 694 : Sable jaune, utilisé surtout pour les enduits du digesteur (?).



Image 695 : Pierres naturelles utilisées pour la construction de la toilette de famille Khaled.



Image 696 : Chaux de mauvaise qualité.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 697 : Buses en béton de mauvaise qualité (cassées durant le transport).



Image 698 : Ciment blanc CPJ 55.



Image 699 : Ciment Portland CPJ 45. CPJ 45 sèche plus vite que CPJ35.



Image 700 : Briques (blocs) en béton 20 x 15 x 40 cm.



Image 701 : Mauvaise qualité des briques (béton trop faible).



Image 702 : Trois sortes de briques (blocs) : 20 x 10 x 40 cm, 20 x 15 x 40 cm, et 20 x 20 x 40 cm.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 703 : Briques (blocs) en béton 20 x 10 x 40 cm.



Image 704 : Pilier angulaire dans un bâtiment traditionnel à Dayet Ifrah.



Image 705 : « SikaLite » (produit similaire).



Image 706 : Un préservatif coupé ouvert au bout attaché à l'urinoir empêche que des mauvaises odeurs remontent du tuyau.



Image 707 : Urinoir Addicom (produit sud-africain en plastique) avec piège à odeurs « EcoSmellStop ». www.addicom.co.za



Image 708 : Fût 200 l en HDPE (pour additives pour alimentation animale), utilisé comme réservoir d'urine. Une ouverture pour brancher le tuyau, l'autre pour pomper.

Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Image 709 : Pompe manuelle (pour vidanger le réservoir d'urine dans un bidon portable).



Image 710 : Siège de toilette à séparation d'urine (type indien de Shital Ceramics). Le compartiment à gauche est prévu pour les eaux de nettoyage anal. Dimensions : 895 x 425 mm (pièce nettoyage anale : 310 x 425 mm, pièce toilette : 585 x 425 mm). www.ruralsanitation.net



Image 711 : Moustiquaire.



Image 712 : Moustiquaire placé sous le chapeau au bout du tuyau de ventilation.



Image 713 : Porte de chambre fécale (fosse) avec gommage pour assurer la fermeture hermétique.



Image 714 : Poster provisoire sur l'utilisation correcte des TDSU.

A.2 Impressions et photos sur le vif

« Une photographie, c'est un arrêt de cœur d'une fraction de seconde. » – Pierre Movila

« La photographie est une brève complicité entre la prévoyance et le hasard. » – John Stuart Mill

Cette section est une collection de photos sans aucune importance pour le projet mais avec valeur artistique et sentimentale.



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



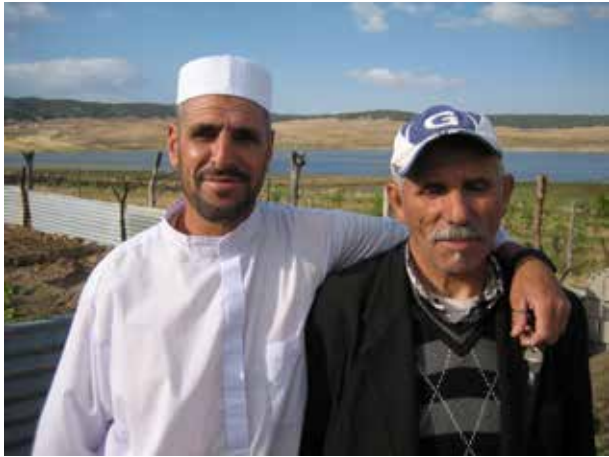
Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



Reportage photo sur la construction d'installations ecosan à Dayet Ifrah



A.3 Liste des illustrations

Image 1 : Aperçu des sites des installations pilotes à Dayet Ifrah.....	4
Image 2 : Vue du lac et de la partie centrale de Dayet Ifrah.	6
Image 3 : Le centre de la jeunesse et des femmes et le forage central pour l’approvisionnement en eau (à droite).	6
Image 4 : Le centre de la jeunesse et des femmes, l’école centrale et la mosquée.	6
Image 5 : Agriculture sur les plaines fertiles au bord du lac.	6
Image 6 : Pommiers.	7
Image 7 : Méthode traditionnelle de construction avec pierres naturelles.	7
Image 8 : Bâtiment typique avec toit plat en béton armé.	7
Image 9 : Toilette « turque » avec chasse d’eau à la main.	7
Image 10 : Borne-fontaine au dehors du village.....	7
Image 11 : L’âne – moyen de transport ordinaire pour l’eau potable.....	7
Image 12 : La maison de la famille avant la construction.....	9
Image 13 : Le site de la toilette est choisi.	9
Image 14 : Travaux d’excavation pour la fondation.....	9
Image 15 : Préparation d’un coffrage horizontal à l’aide d’une corde de délimitation.	9
Image 16 : Coffrage étanché avec une bâche en plastique.	10
Image 17 : Pour épargner du béton le volume de la fondation est partiellement rempli de pierres.	10
Image 18 : Mélange sec de gravier, sable et ciment.	10
Image 19 : Le béton est gâché à la main à cause d’absence d’une bétonneuse.	10
Image 20 : Le béton est coulé entre les pierres.	11
Image 21 : Les interstices entre les pierres sont colmatés à l’aide d’une barre de fer.....	11
Image 22 : Des spectateurs expertisent la fondation.	11
Image 23 : La fondation accomplie.	11
Image 24 : Emplacement des sièges de toilette (type chinois en plastique).....	12
Image 25 : Les fosses ont trois compartiments (deux pour la matière fécale et une pour la sortie de la tuyauterie et le stockage d’accessoires).	12
Image 26 : Les briques ont été remplies de cailloux et mortier pour fortifier les murs des fosses. .	12
Image 27 : Préparation du mortier dans une brouette et collecte de pierres pour l’escalier.	12
Image 28 : Construction de l’escalier avec des pierres naturelles et du béton. Deux planches forment le coffrage pour la première marche.	12
Image 29 : On voit qu’il est important de mouiller les briques – sinon l’eau dans le mortier est absorbée par les briques comme visible dans la dernière rangée de briques.	12
Image 30 : Construction des murs de séparation. En bas on voit le trou de sortie prévu pour la tuyauterie.	13
Image 31 : Une niche est prévue pour le linteau de baie et le tuyau de ventilation, ainsi qu’un trou pour les tuyaux.	13
Image 32 : Préparation du coffrage pour la dalle, supporté par des briques positionnées à l’intérieur des fosses.....	14
Image 33 : Vue latérale du support.....	14
Image 34 : Découpe des fers ronds avec une meuleuse pour le ferrailage de la dalle.	14
Image 35 : Préparation du ferrailage.....	14
Image 36 : Finalisation du ferrailage et placement des garde-places pour les trous.	14
Image 37 : Une bâche en plastique est utilisée pour étancher le coffrage.	14

Image 38 : Coffrage et ferrailage avec cadres finalisés.....	15
Image 39 : Préparation du béton pour la dalle.	15
Image 40 : Le béton est distribué sur le support et lissé à l'aide d'une planche.	15
Image 41 : Les tuyaux (garde-places) restent vides pour former les trous dans la dalle.	15
Image 42 : Le chantier pendant la coulée de la dalle.	15
Image 43 : Une pente est formée autour du conduit d'écoulement de la douche.	15
Image 44 : Finalisation de la dalle avec une truelle.	16
Image 45 : La dalle fraîche avec des formes pour sièges de toilette et sorties pour lavabo, urinoir, douche et nettoyage anal.	16
Image 46 : Dalle finalisée.	16
Image 47 : Dalle sèche et escalier finalisé.....	16
Image 48 : Dalle avec trous pour toilettes.....	16
Image 49 : Sièges de toilette (type chinois en plastique) provisoirement positionnés dans la dalle.	16
Image 50 : Construction des murs, vue 1.	17
Image 51 : Construction des murs, vue 2.	17
Image 52 : Utilisation d'un fil à plomb pour assurer la verticale.....	18
Image 53 : Niche pour la fenêtre dans les murs finalisés.....	18
Image 54 : Coffrage du linteau pour la porte.....	18
Image 55 : Application de la 1 ^{ère} couche d'enduits aux parois intérieures de la toilette.....	18
Image 56 : Application de la 1 ^{ère} couche d'enduits aux parois extérieures de la toilette.	18
Image 57 : Arrosage des enduits pour prévenir des fissures.	18
Image 58 : Support pour le toit en train de préparation.	19
Image 59 : Préparation du support pour le toit. Le linteau au-dessus de la porte est déjà sec.	19
Image 60 : Le support du toit est prêt.	19
Image 61 : Vue de la toilette avant de bétonner le toit.	19
Image 62 : Préparation du coffrage pour le linteau au-dessus de la fenêtre.	19
Image 63 : Installation parallèle du coffrage pour le toit et de la tuyauterie.....	19
Image 64 : Le toit en béton armé après enlever le coffrage. Le support idéalement reste encore 2 semaines ou plus (dans ce cas moins à cause du temps limité pendant l'atelier). Un tuyau est installé pour l'évacuation des eaux de pluie.....	20
Image 65 : Support du linteau de la fenêtre.	20
Image 66 : Arrosage du toit pour prévenir des fissures. Une bouteille couvre la sortie de la cheminée.....	20
Image 67 : Problèmes d'étanchéité du toit.....	20
Image 68 : Cavités et fissures dans le béton du toit.....	21
Image 69 : Echafaudage improvisé pour l'application des enduits. Le trou gauche dans le mur est la sortie des eaux grises et de nettoyage anal, le trou droite la sortie de l'urine.....	21
Image 70 : Application de la 2 ^{ème} couche d'enduits.....	21
Image 71 : Inspection du gros œuvre de la toilette.	21
Image 72 : Application d'une couche d'enduits à la partie inférieure du toit. La porte est déjà installée.....	21
Image 73 : Application d'une 2 ^{ème} couche d'enduits au toit.....	21
Image 74 : Placement provisoire du tuyau de ventilation. La porte est installée.	22
Image 75 : Les portes des fosses sont fixées.	22
Image 76 : Préparation d'un coffrage pour le linteau au-dessus des portes des fosses.	22

Image 77 : Le linteau au-dessus des portes des fosses est fait. Il manque encore une rangée de briques.	22
Image 78 : Placement provisoire du coude 45° du tuyau de ventilation entre les 2 fosses de collecte de matière fécale.	22
Image 79 : La fenêtre est positionnée.	22
Image 80 : Installation des tuyaux avant la fixation des portes des fosses.	23
Image 81 : Installation de la tuyauterie.	23
Image 82 : Vue de la tuyauterie dans la 3 ^{ème} fosse de la toilette.	23
Image 83 : Coude (pièce femelle).	23
Image 84 : Tuyau PVC biseauté (pièce mâle, outil pour faire des manchons).	24
Image 85 : Chauffage d'un tuyau PVC pour faire un manchon.	24
Image 86 : Préparation d'un manchon avec un tube chauffé et l'outil.	24
Image 87 : Placement du coude 45° pour le tuyau de ventilation 160 mm.	24
Image 88 : Le marquage montre la partie à découper pour une ventilation idéale.	24
Image 89 : La peinture noire sur le tuyau de ventilation cause un chauffage solaire augmenté, ce qui supporte le courant d'air.	24
Image 90 : Préparation de la fixation du tuyau de ventilation.	25
Image 91 : Chapeau à placer au-dessus du tuyau de ventilation.	25
Image 92 : Fixation du tuyau de ventilation par un collier.	25
Image 93 : Passage souterrain de la conduite de l'urine au-dessous du filtre planté.	25
Image 94 : Installation de la conduite d'urine en direction de l'étable.	26
Image 95 : Le tuyau va entrer dans le mur de l'étable.	26
Image 96 : Excavation dans l'étable pour l'emplacement du réservoir d'urine.	26
Image 97 : Transport du réservoir d'urine (1'000 l = 1 m ³) à l'aide d'un âne.	26
Image 98 : Tuyau plongeur pour le réservoir d'urine.	26
Image 99 : Le réservoir d'urine est placé dans l'étable et le tuyau plongeur est branché.	26
Image 100 : Humectage du béton avant la pose du carrelage.	27
Image 101 : Mouillage du carrelage avant la pose.	27
Image 102 : Pose du carrelage sur la dalle.	28
Image 103 : Pose du carrelage.	28
Image 104 : Fixation des sièges de toilette à séparation d'urine avec de la silicone.	28
Image 105 : Les deux sièges de toilette sont installés.	28
Image 106 : Fixation de l'urinoir sec adapté aux enfants.	28
Image 107 : Branchement du lavabo au tuyau PVC avec deux coudes 45°.	28
Image 108 : Les travaux d'installation à l'intérieur de la salle de bain sont conclus.	29
Image 109 : Une poubelle sert comme réservoir d'eau pour le lavabo.	29
Image 110 : Robinet à rotule pour vider le tube en hiver.	29
Image 111 : Rideau de douche.	29
Image 112 : La nouvelle TDSU avec son propriétaire.	29
Image 113 : Démarrage des travaux d'excavation pour le filtre planté.	31
Image 114 : La fondation (dalle) du filtre planté est bétonnée. La niche coffrée en avant-plan est prévue pour l'infiltration directe des eaux de nettoyage anal.	31
Image 115 : Murs du filtre planté en train de construction.	31
Image 116 : Vue latérale du chantier du filtre planté.	31
Image 117 : Les murs sont finis, une couche d'enduits est appliquée et le tuyau de sortie est intégré dans le mur.	31

Image 118 : Application d'enduits dans le compartiment pour l'infiltration des eaux de nettoyage anal.	31
Image 119 : Fissures dans une mauvaise couche d'enduits sans sable et avec trop de SikaLite.	32
Image 120 : Il fallait remplacer la mauvaise couche d'enduits pour assurer l'étanchéité du bassin.	32
Image 121 : Directement après l'application des enduits on peut fermer des fissures avec du ciment pur et un peu d'eau.	32
Image 122 : Finition avec du lait de ciment 1 jour après appliquer la couche d'enduits.....	32
Image 123 : Un test d'étanchéité montre qu'il y a encore une perte d'eau.	32
Image 124 : Après l'application d'une couche de bitume le bassin est finalement étanche.	32
Image 125 : La conduite des eaux de nettoyage anal est branchée au compartiment d'infiltration. La couche de gravier concassé sera finalement entièrement couverte par des pierres plus grosses.	33
Image 126 : Avec des planches les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le remplissage du filtre planté. A droite le compartiment pour les eaux de lavage anal.	33
Image 127 : Le filtre planté en train d'être rempli.	33
Image 128 : Travaux d'excavation pour la fondation.	34
Image 129 : Excavation terminée avec corde de délimitation.	34
Image 130 : Préparation d'un coffrage horizontal.	34
Image 131 : Préparation du béton pour la fondation.	34
Image 132 : Des pierres sont utilisées dans la fondation.	35
Image 133 : La fondation finalisée.	35
Image 134 : Irrigation du béton frais.	35
Image 135 : Construction des murs des fosses attachés à la maison.	36
Image 136 : Les briques sont mouillées dans l'eau avant leur placement.	36
Image 137 : Une niche est prévue pour le linteau au-dessus des portes des fosses.	36
Image 138 : Utilisation d'un fil à plomb.	36
Image 139 : Préparation du support pour le coffrage. On voit les niches pour la tuyauterie et le linteau.	37
Image 140 : Installation d'un coffrage pour la dalle.	37
Image 141 : Les fers ronds sont coupés à l'aide de la meuleuse.	37
Image 142 : Préparation du ferrailage. Les deux cadres en bois servent comme formes pour les sièges de toilette.	37
Image 143 : Une bâche en plastique est utilisée pour étancher le coffrage.	37
Image 144 : Le ferrailage entre dans le mur pour garantir une bonne liaison entre TDSU et maison. Des pièces de tube forment des trous dans la dalle pour la tuyauterie.	37
Image 145 : Distribution du béton. Des trous dans le plastique assurent la liaison de la dalle avec les murs des fosses.	38
Image 146 : L'épaisseur de la dalle est de 8 cm. On voit les trois garde-places pour les conduites de l'urinoir, du lavabo et de la douche.	38
Image 147 : Vue du chantier et du lac pendant la coulée de la dalle.	38
Image 148 : Le maçon lisse la superficie à l'aide d'une truelle.	38
Image 149 : Utilisation d'un bâton pour colmater les interstices et pour pousser le béton dans les briques des murs au-dessous de la dalle.	38
Image 150 : Deux cadres forment des refouillements pour les sièges de toilette.	38
Image 151 : Une pente est formée autour du conduit d'écoulement de la douche.	39

Image 152 : Le béton est lissé et compacté à l'aide d'une planche.	39
Image 153 : Dalle finalisée après séchage.	39
Image 154 : Construction des murs de la superstructure. Le maçon est en train de faire un trou dans le mur de la maison pour ancrer la TDSU par des pièces de fer rond.	40
Image 155 : Escalier et superstructure sont finalisés. A droite la dernière ligne de briques est encore omise pour pouvoir placer des madriers comme support pour le toit.	40
Image 156 : Des poutres vont porter le coffrage pour le toit.	40
Image 157 : Préparation du support pour le toit en béton armé.	40
Image 158 : Coffrage du toit finalisé.	40
Image 159 : Aussi pour le toit le ferrailage doit être bien ancré dans le mur de la maison.	40
Image 160 : Vue du support et du coffrage pour le toit.	41
Image 161 : Préparation du ferrailage.....	41
Image 162 : Tuyau pour l'évacuation des eaux de pluie.	41
Image 163 : Le toit juste après la coulée du béton. On voit les garde-places pour la sortie de la cheminée et une éventuelle conduite d'eau.....	41
Image 164 : Le toit est couvert par un plastique pour que le béton ne sèche pas trop rapidement.	41
Image 165 : Au lieu d'un plastique les maçons ont utilisé des emballages du ciment pour étancher. Par conséquent, il y avait quelques pertes de la partie liquide du béton.	41
Image 166 : Le linteau a été coulé ensemble avec le toit.....	42
Image 167 : Installation des trois portes des fosses.	42
Image 168 : Adaptation de la porte.....	42
Image 169 : La porte est fixée.	42
Image 170 : La fenêtre est installée.....	42
Image 171 : La TDSU après l'application des enduits. Le réservoir d'urine est déjà en place (en bas).....	42
Image 172 : Le linteau au-dessus des portes est finalisé, le coude de 45° pour le tuyau de ventilation est placé et les enduits sont appliqués.	43
Image 173 : Fissures dans la superficie du toit.....	43
Image 174 : Application d'une nouvelle couche d'enduits étanches sur le toit pour colmater les fissures.....	43
Image 175 : Préparation de la fixation du tuyau de ventilation.	44
Image 176 : La peinture noire sur le tuyau de ventilation cause un chauffage solaire augmenté, ce qui supporte le courant d'air.	44
Image 177 : Le tuyau de ventilation est installé.	44
Image 178 : Les deux refoulements pour les sièges de toilette. Les tubes à l'avant seront pour l'urine, et ceux en arrière pour les eaux de nettoyage anal.....	44
Image 179 : Vue de la tuyauterie dans la fosse au milieu (placement provisoire).	44
Image 180 : Vue de la tuyauterie dans l'autre fosse (placement provisoire).	44
Image 181 : Travaux d'installation dans la 3 ^{ème} chambre (celle pour la tuyauterie).....	45
Image 182 : Sortie des trois conduites pour eaux grises lavabo/douche, urine et eaux de nettoyage anal (placement provisoire).	45
Image 183 : Excavation pour le réservoir d'urine.	45
Image 184 : Le réservoir d'urine est placé et l'excavation de 80 cm est faite pour le filtre pour l'eau de nettoyage anal (puisard).....	45
Image 185 : La première couche de moellons dans le puisard.	45

Image 186 : Trois tuyaux sortent de la TDSU. Les eaux grises sont conduites vers le filtre planté dans un tuyau de 110 mm. Un couvercle va être placé sur le petit mur autour du réservoir d'urine.45

Image 187 : Le gravier concassé est le matériau de filtration principal dans le puisard pour les eaux de nettoyage anal.46

Image 188 : Une couche de moellons est placée à la superficie du filtre.46

Image 189 : La conduite des eaux grises passe à la superficie. Elle est placée sur une couche de sable et ciment.46

Image 190 : Une couche de mortier au-dessus du tuyau donne la stabilité et fixation nécessaire.46

Image 191 : Pose du carrelage.47

Image 192 : Fixation de l'urinoir adapté aux enfants.47

Image 193 : Un préservatif avec bout coupé est attaché à la sortie de l'urinoir pour retenir les odeurs dans le tuyau.47

Image 194 : La famille a déjà installé une lampe dans la nouvelle salle de bain.47

Image 195 : Réservoir d'eau, lavabo et urinoir sont installés.47

Image 196 : Installation du tube en métaloplastique pour l'approvisionnement en eau.47

Image 197 : L'intérieur de la salle de bain est finalisé. Pour prévenir que les deux fosses sont remplies en même temps un des deux sièges de toilette est couvert.48

Image 198 : Les deux sièges à séparation d'urine et le siphon de sol de la douche.48

Image 199 : Test de fonctionnement de la ventilation – la fumée descend dans la fosse et remonte par le tuyau de ventilation, ce qui prouve que le courant d'air fonctionne.48

Image 200 : Travaux d'excavation pour le filtre planté.49

Image 201 : Aperçu du chantier, avec excavation finalisée.49

Image 202 : Une couche horizontale de moellons forme la base pour la fondation (dalle) du filtre planté.49

Image 203 : Le ferrailage pour la dalle est placé horizontalement.49

Image 204 : La dalle bétonnée est couverte par un plastique pendant le séchage.49

Image 205 : Maçonnerie avec pierres naturelles.49

Image 206 : Murs en pierres naturelles sous construction.50

Image 207 : Aperçu du chantier pendant la construction des murs du filtre planté.50

Image 208 : Il faut prévoir des réservations pour les tubes d'entrée et de sortie.50

Image 209 : Avant d'installer les tubes d'entrée et de sortie une couche de colle PVC et du sable est appliquée. Cela assurera la liaison avec le mortier du mur et donc une bonne étanchéité.50

Image 210 : Pose du tuyau de sortie.50

Image 211 : Application des enduits à l'intérieur du filtre.50

Image 212 : La première couche de l'enduisage est presque finalisée. Le tube de sortie est déjà incorporé au mur.51

Image 213 : Application de colle PVC et sable sur la partie qui traversera le mur.51

Image 214 : Le tuyau d'entrée avant son placement.51

Image 215 : Mise en place du tube d'entrée.51

Image 216 : Du mortier est mis autour du tube.51

Image 217 : Le tube d'entrée est fixé à 5 cm au-dessus du niveau d'eau. Une pente d'1 % est suffisante.51

Image 218 : Vue du chantier avant reprise du travail en juillet 2010.52

Image 219 : Application de lait de ciment pour lisser la superficie du bassin.52

Image 220 : Application des enduits étanches à l'intérieur du bassin.52

Image 221 : Le bassin du filtre planté est finalisé.	52
Image 222 : Après séchage complet le bassin est rempli pour tester l'étanchéité.....	53
Image 223 : Le niveau de l'entrée est de 5 cm au-dessus du niveau d'eau.	53
Image 224 : Le niveau minimal d'eau dans le bassin est de 50 cm.	53
Image 225 : Avec des planches à la zone de l'entrée, les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le placement du matériau de filtre.	53
Image 226 : Une bande de 20 cm est remplie de gravier concassé aussi à la zone de drainage autour de la sortie.....	53
Image 227 : Du gravier fin est versé dans la partie principale du filtre.	53
Image 228 : Mise en place du matériau de filtre.	54
Image 229 : La zone de drainage avec ses 3 tailles du grain.	54
Image 230 : Le filtre est finalisé. Quelques roseaux sont déjà plantés.....	54
Image 231 : Vue prise de près.....	54
Image 232 : Travaux d'excavation pour la fondation de la TDSU.	55
Image 233 : Coffrage pour la fondation, préparé avec les planches disponibles sur place.	55
Image 234 : La nouvelle toilette sera emplaced derrière la maison de la famille bénéficiaire.....	55
Image 235 : Coulée de la fondation. Pour épargner du béton le volume est partiellement rempli de pierres.....	55
Image 236 : Construction des murs des fosses.	56
Image 237 : Les briques ont été mouillées avant leur placement.....	56
Image 238 : Le mur intérieur qui sépare les deux fosses. A droite on voit le trou pour la sortie de la tuyauterie.	56
Image 239 : Intégration du mur intérieur dans le mur extérieur.....	56
Image 240 : Préparation des niches où vont passer les conduites (urine et eaux nettoyage anal).57	57
Image 241 : Une niche est aussi prévue pour le linteau et le tuyau de ventilation.....	57
Image 242 : Installation du support pour la dalle.....	57
Image 243 : Préparation du support avec des planches disponibles.....	57
Image 244 : Préparation du terrain pour l'escalier.	58
Image 245 : Construction de l'escalier.....	58
Image 246 : Ce cadre servira comme forme pour l'un des deux sièges de toilette.....	58
Image 247 : Préparation du ferrailage autour des deux cadres.....	58
Image 248 : L'escalier finalisé est couvert pendant le séchage.	58
Image 249 : Découpe manuelle des fers ronds.....	58
Image 250 : Vue du support et du coffrage pour la dalle.....	59
Image 251 : Coffrage et ferrailage sont prêts. Les trous dans le plastique assureront la bonne liaison du béton de la dalle avec les murs. Des pièces de tube forment des trous dans la dalle pour la tuyauterie.....	59
Image 252 : Coulée de la dalle.	59
Image 253 : Distribution du béton avec la truelle.	59
Image 254 : Utilisation d'une planche pour lisser et compacter le béton.....	59
Image 255 : Utilisation d'une planche pour lisser et compacter le béton.....	59
Image 256 : La dalle en train d'être coulée.	60
Image 257 : Distribution du béton.....	60
Image 258 : Le maçon lisse la superficie à l'aide d'une truelle. Le tube au milieu montre l'emplacement de l'urinoir.....	60
Image 259 : La dalle est finalisée.	60

Image 260 : Construction des murs de la superstructure.....	61
Image 261 : Construction des murs de la superstructure.....	61
Image 262 : Aperçu du chantier pendant la maçonnerie.....	61
Image 263 : En attendant une autre charge de briques la première couche d'enduits est déjà appliquée.....	61
Image 264 : Niche pour la fenêtre dans les murs finalisés.....	61
Image 265 : Les niches dans la dernière rangée de briques serviront à la construction du support pour le toit.....	61
Image 266 : Coffrage du linteau pour la porte.....	62
Image 267 : Préparation du ferrailage.....	62
Image 268 : Les enduits extérieurs sont appliqués.....	62
Image 269 : Préparation du coffrage pour le toit qui est porté par des poutres transversales.....	62
Image 270 : Installation du coffrage pour le toit.....	62
Image 271 : Support pour le toit de la TDSU. Le linteau est fait.....	62
Image 272 : Le support et le coffrage pour le toit sont prêts.....	63
Image 273 : Le support pour le toit vu de l'intérieur de la toilette.....	63
Image 274 : Coulée du toit en béton.....	63
Image 275 : Vue du toit après le séchage.....	63
Image 276 : L'intérieur de la TDSU avant pose du carrelage sur le fonds. Les deux sièges indiens sont placés.....	64
Image 277 : Il faut faire attention que la porte n'interfère pas avec le siège.....	64
Image 278 : Installation du réservoir et des conduites d'eau.....	64
Image 279 : Le lavabo est branché à la conduite d'eaux grises.....	64
Image 280 : L'urinoir sec est installé.....	64
Image 281 : Tuyau de ventilation, tuyau pour l'évacuation des eaux de pluie et portes des fosses sont installés.....	64
Image 282 : La conduite des eaux grises de la maison passe par le bâtiment de la toilette vers le filtre planté.....	65
Image 283 : Vue finale de la conduite des eaux grises. Le pièce T sert à accéder le tube en cas d'un bouchon.....	65
Image 284 : Vue intérieure des trois systèmes de conduites (eaux de lavage anal à droite, eaux grises en bas (110 mm) avec pièce T, et urine).....	65
Image 285 : Vue extérieure de la tuyauterie et du puisard pour l'infiltration des eaux de nettoyage anal.....	65
Image 286 : Vue extérieure finale – la tuyauterie est couverte.....	65
Image 287 : Une couche horizontale de moellons est placée dans l'excavation finalisée. En bas on voit l'excavation ronde pour le réservoir d'urine.....	66
Image 288 : Maçonnerie sur la dalle du filtre.....	66
Image 289 : Murs du filtre finalisés, avec couche d'enduits intérieurs et niche pour le tuyau de l'effluent.....	66
Image 290 : Application de la colle PVC et du sable sur le tuyau de l'effluent.....	66
Image 291 : Mise en place du tuyau de sortie.....	67
Image 292 : Après application et séchage des enduits étanches le bassin est rempli d'eau.....	67
Image 293 : Vue du réservoir d'urine et du filtre pendant la mise en place du matériau de filtration.....	67
Image 294 : Vue du filtre avec tuyau d'entrée pendant la mise en place du matériau de filtration.....	67

Image 295 : Travaux d'excavation pour la fondation.....	68
Image 296 : La TDSU sera attaché au mur existant. Le coffrage pour la fondation est préparé.....	68
Image 297 : Les ouvriers en train de bétonner la fondation.	68
Image 298 : La fondation finalisée.....	68
Image 299 : Les murs sont dessinés dans la fondation sèche.....	69
Image 300 : Construction des murs des fosses en pierres naturelles.	69
Image 301 : Les fosses sont attachées au mur existant.	69
Image 302 : Des briques sont utilisées pour former les angles.	69
Image 303 : Installation d'un support et coffrage pour la dalle, discussion du placement de l'escalier.	70
Image 304 : Vue des trois fosses et du support.....	70
Image 305 : Construction de l'escalier et préparation du ferrailage.....	70
Image 306 : Préparation du ferrailage autour des deux cadres en bois qui servent comme formes pour les sièges de toilette.....	70
Image 307 : Des trous dans le plastique assurent la bonne liaison de la dalle avec les murs des fosses.....	70
Image 308 : Distribution du béton.....	70
Image 309 : Vue de la TDSU et de la maison de la famille bénéficiaire pendant la coulée de la dalle.	71
Image 310 : Le béton est lissé et compacté à l'aide d'une planche.	71
Image 311 : Les ouvriers en train de bétonner la dalle.	71
Image 312 : Le tuyau dans le béton forme le trou pour la conduite d'écoulement de la douche.....	71
Image 313 : Construction de la 2 ^{ème} marche de l'escalier.	71
Image 314 : Construction de la 3 ^{ème} marche de l'escalier.	71
Image 315 : Coffrage pour bétonner l'escalier.	72
Image 316 : Escalier et dalle finalisés.....	72
Image 317 : Le support de la dalle reste lorsqu'on commence avec la maçonnerie de la superstructure.	72
Image 318 : Les murs de la superstructure sont également faits en pierres naturelles.	72
Image 319 : Des participants de l'atelier de formation s'engagent à la construction des murs.	73
Image 320 : Construction à l'aide de cordes de délimitation.	73
Image 321 : Le futur propriétaire de la TDSU.	73
Image 322 : Le chantier pendant la construction de la superstructure.	73
Image 323 : Le gros œuvre avec niche pour la fenêtre.....	73
Image 324 : Vue latérale du gros œuvre.	73
Image 325 : Des briques sont utilisées à la face interne du mur pour former la niche de la fenêtre.	74
Image 326 : Les murs sont finalisés.	74
Image 327 : Support pour le toit.	74
Image 328 : Préparation du coffrage pour la toiture.....	74
Image 329 : Application du béton.	74
Image 330 : Vue du support et ferrailage de la toiture.....	74
Image 331 : Le toit est finalisé. La bouteille orange sert de garde-place pour la sortie de la cheminée.....	75
Image 332 : Le toit est couvert par un plastique pour que le béton ne sèche pas trop rapidement.	75
Image 333 : Vue de l'entrée de la TDSU.	75

Image 334 : Vue de la superstructure après enlever le coffrage et installer la fenêtre. Le tuyau sert à l'évacuation des eaux de pluie.....	75
Image 335 : La superstructure finalisée après installation des trois portes des fosses et du linteau au-dessus. Les ouvriers ont oubliés d'installer le coude pour le tuyau de ventilation.	75
Image 336 : Coude 45° prolongé avant l'installation.	76
Image 337 : Un seul tuyau installé entre les deux fosses suffit pour garantir la ventilation.	76
Image 338 : Fixation du coude.	76
Image 339 : Le tuyau de ventilation est installé.	76
Image 340 : Les deux refouillements pour les sièges de toilette. Les tubes visibles serviront à l'évacuation des eaux de nettoyage anal vers le puisard.	77
Image 341 : Préparation de l'horizontale avant la pose du carrelage.....	77
Image 342 : Les deux sièges de toilette sont placés avant la pose du carrelage.	77
Image 343 : Vue des sièges après la pose du carrelage.	77
Image 344 : Fixation de l'urinoir adapté aux enfants.....	77
Image 345 : L'intérieur de la salle de bain est finalisé, y compris le rideau de douche et le réservoir d'eau pour le lavabo.	77
Image 346 : Vue de la tuyauterie dans la fosse gauche.....	78
Image 347 : Vue de la tuyauterie dans la fosse au milieu.....	78
Image 348 : Vue de la tuyauterie dans la fosse droite.	78
Image 349 : Excavation du filtre (puisard) pour l'eau de lavage anal, avec des moellons comme première couche de matériau de filtre. Au-dessus, du gravier va suivre.	78
Image 350 : Une couche de moellons est placée à la superficie du puisard.	78
Image 351 : Vue du filtre planté, du réservoir d'urine et du puisard (couvert par la planche ronde).	78
Image 352 : Réservoir d'urine avec tuyau plongeur.....	79
Image 353 : Le réservoir d'urine est enterré et couvert. Comme ça on peut éviter que l'urine se congèle en hiver.	79
Image 354 : La corde de délimitation montre le placement du filtre planté en aval de la TDSU.	79
Image 355 : Excavation pour le filtre. Un grand rocher ne peut pas être enlevé.	79
Image 356 : Une couche horizontale de moellons forme la base pour la fondation (dalle) du filtre planté.	80
Image 357 : Préparation du ferrailage pour la dalle du filtre planté.	80
Image 358 : Préparation du ferrailage pour la dalle du filtre planté.	80
Image 359 : La dalle est bétonnée.	80
Image 360 : Vue de la TDSU et de la dalle du filtre planté.....	80
Image 361 : Le mur du filtre est fixé au mur existant à l'aide de fers ronds.....	80
Image 362 : Vue de la dalle du filtre planté au-dessous du bâtiment de la TDSU.....	81
Image 363 : Les murs du filtre sont construits et une première couche d'enduits est appliquée. ...	81
Image 364 : Enduisage à l'intérieur du bassin.	81
Image 365 : Le bassin du filtre planté et les murs autour du réservoir d'urine sont finalisés.	81
Image 366 : le tube de sortie avant son placement.....	81
Image 367 : Du mortier est appliqué autour du tube.	81
Image 368 : Préparation du lait de ciment avec un peu de SikaLite.....	82
Image 369 : Le lait de ciment étanche les parties autour du tuyau de sortie et finalise la superficie.	82
Image 370 : Le tuyau de sortie est intégré dans le mur du bassin.	82

Image 371 : Avec des planches à la zone de l'entrée, les 3 différentes tailles du grain sont séparées pendant le placement du matériau de filtre.	82
Image 372 : Le filtre est finalisé. Quelques roseaux sont déjà plantés.	82
Image 373 : Excavation pour la cuve du digesteur après une semaine de travail.	84
Image 374 : Stratification rocheuse du sol.	84
Image 375 : L'excavation rectangulaire au premier plan est prévue pour la fosse de stockage de l'effluent.	84
Image 376 : La petite excavation ronde est prévue pour le bassin d'expansion.	84
Image 377 : Aperçu du chantier et de la maison de la famille bénéficiaire.	84
Image 378 : Compresseur pour le marteau pneumatique.	84
Image 379 : Utilisation du marteau pneumatique pour l'élimination du rocher.	85
Image 380 : Travaux d'excavation à l'aide du marteau pneumatique.	85
Image 381 : Travaux d'excavation à l'aide du marteau pneumatique.	85
Image 382 : Le rocher est finalement éliminé.	85
Image 383 : Préparation du béton pour la fabrication des blocs.	86
Image 384 : Le maçon démontre l'utilisation des moules à briques.	86
Image 385 : Les garçons s'engagent à fabriquer des blocs.	86
Image 386 : Vue des blocs fraîches.	86
Image 387 : Blocs de béton prêts.	86
Image 388 : Bétonnage du fond (radier) de la cuve.	87
Image 389 : Définition du centre du dôme de la cuve.	87
Image 390 : Un mur provisoire de 2 briques d'épaisseur fixe le clou qui définit le centre du dôme. La baguette de mesure est à l'horizontale. Elle est utilisée pour construire le mur sphérique du dôme.	87
Image 391 : La première rangée de blocs est posée autour de la cuve à l'aide de la baguette de mesure.	87
Image 392 : Préparation du béton pour le radier.	88
Image 393 : Une couche de 7 cm de béton est posée sur le fond de la cuve.	88
Image 394 : Construction des premières rangées de briques. La buse du bassin d'expansion est déjà posée.	88
Image 395 : Vue de la buse du bassin d'expansion. La buse est fixée par un piquet au centre du bassin d'expansion.	88
Image 396 : Mur et baguette de mesure au centre de la cuve du digesteur.	89
Image 397 : Positionnement radial des blocs à l'aide de la baguette de mesure. Il faut bien remplir les joints de mortier.	89
Image 398 : Une couche de mortier est posée.	89
Image 399 : La brique est posée et enfoncée dans le mortier.	89
Image 400 : Avant la pose de la brique du mortier est appliqué sur son côté épaisseur x largeur pour bien remplir les joints.	89
Image 401 : La brique est placée à l'aide de la baguette de mesure. La baguette est à la perpendiculaire de la longueur de la brique. Le dessus de la brique est toujours parallèle à la baguette.	89
Image 402 : Pose d'un bloc sur le mortier. Les joints sont décalés par rapport à la rangée précédente.	90
Image 403 : Utilisation de la baguette de mesure pour bien placer le bloc.	90
Image 404 : Le chantier pendant la construction de la cuve centrale.	90

Image 405 : Vue de la buse du bassin d'expansion et de la cuve du digesteur.	90
Image 406 : Vue de la buse du bassin d'expansion et du centre du digesteur.	90
Image 407 : Le dessus des briques est toujours parallèle à la baguette de mesure, ce qui forme le dôme hémisphérique.	90
Image 408 : La cuve du digesteur en construction.	91
Image 409 : La buse d'alimentation est posée. Une couronne de mortier est faite sur le raccordement de la buse du bassin d'expansion au mur de briques.	91
Image 410 : La buse d'alimentation est posée et arrimée à l'aide d'un piquet et une corde.	91
Image 411 : Vue de la buse d'alimentation et du chantier de la station biogaz.	91
Image 412 : Le radier du fond du bassin d'expansion est posé.	92
Image 413 : Enduisage et remblaiement de terre autour du dôme du digesteur.	92
Image 414 : Vue du dôme en construction.	92
Image 415 : La buse et le radier du bac d'alimentation sont préparés.	92
Image 416 : Pour les dernières rangées, l'emploi de contrepoids est nécessaire pour retenir la première brique d'une rangée et l'avant-dernière qui vient d'être placée.	92
Image 417 : Les dernières rangées sont posées de l'extérieur du digesteur. La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.	92
Image 418 : Pose des rangées supérieures de briques. La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.	93
Image 419 : Le bac d'alimentation et le dôme du digesteur en construction.	93
Image 420 : Les briques sont montées jusqu'au sommet. Un trou d'homme est maintenu.	93
Image 421 : Le dôme du digesteur sans couronne.	93
Image 422 : Vue de la cuve centrale avec les buses d'alimentation et de sortie.	93
Image 423 : Echelle pour entrer le digesteur.	94
Image 424 : Préparation des surfaces dans la cuve centrale avec un marteau avant de poser l'enduit.	94
Image 425 : Pose de la première couche d'enduit.	94
Image 426 : La deuxième couche d'enduit est posée.	94
Image 427 : Dans la cuve centrale du digesteur.	95
Image 428 : Buse de sortie vue de l'intérieur du digesteur.	95
Image 429 : Le bac d'alimentation en construction.	96
Image 430 : Un enduit est posé dans le bac d'alimentation.	96
Image 431 : Vue globale du chantier.	96
Image 432 : Tranchée pour la conduite des eaux usées de la maison.	96
Image 433 : La conduite des eaux usées est posée sur une couche de sable.	96
Image 434 : Vue du digesteur et de la tranchée pour la conduite.	96
Image 435 : L'arrivée des eaux usées est connectée à la buse d'alimentation.	97
Image 436 : Une couche d'enduit est posée.	97
Image 437 : Compartiment avec la buse d'alimentation et la conduite des eaux usées.	97
Image 438 : Vue de la pente vers la buse d'entrée.	97
Image 439 : Du lait de ciment est posé comme finition.	97
Image 440 : La tuyauterie galvanisée est placée dans la tranchée de la conduite des eaux usées.	98
Image 441 : La conduite entre dans la maison.	98
Image 442 : Tout les raccords sont munis de Teflon pour garantir l'étanchéité parfaite.	98
Image 443 : Construction d'un regard à l'aide d'un seau.	98

Image 444 : Vue du chantier. Le bassin d'expansion est en construction.	99
Image 445 : Le bassin d'expansion est construit comme le digesteur à l'aide d'un clou au centre et une baguette de mesure.....	99
Image 446 : Les rangées de briques sont montées jusqu' à obtenir un trou au sommet de 60 cm de diamètre. Une couche de béton est posée à l'extérieur.	99
Image 447 : Le dôme du bassin d'expansion est finalisé et remblayé par couches successives de terre. Le tuyau de sortie est placé.	99
Image 448 : Arrosage du mélange d'argile et de paille.	100
Image 449 : Argile et paille sont soigneusement mélangées.	100
Image 450 : Une couche isolante d'argile et de paille est posée sur la surface extérieure du digesteur.	100
Image 451 : Vue prise de près.....	100
Image 452 : Une couche du matériau est aussi posée sur les parois du bassin d'expansion. La couverture avec une bâche en plastique empêche le séchage de l'argile.....	101
Image 453 : Couche d'isolation en argile et paille.....	101
Image 454 : La couronne de couvercle est construite de plusieurs rangées de briques.....	101
Image 455 : Vue de la couronne et du bac d'alimentation.	101
Image 456 : Le chantier pendant la construction de la couronne de couvercle et du bassin d'expansion.	102
Image 457 : Vue du digesteur avec la couronne de couvercle.....	102
Image 458 : Une personne peut toujours descendre dans la cuve par la couronne de couvercle.	102
Image 459 : Les deux dômes hémisphériques sont construits.....	102
Image 460 : Le radier de la fosse de stockage des effluents est posé.	103
Image 461 : Construction des parois de la fosse.	103
Image 462 : Le tuyau d'entrée est branché.....	103
Image 463 : La fosse de stockage en construction.	103
Image 464 : Le branchement du tuyau d'entrée est fait avec du mortier étanche.	104
Image 465 : Préparation du coffrage et ferrailage pour le couvercle de la fosse de stockage.	104
Image 466 : Le couvercle en béton armé est coulé.	104
Image 467 : Le couvercle en béton armé est coulé.	104
Image 468 : Ouverture pour la vidange des effluents digérées.....	104
Image 469 : Moule du couvercle avec deux poignées.	105
Image 470 : Couvercle du digesteur avec quatre poignées et tuyau galvanisé.....	105
Image 471 : Finition de la surface intérieure de la couronne de couvercle (mortier étanche et lait de ciment).	106
Image 472 : Application d'un lit d'argile (avec un peu de chaux, ciment et eau) sur le cône du couvercle.....	106
Image 473 : Pose du couvercle.	106
Image 474 : Le couvercle est bien tassé dans la couronne.	106
Image 475 : La conduite de gaz est branchée. Des moellons sont posés sur le couvercle et de l'eau est versée. De l'huile de vidange peut être versée sur l'eau pour réduire l'évaporation.....	106
Image 476 : Installation d'un manomètre à eau dans la cuisine.....	106
Image 477 : Première alimentation du digesteur.....	107
Image 478 : Vue globale du digesteur finalisé. Il manque encore le couvercle du bassin d'expansion.	107

Image 479 : Vue globale du digesteur finalisé.	107
Image 480 : Les couvercles du bassin d'expansion et du regard de la conduite de gaz sont posés.	107
Image 481 : La cour inutilisée de l'école – site choisi pour le filtre planté.	108
Image 482 : La mosquée centrale de Dayet Ifrah dont les eaux usées seront aussi épurées dans le filtre planté.....	108
Image 483 : Travaux d'excavation pour la conduite des eaux usées de la mosquée vers le filtre planté.	109
Image 484 : Tranchée pour le tuyau des eaux usées.	109
Image 485 : La conduite passe au-dessous du mur de la cour de l'école.	109
Image 486 : Le puits perdu de la mosquée, où la conduite sera raccordée. Le trou et la rigole visible au mur est la sortie des eaux grises.	109
Image 487 : Le tuyau PVC est enrobé de sable stabilisé au ciment ou au béton armé (sous route).	109
Image 488 : Le tuyau PVC 110 mm est placé dans la tranchée.....	109
Image 489 : Chambre de visite coffrée (à l'angle de 2 conduites).....	110
Image 490 : Chambre de visite finalisée.....	110
Image 491 : La chambre de visite est couverte d'une dalle amovible en béton armé.....	110
Image 492 : Le tuyau des eaux usées est enrobé d'une couche de sable stabilisé au ciment. Le tuyau vertical est prévu pour un futur branchement de la maison à droite.	110
Image 493 : La conduite passe par le mur de la cour de l'école.	110
Image 494 : Arrivée du tuyau des eaux usées de la mosquée au site du prétraitement.....	110
Image 495 : Chambre de visite existante près de la borne-fontaine de l'école.....	111
Image 496 : Vue du chantier pendant les travaux d'excavation.	111
Image 497 : Préparation de la tranchée pour la conduite des eaux usées de l'école.	111
Image 498 : Le tuyau de l'école arrivera aussi au site de prétraitement.....	111
Image 499 : Arrivée des tuyaux d'eaux usées de la mosquée et de l'école.	111
Image 500 : Le tuyau PVC est enrobé d'une couche de sable stabilisé au ciment.....	111
Image 501 : Excavation de la cuve du digesteur.....	112
Image 502 : Dalle de fond (radier) du digesteur.....	112
Image 503 : Un mur provisoire de 2 briques d'épaisseur fixe le clou qui définit le centre du dôme. Les premiers blocs sont posés autour de la cuve.	112
Image 504 : Construction des premières rangées de briques.	112
Image 505 : La buse d'alimentation venant de l'école est posée. Le tuyau à gauche est la buse du bassin d'expansion.....	113
Image 506 : La buse d'alimentation venant de la mosquée est aussi posée.....	113
Image 507 : Vue du dôme du digesteur en construction.....	113
Image 508 : Construction du dôme du digesteur.	113
Image 509 : Pour les dernières rangées, l'emploi de contrepoids est nécessaire.	113
Image 510 : La baguette de mesure maintient la brique lors de sa pose.	113
Image 511 : Régilage du site du bassin d'expansion.....	114
Image 512 : Le radier du fond du bassin d'expansion est posé.	114
Image 513 : Vue du chantier dans la cour de l'école. Le dôme du digesteur est partiellement remblayé.	114
Image 514 : Le bassin d'expansion est construit comme le digesteur à l'aide d'un clou au centre et une baguette de mesure.....	114

Image 515 : Les rangées de briques sont montées jusqu'à obtenir un trou au sommet de 60 cm de diamètre. Une couche de béton est posée à l'extérieur.	114
Image 516 : Préparation de la conduite du bassin d'expansion au filtre.....	114
Image 517 : Lait de ciment pour l'enduit à l'intérieur du digesteur et du bassin d'expansion.....	115
Image 518 : Application du lait de ciment à l'intérieur du bassin d'expansion.	115
Image 519 : Sortie des eaux prétraitées du bassin d'expansion.	115
Image 520 : Construction de la couronne de couvercle du digesteur à l'aide d'un fil à plomb centré.	115
Image 521 : Vue du chantier pendant la construction de la couronne de couvercle.....	115
Image 522 : Pose des dernières rangées de briques de la couronne.	115
Image 523 : Un enduit extérieur est appliqué sur le digesteur et la couronne de couvercle.	116
Image 524 : Digesteur et bassin d'expansion après séchage (juillet 2010).....	116
Image 525 : Arrosage du mélange d'argile et de paille.	116
Image 526 : Le mélange paille-argile.....	116
Image 527 : Une couche isolante d'argile et de paille est posée sur la surface extérieure du digesteur.	116
Image 528 : Pose de la couche isolante sur le bassin d'expansion. Un plastique couvre l'isolation du digesteur pour éviter son séchage.....	116
Image 529 : Le moule du couvercle est utilisé pour former le cône destiné à recevoir le couvercle.	117
Image 530 : Le tuyau galvanisé avec vanne à bille et piège à eau est posé.	117
Image 531 : Couvercle du digesteur avec quatre poignées et tuyau galvanisé.....	117
Image 532 : Pose du couvercle.	117
Image 533 : Un regard du piège à eau est construit à côté du digesteur, ainsi que la protection de la conduite des eaux pré-digérées vers le filtre.....	117
Image 534 : Travaux d'excavation pour la fondation du bassin du filtre végétalisé.	118
Image 535 : Site préparé pour le bassin du filtre.....	118
Image 536 : Fondations du filtre végétalisé.	118
Image 537 : Mur de soutènement du filtre végétalisé.	118
Image 538 : Construction du mur de soutènement en pierres naturelles.	119
Image 539 : Terrassement du site.	119
Image 540 : Vue du chantier pendant le terrassement du site du filtre planté.	119
Image 541 : Pose d'une couche de pierres concassées.....	119
Image 542 : Finalisation du terrassement par une couche de pierres concassées.	119
Image 543 : Les participants de l'atelier de construction aident à préparer des fers à béton pour la dalle du filtre planté.	119
Image 544 : Placement des fers ronds pour la dalle horizontale en béton armé.	120
Image 545 : Vue de la fondation du filtre avant de couler la dalle.	120
Image 546 : Vue du chantier avant de bétonner la dalle.	120
Image 547 : Pose de béton au bord du filtre pour la première rangée de briques.	120
Image 548 : Pose de béton au bord du filtre.	121
Image 549 : Pose de la première rangée de briques.	121
Image 550 : Pose de la dalle de fond. Simultanément la première rangée de briques est posée par les participants de l'atelier de construction.	121
Image 551 : Pose de la dalle de fond du filtre végétalisé.	121
Image 552 : Le chantier pendant la pose de la dalle du filtre planté.	121

Image 553 : Raccordement au digesteur-décanteur.	121
Image 554 : Pose de la 2 ^{ème} rangée de briques des parois du filtre.	122
Image 555 : Les parois sont montées à l'aide de blocs en béton remplis de mortier.	122
Image 556 : Construction des parois du filtre planté.	122
Image 557 : Application d'enduits sur les parois externes.	122
Image 558 : Renforcement des angles par des fers à béton de 8 mm à chaque niveau de briques.	122
Image 559 : Le bassin du filtre en construction.	122
Image 560 : Le bassin est construit.	123
Image 561 : Une première couche d'enduits a été appliquée sur les parois internes et externes du bassin (juillet 2010).	123
Image 562 : Préparation d'un mortier d'étanchéité (avec du SikaLite) pour les enduits.	123
Image 563 : Pose d'un enduit d'étanchéité sur les parois internes et sommets des murets.	123
Construction de la protection de la conduite du digesteur au filtre.	123
Image 564 : Construction de la chambre de visite à la sortie du filtre.	124
Image 565 : La conduite du digesteur au filtre est posée. La chambre de visite à la sortie est faite.	124
Image 566 : Placement d'un plastique au fond du bassin.	124
Image 567 : Le mur de protection de la conduite est muni de drains pour l'eau de pluie.	124
Image 568 : Tuyau de sortie (drain) des eaux avant son placement dans le bassin.	124
Image 569 : Installation du drain à la sortie du filtre.	124
Image 570 : Placement des graviers dans le bassin.	125
Image 571 : Placement des graviers.	125
Image 572 : Préparation des tuyaux d'alimentation et de sortie.	125
Image 573 : Tuyau d'alimentation avant son placement.	125
Image 574 : Le tuyau d'alimentation est placé.	126
Image 575 : Vue globale du chantier avancé.	126
Image 576 : Distribution des graviers dans le bassin.	126
Image 577 : Le drain est muni de reniflards.	126
Image 578 : Plantation du filtre. Des côtés entrée et sortie des gros graviers (moellons) ont été posés.	126
Image 579 : Ajustement du tuyau d'alimentation.	126
Image 580 : Placement des galets à l'entrée du filtre.	127
Image 581 : Le tuyau d'alimentation est ajusté à l'horizontale.	127
Image 582 : Chambre de visite à la sortie des eaux épurées. En changeant la position (l'angle) du tuyau vertical le niveau d'eau dans le filtre peut être ajusté.	127
Image 583 : Vue latérale du filtre végétalisé.	127
Image 584 : Vue de la station d'épuration avant d'ajouter des remblais.	127
Image 585 : Vue finale du côté sortie du filtre planté.	127
Image 586 : Vue finale du filtre végétalisé à Dayet Ifrah.	128
Image 587 : Remblaiement du digesteur et des conduites.	128
Image 588 : Préparation d'une bouteille pour la fertilisation avec de l'urine.	129
Image 589 : Vue du jardin peu après la fertilisation.	129
Image 590 : Fertilisation d'une partie du jardin avec de l'urine.	129

Image 591 : Vue du jardin un peu plus qu'un mois après la fertilisation. On voit que les pommes de terre sur la terre fertilisée avec de l'urine (à gauche en bas) ont poussé beaucoup plus que celles sur la terre non-fertilisée (en arrière).	130
Image 592 : Vue 2 du jardin un peu plus qu'un mois après la fertilisation. On voit que les pommes de terre sur la terre fertilisée avec de l'urine (en arrière) ont poussé beaucoup plus que celles sur la terre non-fertilisée (à l'avant).	130
Image 593 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.	131
Image 594 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.	131
Image 595 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.	131
Image 596 : 17.12.2009 – Formation de la population du village sur l'approche ecosan et la construction des TDSU dans le cadre des premières activités de construction.	131
Image 597 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 598 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 599 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 600 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 601 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 602 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	132
Image 603 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 604 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 605 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 606 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 607 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 608 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	133
Image 609 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	134
Image 610 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	134
Image 611 : Formation de deux groupes de participants nationaux des secteurs de la gestion des ressources en eau et de l'agriculture.	134
Image 612 : Evaluation du programme de l'atelier.	134
Image 613 : Remise des certificats.	134

Image 614 : Un groupe de participants présente les certificats.....	134
Image 615 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 616 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 617 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 618 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 619 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 620 : Formation théorique des maçons, ouvriers et bénéficiaires du projet.....	135
Image 621 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	136
Image 622 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	136
Image 623 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	136
Image 624 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	136
Image 625 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	137
Image 626 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	137
Image 627 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ferhaoui).....	137
Image 628 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).....	137
Image 629 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).....	137
Image 630 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Jane).....	137
Image 631 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).....	138
Image 632 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).....	138
Image 633 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).....	138
Image 634 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Ahnouch).....	138
Image 635 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....	138
Image 636 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....	138
Image 637 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....	139
Image 638 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....	139
Image 639 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....	139

Image 640 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....139

Image 641 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....139

Image 642 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....139

Image 643 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 644 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 645 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 646 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 647 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 648 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....140

Image 649 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (TDSU Khaled).....141

Image 650 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....141

Image 651 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....141

Image 652 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....141

Image 653 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....141

Image 654 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....141

Image 655 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....142

Image 656 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....142

Image 657 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....142

Image 658 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....142

Image 659 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....142

Image 660 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).....142

Image 661 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).....143

Image 662 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (digesteur).....143

Image 663 : Les participants de l'atelier gagnent de l'expérience pratique sur les chantiers (filtre planté).....	143
Image 664 : Repas en plein air pendant l'atelier.....	144
Image 665 : Repas en plein air pendant l'atelier.....	144
Image 666 : Les participants jouent au football avec les enfants du village.	144
Image 667 : Les participants jouent au football avec les enfants du village.	144
Image 668 : Fête de fin de l'atelier.....	145
Image 669 : Fête de fin de l'atelier.....	145
Image 670 : Fête de fin de l'atelier.....	145
Image 671 : Fête de fin de l'atelier.....	145
Image 672 : Fête de fin de l'atelier.....	145
Image 673 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 674 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 675 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 676 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 677 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 678 : Fête de fin de l'atelier.....	146
Image 679 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 680 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 681 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 682 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 683 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 684 : Fête de fin de l'atelier.....	147
Image 685 : Fête de fin de l'atelier.....	148
Image 686 : Fête de fin de l'atelier.....	148
Image 687 : Sable de mauvaise qualité (haute teneur d'argile et taille du grain inhomogène).	149
Image 688 : Sable de mauvaise qualité (haute teneur d'argile).	149
Image 689 : Sable propre (sans argile) mais avec taille du grain inhomogène. Cette qualité de sable est bonne pour faire du béton, mais pour faire des enduits il faut la tamiser.	149
Image 690 : Dépôt de sable, gravier et briques.	149
Image 691 : Gravier concassé.....	150
Image 692 : Dépôt de gravier concassé.	150
Image 693 : Argile (sèche) et paille pour isoler le digesteur.....	150
Image 694 : Sable jaune, utilisé surtout pour les enduits du digesteur (?).	150
Image 695 : Pierres naturelles utilisées pour la construction de la toilette de famille Khaled.	150
Image 696 : Chaux de mauvaise qualité.....	150
Image 697 : Buses en béton de mauvaise qualité (cassées durant le transport).....	151
Image 698 : Ciment blanc CPJ 55.	151
Image 699 : Ciment Portland CPJ 45. CPJ 45 sèche plus vite que CPJ35.	151
Image 700 : Briques (blocs) en béton 20 x 15 x 40 cm.	151
Image 701 : Mauvaise qualité des briques (béton trop faible).	151
Image 702 : Trois sortes de briques (blocs) : 20 x 10 x 40 cm, 20 x 15 x 40 cm, et 20 x 20 x 40 cm.	151
Image 703 : Briques (blocs) en béton 20 x 10 x 40 cm.	152
Image 704 : Pilier angulaire dans un bâtiment traditionnel à Dayet Ifrah.	152
Image 705 : « SikaLite » (produit similaire).....	152

Image 706 : Un préservatif coupé ouvert au bout attaché à l'urinoir empêche que des mauvaises odeurs remontent du tuyau.....	152
Image 707 : Urinoir Addicom (produit sud-africain en plastique) avec piège à odeurs « EcoSmellStop ». www.addicom.co.za	152
Image 708 : Fût 200 l en HDPE (pour additives pour alimentation animale), utilisé comme réservoir d'urine. Une ouverture pour brancher le tuyau, l'autre pour pomper.....	152
Image 709 : Pompe manuelle (pour vidanger le réservoir d'urine dans un bidon portable).	153
Image 710 : Siège de toilette à séparation d'urine (type indien de Shital Ceramics). Le compartiment à gauche est prévu pour les eaux de nettoyage anal. Dimensions : 895 x 425 mm (pièce nettoyage anale : 310 x 425 mm, pièce toilette : 585 x 425 mm). www.ruralsanitation.net	153
Image 711 : Moustiquaire.	153
Image 712 : Moustiquaire placé sous le chapeau au bout du tuyau de ventilation.	153
Image 713 : Porte de chambre fécale (fosse) avec gommage pour assurer la fermeture hermétique.	153
Image 714 : Poster provisoire sur l'utilisation correcte des TDSU.....	153