

**Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du  
Diplôme d'Ingénieur en Génie Rural  
Option : Infrastructures, Eau Potable et Assainissement**

**Projet Pilote d'Assainissement Écologique  
À Dayet Ifrah -Ifrane-  
Etude de cas : Evaluation de l'Introduction des  
Toilettes de Déshydratation à Séparation d'Urine**

**Présenté et soutenu publiquement par**

*M. Mourad EL-AOUNI*

**JURY**

<b>Pr. BARTALI El Houssine</b>	<b>(Président)</b>	<b>IAV Hassan II</b>
<b>Pr. BENMOUSSA Mohamed</b>	<b>(Rapporteur)</b>	<b>IAV Hassan II</b>
<b>M. KHIYATI ELGHALI Mohammed</b>	<b>(Co-Rapporteur)</b>	<b>GIZ</b>
<b>M. ABARGHAZ Youssef</b>	<b>(Examineur)</b>	<b>ONEP/ DPA</b>
<b>M. HAJJI Ali</b>	<b>(Examineur)</b>	<b>IAV Hassan II</b>

**Septembre 2011**

## ***DÉDICACE***

### **A MON CHER PÈRE Bouchta**

*Pour sa grandeur d'âme et sa tolérance, qu'il voit en ce travail l'expression de mon amour, de ma reconnaissance ainsi que l'aboutissement de ses sacrifices et de sa confiance. Que Dieu t'accorde Santé et longue vie.*

### **A MA CHERE MÈRE Rahma**

*Pour les peines et les sacrifices consentis pour mon éducation. Mon amour et profonde reconnaissance ne sauraient être exprimés en ce modeste travail. Puisse Dieu t'accorder Santé et longue vie.*

### **A MES CHERS FRÈRES et MA CHERE SOEUR**

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mes profond amour et gratitude ; puisse Dieu tout puissant vous protéger et vous procurent longues et heureuse vie. En témoignage de mon grand amour fraternel, je te réserve ma profonde affection.*

### **A TOUTE LA FAMILLE EL-AOUNI et ES-SLAYKI**

*En témoignage de mon amour et mon respect pour ce que vous êtes. Merci pour votre soutien.*

*Je vous dédie ce travail en gage de mon amour et mon respect.*

**A mes chers amis : Yassine, Younes, Youssef, Sofiane, Hicham,**

**Taoufiq,...**

*Veillez trouver ici l'expression de mon dévouement, ma reconnaissance et mon vif attachement.*

*EL-AOUNI Mourad*

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer, en quelques lignes, notre gratitude envers les personnes qui ont contribué à l'encadrement tant scientifique que logistique de ce travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer notre gratitude et notre profonde considération à notre encadrant Pr. Mohamed BENMOUSSA pour les précieux conseils, ses encouragements et son appui moral précieux qu'il nous a prodigué, en nous inspirant confiance et patience tout au long de notre travail.

Je tiens à remercier notre profonde reconnaissance à Mr. Mohammed ELGHALI KIYATI, conseiller technique GIZ , non seulement pour l'encadrement efficace qu'il a consacré à ce travail, ses judicieux conseils et ses orientations, aussi pour l'intérêt qu'il a manifesté à notre travail en nous indiquant lignes directrices de conception et les théories à développer pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement notre Professeur El Houssine BARTALI qui nous a fait l'honneur de présider le jury de travail. Nos remerciements s'adressent également au M. Youssef ABARGHAZ, ingénieur à l'ONEP/DPA, qui ont bien voulu examiner ce travail et l'enrichir de leurs remarques et leurs critiques.

Mes remerciements vont aussi à Madame Christine Werner, conseillère technique principale de la GIZ de bien vouloir accepter à passer mon stage au sein de cet organisme où j'ai appris plein de informations qui vont accomplir ma formation.

Je tiens remercier également Mr. Mustapha MAHI, chef de service à l'institut internationale de l'eau potable (ONEP) pour ses conseils et informations intéressantes pour ce présent travail.

Enfin, je remercie toute personne qui, de près ou de loin, nous a aidés à l'accomplissement de ce travail.

## AVANT PROPOS

Depuis 1975 la coopération technique allemande œuvre en étroite concertation avec ses partenaires marocains pour promouvoir un développement durable. Depuis le 1er janvier 2011 elle est active sous le nom de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ.

Les pôles d'intervention prioritaires de la coopération maroco-allemande sont les secteurs du développement économique durable, de la gestion de l'eau et de l'environnement et du changement climatique. La GIZ appuie également l'intégration de l'approche genre dans les politiques de développement économique et sociale. La GIZ est une entreprise d'utilité publique. Son commettant principal est le Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement. Toutefois, elle opère également pour le compte d'autres ministères allemands et pour des organismes internationaux.

A travers le programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIRE), la coopération maroco-allemande apporte un appui au gouvernement marocain dans la mise en œuvre de sa Stratégie Nationale de l'Eau. L'objectif principal de ce programme est l'amélioration de la gestion durable et intégrée des ressources en eau au Maroc qui se décline en quatre sous-objectifs :

-  L'amélioration de la concertation, de la mise en œuvre, du contrôle et du suivi de la planification des ressources en eau.
-  La préservation des eaux souterraines.
-  La réutilisation des eaux usées.
-  Le renforcement de la participation des acteurs au suivi, à la gestion et à la préservation des ressources en eau.

Le programme AGIRE en collaboration avec la chaire UNESCO « Eau, Femmes, et Pouvoir de Décision », a lancé le projet pilote d'assainissement écologique « ecosan » dans un douar du Moyen Atlas marocain afin de promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau, la protection de l'environnement et la santé des populations. Le projet consiste en la construction de toilettes à séparation d'urine, d'installations de biogaz et de filtres plantés, permettant ainsi aux bénéficiaires du projet de réutiliser leurs eaux usées tout en générant de l'énergie et de la matière nutritive valorisable en agriculture.

Le présent projet de fin d'étude constitue une action de coopération et de collaboration technique et scientifique entre l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II et le programme AGIRE. Il consiste au suivi de fonctionnement technique des installations des TDSUs.

## ABSTRACT

The ecological sanitation pilot project was implemented in Dayet Ifrah village. The was started with sensitive training for people in 2009 on the importance of sanitation, water pollution and its effects on human health and environment. A feasibility study project was set up for construction work (TDSUs, bio-digester and filter planted) for beneficiaries in June 2010.

This study was carried to monitor the proper operation of the toilets facilities of urine-diverting dehydration (TDSU) for corrections, and the level of comfort given to the beneficiaries and the adoption of the systems for the rest of the populations . The means elements of this study are an economic and monitoring of the physic-chemical and microbiological urine.

TDSUs facilities of the project are in place was worked with some limitations that need to be corrected, the members of beneficiaries households are satisfied from applied of sanitation system. is not widely used due to unavailability at the house, urinating habits in nature, lack of awareness of the agronomic value of urine. Most of the villagers want to convert and adopt the new ecosan system due to good management of excreta through the system and the type of bedrock that prevents the digging of wells lost, but the majors obstacles of adoption are low income and reputation for agricultural products by reusing the feces as fertilizer.

Microbiological testing revealed that while there are risks in using the urine in agriculture, but given the security measures popularized, these risks are minor and should not constitute an obstacle to the extension of the approach .Analyses of the samples revealed that the content of NPK liquid fertilizer is even above some reference values, reflecting their agronomic quality.

The TDSU is a competitive system for the conventional system the most appropriate "septic tank" and more economically suitable for the environment with a good reuse of excreta in agriculture.

## RESUME

Le projet pilote d'assainissement écologique mis en œuvre à Dayet Ifrah a commencé par des séances de sensibilisation en 2009 de population du douar sur l'importance de l'assainissement, la pollution de l'eau et ses effets sur la santé humaine et l'environnement. Une étude de faisabilité de projet était mise en place pour la construction des ouvrages (TDSUs, bio-digesteur et filtre planté) pour les bénéficiaires en juin 2010.

Le présent travail consiste au suivi du bon fonctionnement des installations des toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU) à des fins des corrections, ainsi que le niveau de confort rendu aux bénéficiaires et l'adoption de systèmes par le reste de la population. Une étude économique et un suivi des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'urine font une bonne partie de ce présent rapport.

Les installations des TDSUs du projet mis en place sont en bon fonctionnement avec quelques anomalies qui sont dues à l'absence de main d'œuvre qualifiée et qu'il faut les corriger, les membres des ménages bénéficiaires sont satisfaits pour ce système d'assainissement. Il n'est pas fréquemment utilisé en raison de la non disponibilité des membres de ménage à la maison, leurs habitudes à uriner dans la nature et le manque de conscience de la valeur agronomique d'urine. La plupart des villageois veulent se convertir et adopter le nouveau système ecosan en raison de la bonne gestion des excréments par ce système et le type de sol rocheux qui empêche le creusement des puits perdus, mais les obstacles qui freinent cette adoption sont le faible revenu et la réputation pour le produit agricole du douar en réutilisant les excréments comme fertilisant.

Les analyses microbiologiques des streptocoques fécaux et coliformes fécaux ont permis de constater qu'il existe certes des risques à utiliser les urines dans l'agriculture, mais au vu des mesures de sécurité vulgarisées, ces risques sont mineurs et ne doivent pas constituer un frein à la vulgarisation de l'approche. Les analyses des échantillons, ont permis de constater que la teneur en NPK de l'engrais liquide est même au-dessus de certaines valeurs de référence, ce qui dénote leur qualité agronomique.

La TDSU est un système compétitif pour le système conventionnel le plus approprié « fosse septique » économiquement et plus convenable pour l'environnement avec une réutilisation saine des excréments dans l'agriculture.

Mots clés : Assainissement écologique, TDSU, Adoption, évaluation, fertilisant, excréments humains.

# SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	IV
ABSTRACT.....	V
RESUME.....	VI
SOMMAIRE.....	VII
LISTES DES ABREVIATIONS.....	XI
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTES DES FIGURES.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PROBLEMATIQUE.....	3
OBJECTIFS.....	4
METHODOLOGIE.....	5
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIE.....	6
1. Définition de l'assainissement :.....	6
2. Assainissement conventionnel.....	7
2.1. Définition.....	7
2.2. L'assainissement collectif.....	7
2.3. L'assainissement non collectif « autonome ou individuel ».....	8
2.4. Contraintes de système d'assainissement conventionnel :.....	10
2.4.1. Cas d'Assainissement collectif.....	10
2.4.2. Cas d'Assainissement Non-collectif ;.....	11
3. L'assainissement écologique.....	11
3.1. Définition.....	11
3.2. Avantages de l'assainissement écologique.....	13
3.3. Enjeux de l'assainissement écologique.....	14
3.4. Concept Ecosan.....	14
3.5. Technologie Ecosan.....	15
3.6. Approches de choix et de mise en œuvre de la technologie appropriée.....	16
3.7. Latrines Ecosan.....	17
3.7.1. Latrine à double fosse vietnamienne :.....	18
3.7.2. Latrine à chauffage solaire « Tec pan » du Salvador :.....	19
3.8. Toilettes de déshydratation à séparation d'urines (TDSU).....	19
3.8.1. Principe.....	19
3.8.2. Critères du système :.....	20
3.8.3. Description du système :.....	20
3.8.4. Dimensionnement de TDSU.....	23
4. Produits de TDSU.....	25

4.1.	L'urine.....	25
4.1.1.	Composition de l'urine.....	25
4.1.2.	Les Pathogènes de l'urine .....	26
4.1.3.	Toxicité de l'urine .....	27
4.2.	Fèces humains.....	28
4.2.1	Compositions des fèces :.....	28
4.2.2	Pathogènes dans les fèces :.....	28
4.3.	Les Eaux Grises.....	29
4.3.1.	Composition des eaux grises .....	30
4.3.2.	Nutriments dans les eaux grises .....	30
4.4.	Traitement hygiénisant.....	31
4.4.1.	Généralités.....	31
4.4.2.	Traitement des urines .....	31
4.4.3.	Traitement des fèces.....	32
4.4.4.	Traitement des eaux grises .....	33
4.5.	Valorisation agricole .....	34
4.5.1.	Valorisation agricole d'urine.....	34
4.5.2.	Valorisation agricole de la matière fécale.....	35
4.5.3.	Valorisation des eaux grises épurées en irrigation.....	35
5.	Barrières sanitaires et prévention des risques .....	35
6.	Exigence légale pour la protection de l'environnement.....	38
6.1.	Charte communale .....	38
6.2.	Assainissement autonome dans la loi sur l'eau.....	39
6.3.	Normes de rejet .....	39
6.4.	Protection de l'environnement.....	40
6.5.	Le déversement des eaux usée et la loi .....	40
6.6.	Projet de loi N° 22-07 sur les aires protégées .....	41
7.	Présentation de la zone de projet : douar Dayet Ifrah .....	42
7.1.	Situation géographique : .....	42
7.2.	Caractéristiques socio-économiques.....	42
7.3.	Le climat du milieu : .....	43
7.4.	Choix de douar pour le projet : .....	43
<b>PARTIE II : MATERIELS ET METHODES .....</b>		<b>45</b>
1.	Evaluation de l'état des installations fonctionnel et architectural.....	45
2.	Analyse physicochimique et bactériologique d'urine.....	46
2.1.	Échantillonnage.....	46
2.2.	Analyse physico-chimique de l'urine (N, P, K).....	47

2.3. Les Analyses Bactériologique.....	49
3. Evaluation de niveau du confort rendu et l'acceptabilité de TDSU.....	53
4. Evaluation économique de TDSU installé à Dayet Ifrah. ....	54
<b>PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>56</b>
1. Evaluation de l'état fonctionnel et architectural des TDSU.....	56
1.1. La superstructure : .....	56
1.2. La porte : .....	57
1.3. L'urinoir : .....	59
1.4. Lavabo : .....	59
1.5. L'espace douche : .....	60
1.6. Le dispositif de séparation : .....	61
1.7. L'adjuvant utilisé pour la couverture des fèces : .....	63
1.8. Les fosses de stockage: .....	64
1.9. Les canalisations : .....	65
1.10. Le tuyau de ventilation : .....	66
1.11. Le bidon de collecte d'urine : .....	67
1.12. Le puits d'infiltration : .....	69
1.13. Le filtre planté : .....	70
2. Evaluation des flux sortant du TDSU (Urine, matière fécale). ....	71
2.1. La quantité d'urine produit après une année de fonctionnement. ....	71
2.2. La quantité de la matière fécale collectée après une année de fonctionnement....	73
3. Caractéristiques physicochimiques des échantillons d'urines .....	76
3.1. Le pH .....	76
3.2. Conductivité.....	76
3.3. Caractéristiques agronomiques des échantillons d'urines .....	77
3.3.1. L'azote.....	77
3.3.2. Le phosphore .....	77
3.3.3. Le potassium .....	78
3.3.4. Sodium .....	78
3.3.5. Le Calcium .....	79
3.3.6. Autres éléments. ....	79
4. Caractéristiques bactériologiques des échantillons d'urines .....	79
5. Les facteurs de risque de contamination dans le circuit ecosan. ....	80
6. Evaluation du niveau confort rendu à la population de village.....	81
7. L'adoption et acceptabilité du système Ecosan.....	82
8. Valorisation agricole. ....	83
8.1. Enquête avant valorisation : .....	83

8.2.	Enquête Apres la réalisation de jardin d’essai. ....	84
8.3.	Le revenu de la valorisation d’urine en agriculture. ....	85
9.	Etude économique du projet Ecosan. ....	86
9.1.	Couts de différentes installations de TDSU.....	86
9.2.	Description technique des composants de la latrine : .....	86
9.2.1.	Cout de la TDSU avec Douche construit en Moellons : .....	87
9.2.2.	Cout de la TDSU avec Douche construit en Briques de parpaing : .....	88
9.2.3.	Cout de la TDSU sans douche construite en brique de parpaing : .....	90
9.2.4.	Coût de construction d’une toilette conventionnelle sans système de traitement des eaux usées. ....	91
9.3.	Comparaison de système Ecosan (TDSU) et la fosse septique : .....	92
10.	Discussion Générale .....	95
	CONCLUSION : .....	98
	RECOMMANDATIONS : .....	99
	LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	102
	ANNEXES .....	

## **LISTES DES ABREVIATIONS**

- ABHS** : Agence du bassin hydraulique de Sebou
- AEP**: Alimentation en eau potable.
- AGIRE** : Appui à la gestion intégré des ressources en eau
- AUE** : Association d'utilisateur d'eau.
- AUI**: Université Al Akhawayn Ifrane.
- CREPA** : Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement
- DBO5** : Demande biologique en oxygène en 5 jours
- DED**: Service Allemand de Développement (Deutschem Entwicklungs dienst)
- DRPE** : Direction de recherche et de planification des eaux (SEEE)
- ECOSAN** : écologique sanitation (Assainissement écologique)
- GIZ**: Société allemande pour la coopération internationale (Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
- HCP** : Haut Commissariat au Plan
- IAV**: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- MAD** : marocain dirham
- MES** : Matière en suspension
- NPK** : Azote Phosphore potassium
- OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement
- OMS** : Organisation mondiale de la santé
- ONEP**: Office nationale de l'eau potable
- PAGER** : Programme d'Alimentation Groupée en Eau Potable Rurale
- PH** : Potentiel hydrogène
- PVC** : Le polychlorure de vinyle
- SEEE** : secrétariat d'état chargé d'eau et d'environnement
- TDSU** : Toilette de Déshydratation à séparation d'urine.
- UE**: Union Européen
- UNESCO** : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
- VIP** : Ventilated improved pit

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Diverses hypothèses sur le dimensionnement des fosses et bidons d'urine (ABARGHAZ.2009).....	25
Tableau 2:Composition de l'urine Eau Composés organiques Les minéraux .....	26
Tableau 3: recommandations de temps de stockage pour l'urine (OMS.2006).....	32
Tableau 4:recommandations de temps de stockage pour la matière fécale (OMS.2006). .....	33
Tableau 5:Les niveaux d'efficacité de ces barrières (OMS. 2006) .....	37
Tableau 6:Valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements d'eaux usées domestiques. (Bulletin Officiel n° 5448 du Jeudi 17 Août 2006).....	39
Tableau 7: résultats d'évaluation fonctionnel des TDSUs.....	56
Tableau 8: Estimation de la quantité d'urine collectée après une année de fonctionnement ...	71
Tableau 9:Estimation de la quantité de matière fécale collectée après une année de fonctionnement.....	74
Tableau 10: le PH des échantillons .....	76
Tableau 11:la conductivité des échantillons.....	77
Tableau 12:le phosphore des échantillons.....	77
Tableau 13: le potassium des échantillons .....	78
Tableau 14: le sodium des échantillons.....	78
Tableau 15:Resultats des analyses microbiologiques .....	80
Tableau 16: le cout de la TDSU avec douche en moellons.....	88
Tableau 17: le cout de la TDSU avec douche en brique de parpaing .....	90
Tableau 18: cout de la TDSU sans douche en brique de parpaing.....	91
Tableau 19: comparaison entre la fosse septique et TDSU.....	94

## LISTES DES FIGURES

Figure 1: Assainissement collectif ( <i>Guide de toilette sèche. 2009</i> ) .....	8
Figure 2: Assainissement individuel « non collectif » ( <i>Guide de toilette sèche. 2009</i> ).....	10
Figure 3: Principe de gestion durable des eaux et éléments nutritifs ( <i>WERNER.C. 2010</i> ).....	12
Figure 4: boucle de l'assainissement Ecologique .....	15
Figure 5: différentes composantes du système d'assainissement écologique .....	16
Figure 6: vue au plan de la TDSU .....	22
Figure 7: coupe verticale de la TDSU.....	22
Figure 8: composition des eaux domestiques.....	30
Figure 9: Urine humaine répandue sur le champ mécaniquement en suède ( <i>WERNER.C.2010</i> ) .....	35
Figure 10: Les voies de transmission des pathogènes entériques ( <i>Esrey et al.1998</i> ).....	36
Figure 11: Le rôle de la latrine ECOSAN comme barrière sanitaire ( <i>CREPA, 2009</i> ) .....	37
Figure 12: situation géographique de la zone de projet .....	42
Figure 13: Schéma d'un appareillage d'analyse par émission: source/ dispersion/ détection ( <i>ICP-AES Bases</i> ) : .....	49
Figure 14: schéma de la filtration (sous vide).....	51
Figure 15: rampe pour l'escalier de la TDSU ( <i>Stefan DEEGENER.2010</i> ).....	57
Figure 16: porte d'accès à la TDSU.....	58
Figure 17: les portes de vidange des fosses.....	58
Figure 18: urinoir sans eau .....	59
Figure 19: alimentation du lavabo en eau .....	60
Figure 20: bidon d'eau à terre chez la famille J.....	60
Figure 21: rideau de séparation de l'espace douche .....	61
Figure 22: comparaison entre les dispositifs de séparation mises à Dayet Ifrah.....	62
Figure 23: ajout de la cendre dans la fosse pour atténuer le dégagement d'odeur .....	64
Figure 24: gestion des fosses de la TDSU.....	65
Figure 25: siphon d'évacuation des eaux recommandé pour la cuve de nettoyage anal.....	65
Figure 26: utilisation de canalisations pour la collecte des flux .....	66
Figure 27: tuyau de ventilation.....	67
Figure 28: bidon de collecte d'urine à Dayet Ifrah .....	68
Figure 29: collecte d'urine dans des petits bidons transvasés dans un grand réservoir.....	68
Figure 30: récupération d'urine hygiénisé pour le transport au champ ( <i>WERNER.C.2010</i> ). ....	69
Figure 31: puits d'infiltration des eaux de nettoyage anal.....	69
Figure 32: fonctionnement des filtres plantés de roseau .....	70
Figure 33: production d'urine chez la famille A.....	72
Figure 34: production d'urine chez la famille F .....	72
Figure 35: production d'urine chez la famille J .....	73
Figure 36: production d'urine chez la famille K.....	73
Figure 37: la production de la matière fécale chez la famille J.....	74
Figure 38: la production de la matière fécale chez la famille K .....	75
Figure 39 : la production de la matière fécale chez la famille A .....	75
Figure 40: la production de la matière fécale chez la famille F .....	76

## **INTRODUCTION GENERALE**

Les problèmes de l'eau actuellement présents dans plusieurs parties du monde, relatifs à sa pénurie croissante et à sa qualité qui se dégrade, deviennent de plus en plus sérieux. La situation de gestion des eaux usées et d'assainissement consiste à l'utilisation des eaux de surface et souterraines comme un évier pour les excréta humains et les eaux usées, Plus de 90 % des eaux usées et des excréta dans le monde sont soit mal traités ou pas du tout traités à l'évacuation. Résultant sur les dangers de santé grandissants, chaque jour, les maladies diarrhéiques tuent 5.000 enfants et chacun de ces décès est tragique et évitable, sur la pollution de l'environnement et de l'eau, sur la dégradation régulière des ressources naturelles et aussi sur la perte permanente des nutriments et de la matière organique de la couche végétale. L'approvisionnement en eau a souvent été prioritaire par rapport à la collecte et le traitement des eaux usées. A l'heure actuelle, il doit être reconnu que l'assainissement mérite une plus grande attention. Un assainissement de basse qualité affecte la vie au quotidien, spécialement celle des personnes pauvres. C'est le pauvre qui souffre le plus de la pénurie grandissante de l'eau, de la dégradation de sa qualité, des maladies liées à l'eau et de la dégradation dangereuse de l'environnement.

Les excréta non traités et les eaux usées contiennent de la matière organique, des nutriments pour les plantes, des oligoéléments, aussi bien que des bactéries pathogènes, des virus, des helminthes, des substances endocrines et des résidus médicaux. S'ils sont mal gérés, ils constituent une source importante de la propagation des maladies et des dangers environnementaux; au contraire s'ils sont bien gérés, ils peuvent contribuer positivement aux ressources locales.

Pour faire face à ces problématiques, une nouvelle approche de l'assainissement a été initiée dans plusieurs pays dont l'objectif premier est de proposer une alternative plus écologique au fonctionnement trop linéaire et parfois peu efficace des systèmes conventionnels. La mise en œuvre de l'assainissement écologique (ecosan) a démarré principalement sous la forme de projets pilotes ou de démonstration.

Au Maroc, 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 Akhawayne à Ifrane (AUI), le programme AGIRE du Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE) et de la GTZ soutient ces

partenaires dans la planification et la mise en œuvre d'un projet pilote d'assainissement écologique (ecosan) au village.

L'objectif général du projet est d'améliorer les conditions hygiéniques et écologiques par la réalisation de différentes technologies d'assainissement écologique visant la réutilisation et la valorisation des eaux usées, y compris leurs contenus en matière nutritives et énergétiques ainsi que 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.

Ce projet pilote comprend quatre composantes essentielles qui sont :

Séances de sensibilisation : organisation d'une campagne de sensibilisation depuis février 2009 sur l'assainissement écologique, valorisation de la matière fertilisante, valorisation énergétique et la santé.

Etude de faisabilité et choix des bénéficiaires : Réalisation en Mai 2009 d'une enquête ménage de 24 familles, dépouillement, analyse et présentation des résultats au centre en juin 2009 pour identifier les bénéficiaires pouvant recevoir les projets pilote en concertation avec l'autorité locale.

Démarrage de l'atelier de construction en décembre 2009 des toilettes ecosan (trois salle de bains avec TDSU et espace douche et une seule TDSU) en concertation avec les chefs de ménages pour choix de l'emplacement de différentes composantes de l'installation.

En fin, le suivi de bon fonctionnement de ces installations fait les principaux objectifs de cette étude.

Plusieurs solutions sont retenues pour l'assainissement de ce village. Dont une est les toilettes de déshydratation à séparation d'urine (TDSU, anglais : UDDT) sont projetées, permettant un assainissement hygiénique à prix économique, la protection de la nappe phréatique et la réutilisation des nutriments dans l'agriculture.

La présente étude de recherche consiste à évaluer le fonctionnement des installations d'assainissement écologique réaliser dans le cadre du projet pilote d'assainissement écologique a Dayet Ifrah et la valorisation des produits Par GIZ, en collaboration avec l'ONEP, l'université Mohammed V-Agdal, faculté des sciences rabat et l'institut agronomiques et vétérinaires Hassan II.

## PROBLEMATIQUE

Au Maroc, Malgré les efforts considérables déployés par les pouvoirs publics au niveau du Royaume dans le secteur de l'assainissement liquide en milieu rural, ce dernier souffre d'un important retard. La plupart des douars marocains sont dépourvu d'un réseau d'assainissement due à leurs couts exorbitants pour l'installation d'un réseau d'assainissement collectifs. L'assainissement de la population rural reste basée sur un système autonome constitue de toilette à sache d'eau raccordé à un puits perdu, même dépourvu de toilette à la maison. Ce système d'assainissement engendre un risque de pollution des eaux souterraines et superficielles, et l'insalubrité des conditions de vie.

Le monde rural a été ciblé par plusieurs programmes visant l'amélioration des conditions de vie de la population et sa desserte en équipements et infrastructures de base. Il s'agit du Programme d'Alimentation Groupée en Eau Potable Rurale (PAGER) basé sur une approche participative impliquant les populations dans toutes les phases du projet. Les efforts déployés ont permis de faire passer le taux d'accès à l'eau potable en milieu rural de 14% en 1994 à 90% en 2009, alors que le taux de raccordement à un réseau d'assainissement en milieu rural de ne dépasse pas les 40% de la population. Cependant, il n'est pas nécessaire d'employer de l'eau pour avoir une toilette moderne et hygiénique. Une nouvelle technologie d'assainissement écologique « Ecosan » offre une solution pour les maisons rurales ainsi que pour les salles de bains les plus élégantes. Appelé Toilette de Déshydratation à Séparation d'Urine (TDSU). Cette toilette permet de :

- Économiser l'utilisation de l'eau potable et Être installé entretenu facilement.
- Collecter et piéger les nutriments et Rendre la gestion facile des eaux usées. Protéger les ressources hydriques et éviter la pollution des eaux souterraines et de surfaces.

La présente étude de recherche consiste à évaluer le fonctionnement des installations d'assainissement écologique réaliser dans le cadre du projet pilote d'assainissement écologique a Dayet Ifrah et la valorisation des produits ecosan par la GIZ, en collaboration avec l'ONEP, l'université Mohammed V-Agdal, faculté des sciences rabat et l'IAV Hassan II. Cette évaluation Consiste en l'analyse du fonctionnement des installations ecosan réalisées, l'évaluation de l'acceptabilité et de l'appropriation des installations par la population, la réévaluation des couts de réalisation, de l'opération et des bénéfices de la valorisation des produits et a l'élaboration de recommandations pour l'amélioration des installations et de leur dimensionnement.

## OBJECTIFS

Le présent travail a pour Objectif Capitaliser la réalisation des systèmes Ecosan au profit de l'ensemble des localités rurales marocaines intéressées par la séparation la réutilisation des nutriments contenus dans les déchets humains.

- ❖ Amélioration des conditions hygiéniques et écologiques de la population du village par la réalisation de différentes technologies d'assainissement écologique.
- ❖ Evaluation de fonctionnement et l'état technique de l'installation de la toilette de déshydratation à séparation d'urine(TDSU).
- ❖ Évaluation de l'acceptabilité et de l'appropriation des TDSUs par la population du village comme solution d'assainissement rural (niveau de confort).
- ❖ Evaluation des différents flux de matières entrant (eau) et flux sortant (urines, fèces, eaux grises).
- ❖ Evaluation de la performance Traitement de l'urine collectée par les TDSUs et la valorisation de cette dernière dans l'agriculture comme engrais organique fertilisant du sol.
- ❖ Réévaluation économique des coûts de réalisation, de l'opération et les bénéfices de la réutilisation des produits de TDSUs.
- ❖ Elaboration des recommandations pour l'amélioration technique des installations des TDSUs et leur dimensionnement

## METHODOLOGIE

Afin de répondre aux objectifs tracés pour réaliser notre travail, nous allons adopter une démarche de développement précise et structurée qui consiste à la réalisation des tâches suivantes :

- Etude bibliographique afin de comprendre Le principe de l'éco-assainissement et de la technologie TDSU, une description de différentes composantes cette dernière et leur rôle. Utilisations d'urine et de la matière fécale dans l'agriculture
- Diagnostic et Évaluation de l'état initial et de fonctionnement des installations TDSU on organisant des visites de 4 à 5 jours de séjour au village concerné 2 fois par mois.
- Réalisation une enquête basée sur un questionnaire élaboré au préalable pour Evaluation du confort rendu par TDSU et l'adoption et l'approbation de cette technologie d'assainissement par la population de village.
- Evaluation et quantification de différents flux entrants et sortants de ce dispositif TDSU.
- Réalisation d'une étude et analyse physico-chimique et microbiologique pour l'urine et évaluer la performance de leur traitement par le stockage au but de réutilisation dans des conditions saines et hygiéniques dans domaine agricole comme fertilisant.
- Réalisation d'un jardin expérimentation pour évaluer l'effet fertilisant de l'urine pour les cultures appliquées.
- Analyse économique de différentes composantes de la TDSU et la réévaluation de cout réalisation, l'opération .après on propose des solutions d'optimisation économique et technique pour ces installations TDSU.
- À la lumière de ce développement de sujet, on va élaborer des recommandations pour l'amélioration technique de ces installations et leur dimensionnement.

## **PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIE**

### **1. Définition de l'assainissement :**

L'assainissement a une multitude de définitions dans la littérature, selon les auteurs. Le dictionnaire Larousse définit l'assainissement comme l'ensemble des techniques d'évacuation et de traitement des eaux usées et des boues résiduaires.

L'OMS a défini l'assainissement en 1949 comme « un ensemble d'actions visant à améliorer les conditions qui, dans le milieu physique de la vie humaine, influent ou sont susceptibles d'influer sur le bien-être physique, mental ou social des individus ou des communautés ». En 1998, elle a donné une autre définition comme étant l'ensemble des interventions destinées à réduire les risques pour la santé en assurant aux populations un environnement propre et mesures destinées à interrompre la transmission des pathologies. En d'autre terme, l'assainissement consiste à organiser l'évacuation ou la gestion hygiénique des excréta humains et animaux, des ordures et des eaux usées ; à lutter contre les vecteurs de maladies et à mettre en place les installations nécessaires à l'hygiène corporelle et à la propreté des habitations. Cette définition regroupe les comportements et les équipements qui agissent en synergie pour créer un environnement sain et salubre. (*SOGORE.A. 2006*)

En outre, l'assainissement est l'ensemble des techniques qui vise d'une part à assurer l'évacuation et le traitement des eaux pluviales, usées et les excréta humains ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels en compatibilité avec les exigences de la santé publique et d'autre part à collecter et éliminer les déchets solides protégeant la salubrité de l'environnement. En matière d'assainissement liquide, les eaux pluviales doivent être évacuées pour limiter la submersion des zones urbanisées. Les eaux usées doivent être évacuées sans stagnation loin des habitations car les déchets qu'elles contiennent sont susceptibles de donner nuisances ou même engendrer des épidémies; les eaux rejetées doivent satisfaire aux objectifs fixés pour le maintien et l'amélioration de la qualité des milieux naturels récepteurs.

Les eaux usées domestiques est une catégorie des eaux usées qui regroupe l'ensemble des eaux provenant des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en deux parties aux caractéristiques très différentes :

- 💧 Les eaux grises venant des éviers, lavabos, douches, lave-linge et lave-vaisselle. Elles contiennent généralement des graisses, des agents nettoyants (détergents) et des particules en suspensions (morceaux de nourriture, fibres de vêtements, ...)
- 💧 Les eaux vannes sont des eaux venant de système à chasse d'eau des excréments humains (urines et matières fécales), elles ont un petit volume mais renfermant la majorité de la pollution.

On parle de deux formes d'assainissement, l'assainissement conventionnel lorsqu'il s'agit de collecter et de traiter l'ensemble les eaux grises et les eaux vannes (excréments+urines) par différentes étapes permettant d'éliminer une proportion plus ou moins importante des différents polluants et de l'assainissement non conventionnel lorsqu'il s'agit de gérer les différents types de rejets domestiques et de les traiter sans grand effort (moindre cout ) tout en assurant la protection de l'environnement et une valorisation optimale des eaux traitées, des nutriments et de la matière organique surtout dans l'agriculture (*DJARIRI.M.L.2009*). Comme exemple d'assainissement non conventionnel, on peut citer Ecosan « écologique sanitation ». Dans ce qui suit, on ne traitera qu'Ecosan parmi les types d'assainissement non conventionnel.

## **2. Assainissement conventionnel**

### **2.1. Définition**

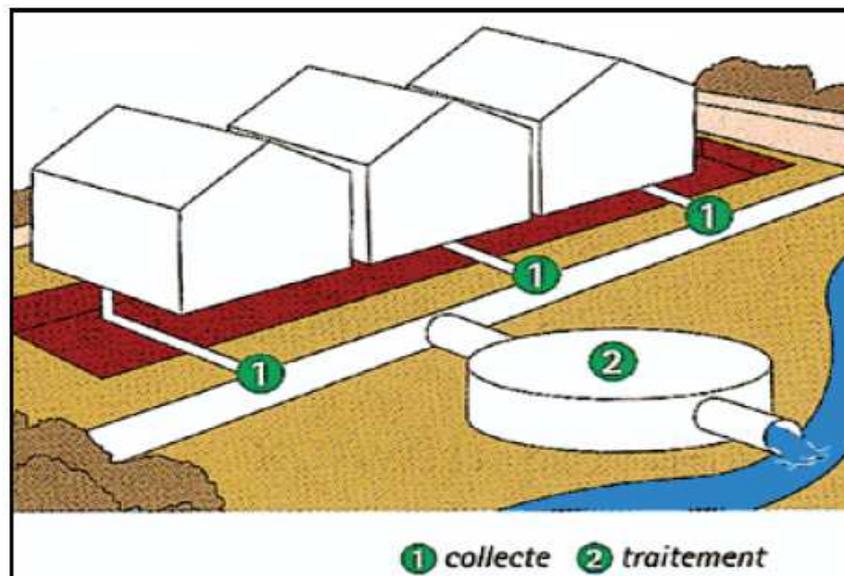
L'assainissement conventionnel consiste à collecter les eaux usées grises et les eaux vannes par les dispositifs de collecte et d'évacuation (réseaux collectifs ou systèmes autonomes/individuels) pour les traiter avant leur rejet dans les milieux récepteurs. Selon la nature et la dispersion de l'habitat et le choix de la collectivité, Il existe deux types d'assainissement conventionnel :

### **2.2. L'assainissement collectif**

C'est un système basé sur le mélange des fèces, urine, eau de rinçage et du papier toilette avec eaux grises, eaux pluviales et les effluents industriels. Ces flux sont collectés par le réseau d'assainissement dit collectif car il relie les différentes constructions de l'agglomération, ils sont évacués vers une station d'épuration avant d'être rejeter dans le milieu récepteur. En général, la construction, l'utilisation, l'entretien et le suivi de différents ouvrages relèvent des administrations publiques avec une possibilité de délégation de gestion

aux privés. L'inconvénient de l'assainissement collectif est l'hétérogénéité des flux d'eaux usées rejetées par les habitations et les industries du point de vue quantité, qualité et composition. D'autres inconvénients d'assainissement collectif ont été identifiés comme suit : (*HAKEM, 2006*) :

- ❖ Coût élevé d'investissement et de fonctionnement (Forte consommation d'énergie, maintenance des systèmes d'assainissement et traitement des eaux usées coûteux ...).
- ❖ Quantité importante de déchets non recyclables (38%) (*HAKEM, 2006*) et par conséquent une demande élevée en infrastructures de traitement (équipements d'incinération, décharges...).
- ❖ Besoin élevé en matières premières (ressources) et en énergie pour la production d'engrais. Alors qu'on perd des nutriments (azote et phosphore) qui peut être réutilisé dans l'agriculture, mais ces nutriments sont difficiles à récupérer.



**Figure 1: Assainissement collectif** (*Guide de toilette sèche. 2009*)

### **2.3. L'assainissement non collectif « autonome ou individuel »**

C'est un système d'évacuation des eaux usées, décentralisée appelé également « drop and store », il convient dans les zone d'habitat dispersé (milieu rural). Des systèmes d'assainissement sont mis en place pour chaque habitation (assainissement individuel) ou pour un petit groupe d'habitations (assainissement autonome). Typiquement, le dispositif

d'évacuation et de traitement des eaux usées qui dessert une résidence isolée se compose d'une fosse septique et d'un élément épurateur (*Guide pratique sur la protection et l'utilisation de votre INSTALLATION SEPTIQUE*).

Une installation septique est généralement constituée de deux composantes principales :

- 💧 Une fosse septique étanche (traitement primaire).
- 💧 un sol filtrant appelé champ d'épuration (traitement secondaire).

La fosse septique est un **réservoir** enterré, destinée à la collecte et à la liquéfaction des matières fécales contenues dans les eaux de vannes. Toute fois les eaux usées de la cuisine, de toilette, de bain, de buanderie ou lessive si vous voulez peuvent être admises sauf celles de pluie.

Ils se déroulent dans la fosse un Phénomène physique de séparation et un phénomène biologique de fermentation anaérobie.

■ **Phénomène physique de séparation** : les matières denses sédimentent et s'accumulent dans le fond de la fosse. Elles constituent les boues. Les particules légères telles que les graisses flottent et forment à la surface du liquide une couche appelée chapeau.

■ **Phénomène biologique de fermentation anaérobie** : ce phénomène détruit et liquéfie partiellement les matières organiques dégradables, ce qui se traduit par une réduction du volume des boues. Le phénomène de fermentation anaérobie basique dénommé digestion est du à des bactéries anaérobies qui transforment les composés organiques en acides organiques plus simple. Ensuite transformés en méthane (CH<sub>4</sub>), sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) et gaz carbonique. Ces gaz dégagent une odeur nauséabonde et doivent faire l'objet d'être évacués de la fosse par un système de ventilation.

Le champ d'épuration C'est un réseau de distribution des eaux usés sortant de la fosse septique, qui traite cet effluent à l'aide de processus naturels et qui redistribue l'eau dans le sol.

Pendant que l'effluent s'infiltré dans le sol, les micro-organismes sous la terre digèrent et éliminent les impuretés résiduelles (solide en suspension, produits chimiques organiques, virus, bactéries). Une pellicule biologique constituée de bactéries, qu'on appelle « lit bactérien », se forme au fond et sur les parois de chaque tranchée de distribution du champ d'épuration.

Avec le temps, les boues s'accumulent au fond de la fosse septique, si on les laisse s'accumuler, elles finiront par se déverser dans le champ d'épuration et le boucher. C'est pourquoi la vidange de votre fosse septique devra être faite lorsque la couche de boues aura atteint 30 cm d'épaisseur, ou lorsque la couche d'écume aura atteint 12cm d'épaisseur.

Le recours à un système d'assainissement autonome peut avoir plusieurs causes :

- 🔹 l'absence d'un système collectif qui peut être dû au coût trop élevé des équipements, du fonctionnement et de l'entretien du système dans les zones où l'habitat est dispersé.
- 🔹 les obstacles techniques qui peuvent empêcher la création d'un réseau ou le raccordement d'un bâtiment.

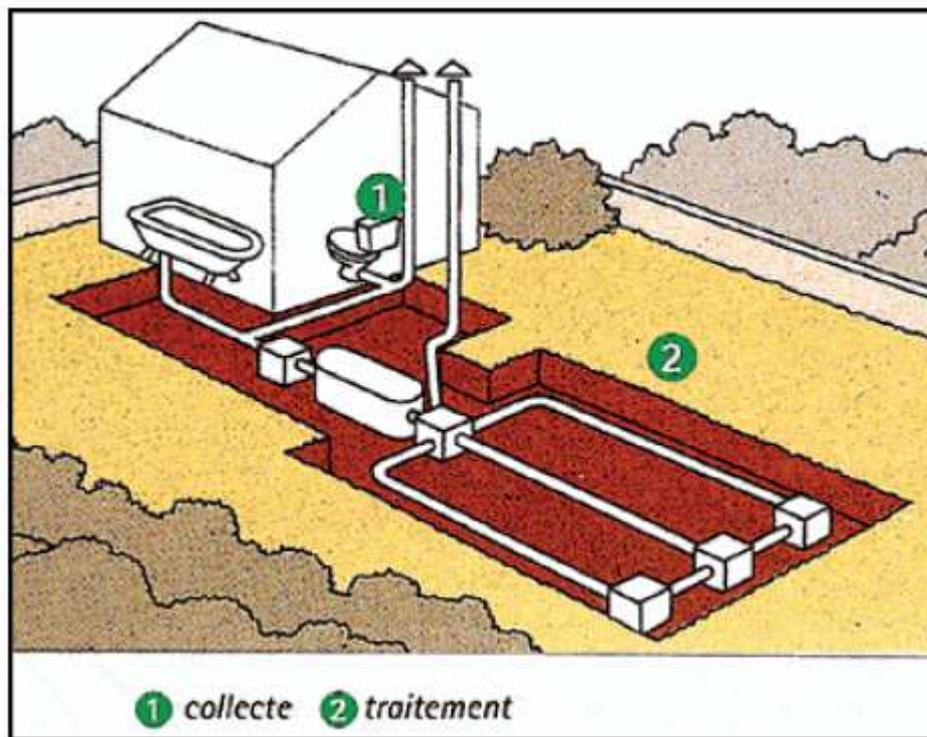


Figure 2: Assainissement individuel « non collectif » (*Guide de toilette sèche. 2009*)

#### 2.4. Contraintes de système d'assainissement conventionnel :

Quelque soit l'assainissement, collectif ou individuel, il est toujours confronté à des contraintes majeures telles que :

##### 2.4.1. Cas d'Assainissement collectif

L'assainissement collectif conventionnel présente des inconvénients et contraintes majeures (*WERNER.C.2010*) sont :

- 💧 Traitement insuffisant (environ 90 % des eaux usées dans le monde non traités) ;
- 💧 Consommation de l'eau potable pour la chasse des déchets et leur transport;
- 💧 Pollution sévère des eaux et risques hygiéniques ;
- 💧 Investissements très chers, coûts de maintenance et d'énergie élevés.
- 💧 Subvention fréquente des zones prospères et négligence au niveau des lotissements pauvres
- 💧 Perte de nutriments contenus dans les excréta et perte de la productivité des sols agricoles
- 💧 Manque de durabilité de l'approche linéaire «end of pipe»

#### **2.4.2. Cas d'Assainissement Non-collectif ;**

L'assainissement non-collectif (individuel) conventionnel présente des inconvénients et contraintes majeures (*WERNER.C.2010*) sont :

- 💧 Orientation vers l'infiltration des liquides, rétention seulement des solides
- 💧 Risque de pollution des eaux souterraines (nitrates, virus)
- 💧 Traitement insatisfaisant des boues et risques hygiéniques
- 💧 Mélange fréquente des boues avec déchets solides
- 💧 Evacuation des fosses difficile et chère.
- 💧 Systèmes de gestion et de réutilisation hygiénique des boues n'existent guère
- 💧 Risque de débordement des boues dans les zones d'inondations et lors des pluies ;
- 💧 Difficultés en régions rocheuses ;
- 💧 Manque de pérennité des constructions
- 💧 Intégration pas possible dans les maisons
- 💧 Nuisances d'odeur, insectes etc., peu de confort, peu de prestige.

### **3. L'assainissement écologique**

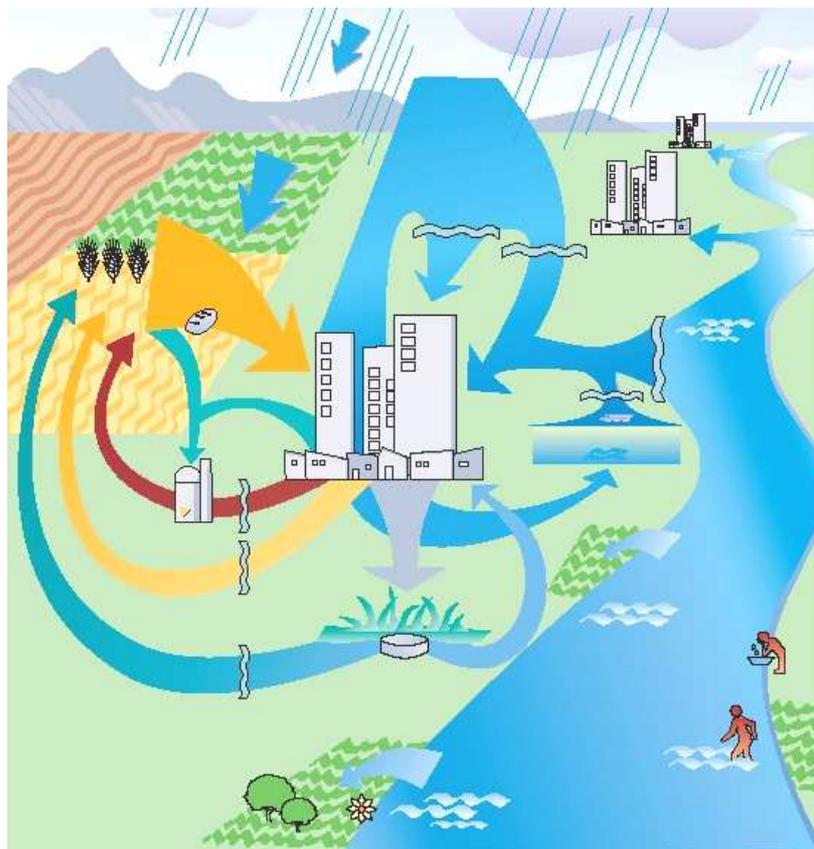
#### **3.1. Définition**

Selon **Adissoda.Y et al. (2004)**, l'Assainissement Ecologique se définit comme une nouvelle approche intégrée de la gestion des déchets solides et liquides. Elle est fondée sur la réutilisation et la conservation des ressources naturelles. Elle a pour objectif de préserver la santé humaine, d'augmenter la fertilité des sols et de réduire les nuisances causées à l'environnement. Pour **Singare (2002)**, les principaux objectifs de l'Assainissement sont de trois types à savoir :

- la protection de la santé,
- l'amélioration des conditions de vie,
- la protection de l'environnement.

L'amélioration des conditions de vie d'une population passe obligatoirement par la collecte et le traitement des excréta qui sont susceptibles de transmettre des maladies directement ou de polluer les ressources en eau disponibles. (*Esray et al. 2001*) avancent que l'Assainissement Ecologique considère les excréta humains comme une ressource qui doit être recyclée plutôt que comme un déchet à évacuer.

Le concept Ecosan cherche à rompre la démarche classique du «tout à l'égout». Il est conçu de manière à fermer la boucle du processus cyclique entre les aliments agricoles (les entrants) et les déchets jeté par la population(les sortants) et ainsi préserver l'environnement.



**Figure 3:Principe de gestion durable des eaux et éléments nutritifs (WERNER.C. 2010)**

Les différentes composantes de l'assainissement, à savoir les déchets solides et liquides, comportent des potentiels de valorisation importants qui peuvent générer des revenus pour la population. Pour ce faire, un certain nombre de principes sont à observer.

Il s'agira entre autres de :

- 💧 Considérer les déchets comme une ressource à exploiter/valoriser (production de matières premières d'énergie et d'engrais), non plus comme une nuisance qu'il faut en débarrasser.
- 💧 Considérer la filière des déchets tant solides que liquides comme une activité économique et créatrice d'emplois.
- 💧 Concevoir un système de gestion des déchets intégrée et de proximité.

Ainsi, l'assainissement écologique peut se définir comme une approche de valorisation des déchets reconnaissant le déchet comme une ressource et non comme un rebut sans aucune valeur.

En effet, dans plusieurs régions du monde, des procédés de valorisation des déchets ont été mis en œuvre, l'utilisation de l'urine et des excréta humains ne date pas d'aujourd'hui, ainsi que le compostage des ordures ménagères ; pour cela Ecosan veut revenir à ces vieilles pratiques en les rendant sûres par la destruction des pathogènes contenus dans les déchets et faciliter la manutention pour les différentes utilisations.

### **3.2. Avantages de l'assainissement écologique.**

L'assainissement écologique avec système de TDSU présente des avantages très importants (*WERNER.C.2010*) qui sont les suivants :

- 💧 Amélioration de la santé publique par la minimisation des apports de pathogènes des excréta humains dans le cycle de l'eau.
- 💧 Favorisation de la réutilisation des eaux usées y compris les éléments nutritifs, les éléments traces et l'énergie renouvelable (p.ex. biogaz).
- 💧 Préservation de la fertilité des sols, amélioration de la productivité agricole.
- 💧 Préservation des ressources en eau et l'environnement.
- 💧 Préférence pour les systèmes d'écoulement partiels modulaires décentralisés, pour des solutions plus appropriées et coûts avantageux.
- 💧 Cycle d'écoulement des matières au lieu de rejet.

### 3.3. Enjeux de l'assainissement écologique

L'assainissement s'articule autour des enjeux à dimensions fondamentales interdépendantes, sanitaires, économiques et environnementales (*NGANDJON.J.A.K. 2010*) :

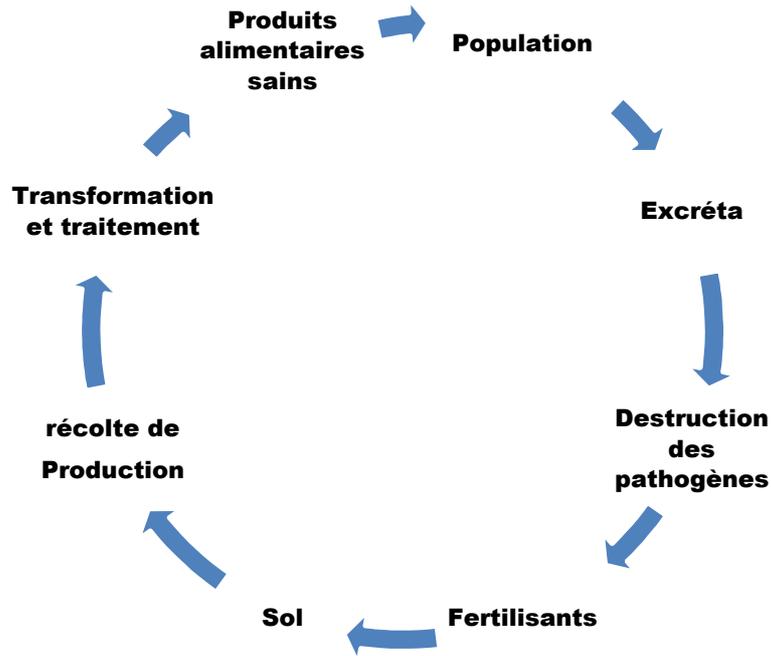
🔹 Point de vue sanitaire, l'assainissement serait une réponse prioritaire visant à enrayer certaines maladies infectieuses et protéger la santé humaine en se débarrassant de déchets et les évacuer loin de l'environnement de la vie humaine.

🔹 point de vue environnemental, le développement durable serait au cœur des problématiques de croissance et de l'aménagement d'un territoire c'est-à-dire répondre aux besoins de produire des biens et services sans altérer, ni porter atteinte ou détruire la qualité de l'eau, du sol, du sous sol et de l'air d'où la protection du milieu naturel.

🔹 Point de vue économique, la crise de l'eau dans le monde est aujourd'hui un frein structurel au développement des économies et de la promotion sociale des populations. Le principe de l'assainissement écologique permet la réduction de la consommation d'eau douce et la valorisation de l'eau épurée.

### 3.4. Concept Ecosan

Le concept de base de l'Ecosan prévoit que les problèmes d'assainissement peuvent être résolus plus durablement et plus efficacement si les nutriments contenus dans les déchets humains (excréta et les eaux usées) étaient recyclés et utilisés plutôt que d'être rejetés dans l'environnement (nappe phréatiques, rivières et autres exutoires) (*NGANDJON.J.A.K.2010*). Ce concept d'assainissement que nous appelant « assainissement écologique » ou « Ecosan » peut être définie de la façon suivante : « assainir et recycler ». Il est basé sur trois aspects fondamentaux : rendre les excréta humains sains, prévenir la pollution plutôt que d'essayer de lutter contre elle après qu'elle ait eu lieu, et utiliser les produits sains des excréta humains traités pour les activités agricoles et domestiques. Cette approche est un cycle durable, en boucle fermée qui combine l'assainissement (eaux vannes, eaux grises), les aspects agronomiques (valorisation des excréta comme engrais) et la production et la récupération du biogaz. Elle traite les excréta humains comme une ressource. Ceux-ci sont transformés sur place puis, si nécessaire, transformés ultérieurement ailleurs jusqu'à ce qu'ils soient exempts d'organismes pathogènes. Les fertilisants contenus dans les excréta sont alors réutilisés en agriculture et l'énergie sous forme du biogaz pour la cuisine, chauffage ou pour l'éclairage (*Esrey.S et al .1998*).



**Figure 4: boucle de l'assainissement Ecologique**

### **3.5. Technologie Ecosan**

Les technologies Ecosan employées dans le domaine de l'assainissement sont multiples, et la détermination d'un système Ecosan comme assainissement écologique n'est pas décision facile car Ecosan n'est pas une technologie spécifique, mais une nouvelle approche basée sur une vision éco-systémique axée sur des flux de matières. De ce point de vue, Ecosan offre une palette de technologie allant de la plus simple (Low-Tech) comme la toilette VIP à la plus complexe (High-Tech) comme la technologie membranaire. (NGANDJON.J.A.K. 2010).

La figure suivant nous donnera un aperçu des différentes options technologiques de collecte, de traitement et des possibilités de réutilisations des trois sources d'écoulement (les fèces, l'urine et les eaux grises pris en compte dans les systèmes d'assainissement écologique).

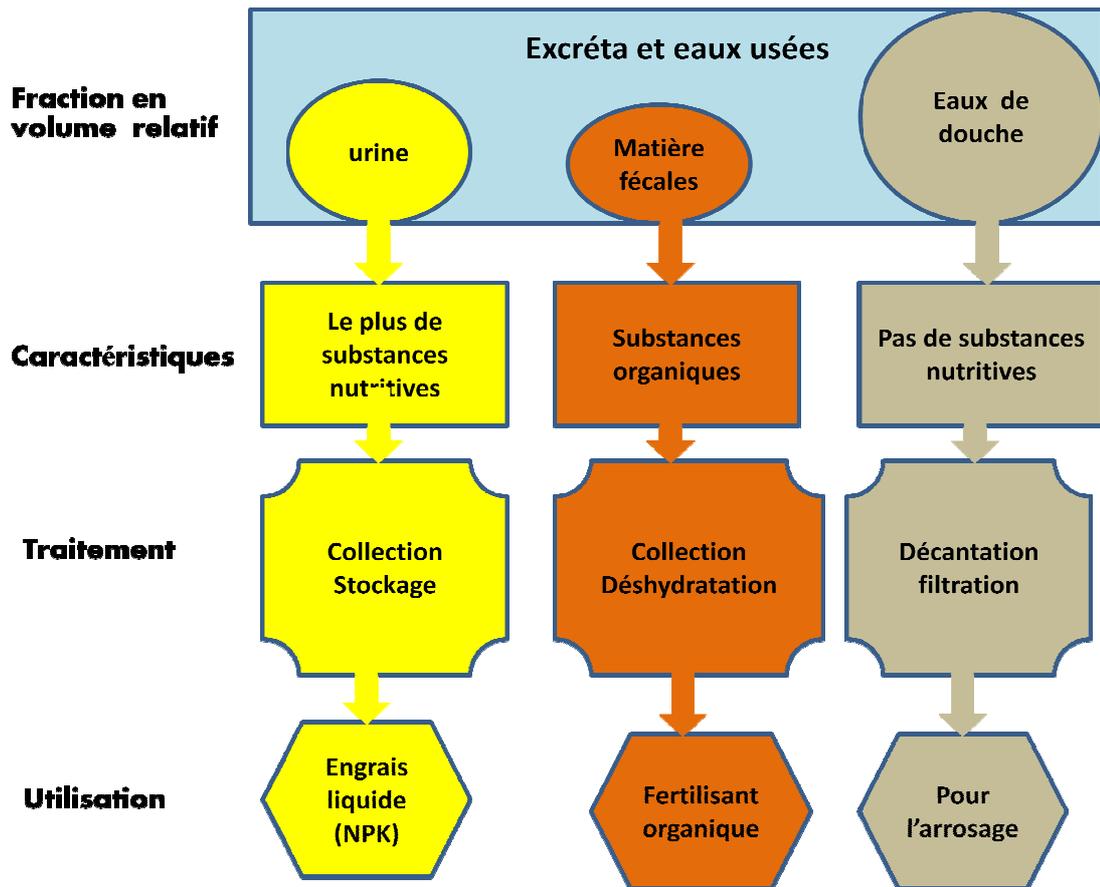


Figure 5: différentes composantes du système d'assainissement écologique

### 3.6. Approches de choix et de mise en œuvre de la technologie appropriée.

Le succès de l'assainissement est fonction de différents facteurs culturels et naturels à savoir la volonté d'utilisation des installations et des produits, la disponibilité ou le manque d'eau et les conditions climatiques (NGANDJON.J.A.K. 2010).

En général, le choix d'une technologie est fonction de :

- La disponibilité des déchets et son utilisation en ce sens que là où l'eau se fait rare, l'assainissement à sec est la première option à envisager.
- Le potentiel d'auto-assistance (la disponibilité de la main d'œuvre qualifiée) si les installations sont exploitées et entretenues par les utilisateurs, la technologie doit être adaptée à leur compétence.
- La densité d'habitation (l'espace disponible au sein d'une habitation) peut aussi imposer un choix en ce sens que chaque technologie de traitement appliquée

nécessite un espace différent des autres techniques et qui doit être aussi choisie en fonction de la disponibilité en espace.

- Le potentiel de réutilisation du produit devrait être préconisé lorsque les techniques d'assainissement à sec est en option comme la déshydratation ou les toilettes à compostage.
- Le climat est un facteur à prendre en compte parce que toute activité biologique est fonction de la température du milieu et la capacité de traitement augmente généralement avec la température.
- Les conditions du sol doivent être prises en compte pour les systèmes naturels comme les étangs, les zones humides ou les filtres de tranchées.
- La profondeur de la nappe phréatique est le facteur premier à prendre en compte parce que les eaux souterraines de consommation et les fluctuations saisonnières ne devraient pas être proches des points de traitement des eaux usées.
- Les coûts sont un facteur crucial pour la décision. Outre la construction, le fonctionnement et également l'entretien, l'exploitation de la technologie peut permettre de faire des économies ou de générer des recettes, et de ce fait pérenniser ou faciliter l'autogestion du système d'assainissement mis en place. Il est ainsi possible de réaliser des profits grâce à un système d'assainissement à l'instar du Bio-digesteur (production d'énergie et d'engrais), de la toilette à séparation de l'urine et des fèces (utilisés comme engrais) qui génèrent des ressources additionnelles pour les utilisateurs sur le terrain.

### **3.7. Latrines Ecosan.**

Les latrines Ecosan sont des dispositions techniques de construction permettant d'avoir les latrines surélevées hors sol où les matières fécales sont collectées dans un compartiment clos bien protégé. Elles sont équipées de dispositif de séparation d'urine et généralement conçues dans un souci de réduction des risques de transmission des maladies, l'infiltration des eaux de ruissellement ou de pluie (sans risque de dispersion des fèces dans l'environnement) ou de contamination des eaux souterraines. Elles sont classées selon le procédé principal utilisé pour parvenir à la destruction des germes pathogènes : la déshydratation ou la décomposition. La séparation des fèces des urines permet d'éviter la contamination de ces dernières par les germes pathogènes, ce qui les différencie des autres latrines. Les dispositifs permettant le chauffage des excréta par les radiations solaires

fournissent des rendements meilleurs en terme d'inactivation des germes pathogènes (*SOGORE.A.2006*).

La réutilisation des excréta implique parfois la manipulation des produits d'où la nécessité de favoriser moins le contact des fèces avec les urines dans le système de collecte, de transport et de réutilisation.

Etant un pays situé en zone de climat aride avec une saison des pluies variables et une saison tempérée long, le Maroc semble être favorable à l'approche de l'assainissement écologique. De ce fait les systèmes avec un procédé de déshydratation semblent plus appropriés. C'est ainsi que parmi les systèmes d'assainissement écologique basés sur la déshydratation, on trouve deux types de latrines (*SOGORE.A.2006*): la latrine à double fosse vietnamienne et de la latrine à chauffage solaire « Tec pan » du Salvador (fosse singulier).

### **3.7.1. Latrine à double fosse vietnamienne :**

Elle comporte deux compartiments entièrement construite hors sol et reposent sur une plate forme en béton d'épaisseur 10cm. La dalle de couverture comporte deux trous de défécation, des repose-pieds et une rigole pour les urines. A l'arrière se trouvent deux ouvertures de 40cm sur 40cm recouvertes avec une dalle en béton. L'intimité des usagers est assurée par une superstructure construite en parpaings et l'accès à la cabine par des escaliers (*Gonidanga, 2004*).

Les deux compartiments sont utilisés alternativement. Avant l'utilisation de la latrine, de la terre sèche est répandue au fond pour absorber l'humidité et empêcher les selles de se coller au fond. Après chaque défécation, l'on ajoute de la cendre pour absorber l'humidité, neutraliser les mauvaises odeurs et rendre les selles moins attirantes aux insectes et aux mouches. Les urines sont drainées dans un réservoir en arrière de la latrine.

Lorsque le premier compartiment est presque plein, on le remplit avec de la matière sèche, on scelle la dalle hermétiquement et il devient le compartiment de maturation. On ouvre Le deuxième compartiment et devient alors le compartiment d'accumulation. La vidange du premier compartiment a lieu lorsque le deuxième tend à se remplir.

### **3.7.2. Latrine à chauffage solaire « Tec pan » du Salvador :**

Il s'agit d'une latrine à fosse unique avec séparation des urines qui sont évacuées par un tuyau dans un réservoir. L'arrière de la fosse est dans un plan incliné avec une couverture (plaque chauffante) en tôle qui accumule les rayons solaires. La plaque chauffante permet de diminuer le temps d'hygiénisation des fèces. Elle est utilisée comme la Vietnamiennne mais avec un processus de déshydratation accéléré par la plaque chauffante(*SOGORE.A.2006*).

Ces types de latrine permettent la valorisation des urines et des excréta. Elles conviennent dans des zones lorsque les risques de pollution de la nappe phréatique sont élevés ou lorsque le sol est rocheux et difficile à creuser.

## **3.8. Toilettes de déshydratation à séparation d'urines (TDSU)**

### **3.8.1. Principe**

Le traitement le plus utilisé dans un système d'éco-assainissement est la déshydratation, pour but de détruire les organismes pathogènes, d'empêcher les nuisances et de faciliter le transport ultérieur et l'utilisation finale. La déshydratation signifie la réduction de l'humidité du contenu de la chambre de traitement jusqu'à moins de 25% par l'évaporation et l'ajout de matériaux secs (cendres, sable, sciure). Ni eau, ni matière végétale humide ne doivent être ajoutées dans la fosse de traitement. Il y a peu de réduction en volume en raison de l'ajout de matériaux secs et une décomposition minimale des matières organiques. Le résidu friable qui reste lorsque les fèces sèches sont extraites n'est pas du compost, mais plutôt une sorte de paillis riche en nutriments, carbone et matière fibreuse (*ABARGHAZ.2009*).

La déshydratation est une manière efficace de détruire les organismes pathogènes, particulièrement les œufs d'helminthes (*CREPA, 2005*), car elle les prive de l'humidité nécessaire à leur survie. Avec un taux d'humidité aussi réduit, il n'y a ni odeur, ni mouche. Dans la mesure où il y a une faible destruction des matières organiques, les papiers de toilettes et autres éléments déposés dans la fosse de traitement ne se désintègreront pas en raison du temps de stockage limité. Le papier toilette peut cependant être soit manipulé séparément, soit composté lors d'un traitement secondaire.

Les systèmes d'assainissement basés sur la déshydratation exigent une séparation des urines et de l'eau utilisée pour le nettoyage anal. Ces systèmes sont particulièrement

conseillés dans les climats secs, mais ils peuvent aussi fonctionner dans des climats humides, avec de simples dispositifs de chauffage solaire.

### 3.8.2. Critères du système :

Un système d'assainissement doit satisfaire, ou au moins tendre à la satisfaction des critères suivants (*Esrey S et al. 1998*) :

- ◆ Prévention de la maladie : un système d'assainissement doit être capable de détruire ou d'isoler les pathogènes d'origine fécale.
- ◆ Accessibilité : un système d'assainissement doit être à la portée des populations les plus pauvres du monde.
- ◆ Protection de l'environnement : un système d'assainissement doit empêcher la pollution, retourner les nutriments vers le sol, et protéger les ressources en eau.
- ◆ Acceptation : un système d'assainissement doit respecter les valeurs culturelles et sociales.
- ◆ Simple : un système d'assainissement doit être assez robuste pour être facilement entretenu dans les limites de la capacité technique, du cadre institutionnel et des ressources économiques locaux.

### 3.8.3. Description du système :

Le système mis en œuvre à Dayet Ifrah repose sur les principes de séparation des urines et des fèces et la déshydratation. Il permet la séparation des flux et leurs traitements pour une valorisation saine. Il est constitué des composantes suivantes :

- **La fosse de stockage** : deux fosses utilisées alternativement, quand la première est remplie à 75%, elle est remplie entièrement en terre sèche ou la cendre et fermée et en ouvre la deuxième à l'utilisation. Cette fosse est entièrement construite hors sol et repose sur une plate-forme en béton d'épaisseur 10 cm. Elle a pour rôle le stockage et la déshydratation de la matière fécale. Donc elle doit être étanche à l'eau pour éviter l'humidification des fèces stockées et leur fermentation qui dégage des odeurs nauséabondes.
- **Le dispositif de séparation** : est un dispositif à trois trous qui permet la séparation des flux (urines, fèces et l'eau de lavage anale) pour les collecter et traiter séparément.

- **Dépôt de la cendre** : un container contient de la cendre, fumier ou terre sèche. elle est utilisée pour la couverture de la matière fécale après chaque défécation. La cendre a pour rôle la déshydratation des fèces et empêche la propagation des odeurs.
- **Urinoir** : est un dispositif de collecte d'urine sans eau, utilisé en debout.
- **Lavabo** : est un dispositif pour laver les mains après l'utilisation de la toilette. Le robinet d'eau est alimenté par un bidon d'eau, il est fixé au mur et rempli quotidiennement par les membres de ménage.
- **Les canalisations** : sont des canalisations de 50 à 110mm permet le transport des flux aux leurs sites de traitement et de stockage.
- **Le tuyau de ventilation** : est un tuyau de 160mm de diamètre, équipé d'un couvercle anti-pluie empêche l'eau de s'infiltrer dans la fosse. Ce tuyau a pour rôle l'évacuation des odeurs et l'aération de la fosse pour favoriser la déshydratation de la matière fécale.
- **La superstructure** : est l'abri de l'interface utilisateur constituée de quatre murs il a pour but de cacher l'intimité des usagers et la sécurité (froid, pluie...)
- **La porte** : est le point d'accès à la toilette de dimension 185 x 80 cm, pour faciliter l'accès elle est équipée des escaliers avec des marches de 20cm de hauteur.
- **Le bidon de collecte d'urine** : Les urines sont drainées hors de la toilette et collectées dans un bidon en plastique de capacité de 200 et 1000 litres, ces bidons sont logés sous sol pour éviter et réduire les risques de la contamination.
- **Le puits d'infiltration** : est un puits rempli de gravier et cailloux, permet la filtration des eaux de lavage anale avant d'être infiltré vers la nappe.
- **Le filtre planté** : est un bassin rempli de gravier planté de roseaux, alimenté horizontalement de l'eau grise. Il permet le traitement de cette eau avec d'être valorisée dans l'irrigation et l'arrosage du jardin.

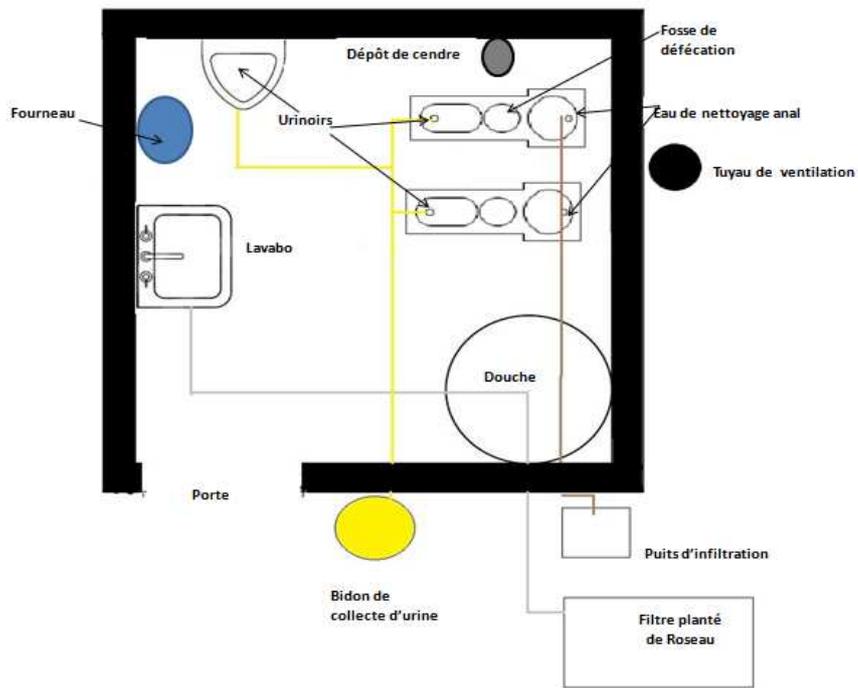


Figure 6: vue au plan de la TDSU

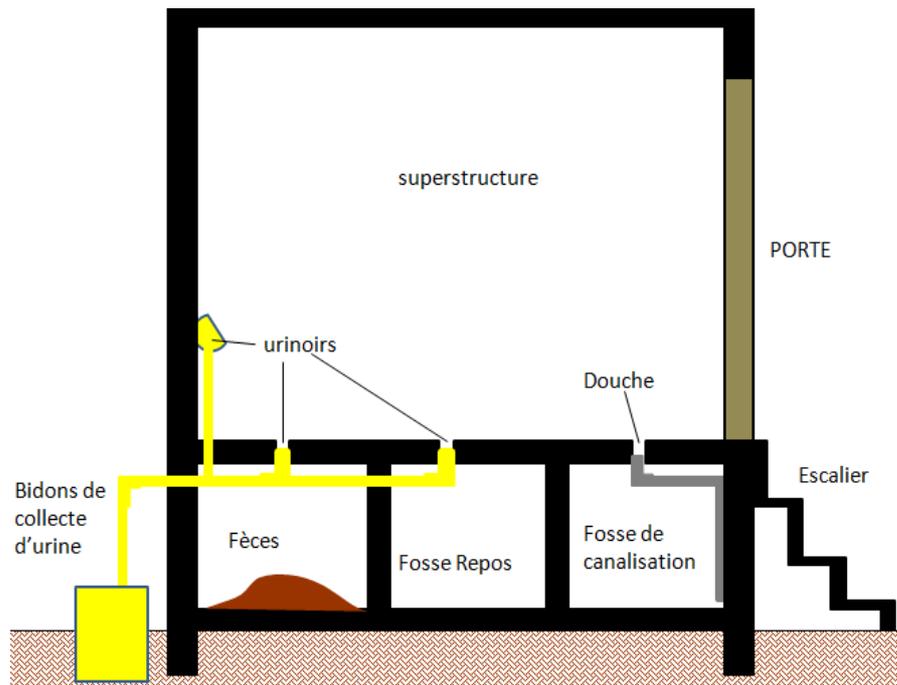


Figure 7: coupe vertical de la TDSU

### 3.8.4. Dimensionnement de TDSU.

Le dimensionnement des TDSUs consiste à déterminer les volumes et les dimensions fosses de stockage des fèces et bidons de stockage d'urine ce dimensionnement se base sur des hypothèses et des données précis.

#### a) Formule de base pour Dimensionnement des fosses

Le volume utile ( $V_u$ ) de la fosse a été déterminé par la formule (*TANDIA.C.T, 2006*):

$$V_u = B \times N \times T \times F$$

**B** = taux d'accumulation des fèces en m<sup>3</sup>/pers./an

**N** = nombre de personnes par ménage (taille de la famille).

**T** = temps de séjour des fèces en an. Ce temps tient compte du temps de destruction des germes pathogènes (temps d'hygiénisation). Nous avons considéré la valeur d'hypothèse de 1 an.

**F** = taux de fréquentation de la toilette. Dans le cas des toilettes familiales où elles sont utilisées régulièrement sur toute l'année,  $F=1$

Les dimensions sont déterminées à partir de la formule :  $V_u = H_u \times L_u \times l_u$

Avec : **H<sub>u</sub>** = hauteur utile

**L<sub>u</sub>** = longueur utile

**l<sub>u</sub>** = largeur utile

Le volume requis de chaque compartiment de traitement dépend du nombre prévu d'utilisateurs, la capacité de stockage spécifiques (ex: volume des fèces et de matériau de couverture par personne et par jour) et la durée souhaitée de repos. La capacité de stockage spécifique peut varier d'un endroit à cause de la quantité des différentes fèces et le type et la quantité de matériau de couverture utilisé. Les dimensions minimales intérieures (longueur, largeur, hauteur) d'un compartiment de traitement unique sont fixées à 1.15, 0.60 et 0.6m, respectivement. Mais, selon la taille nominale de matériaux de construction utilisés, les dimensions réelles de compartiments (en particulier la hauteur) peut varier (*Wafler.M.2008*).

**b) Formule de base pour le Dimensionnement des bidons de stockage d'urine:**

Selon *ESREY et al. (2001)*, Sur une année, chaque individu évacue 400 à 500 litres d'urines et 50 litres d'excréta dans 15000 litres d'eau pure (si la toilette à chasse d'eau est utilisée).

En prenant en considération une taille moyenne d'un ménage, nous procéderons au dimensionnement du réservoir de stockage avec les paramètres suivants :

**V** = Le volume du réservoir tient compte de la durée du stockage, du nombre d'usagers et du temps d'utilisation,

**D** = La durée théorique de stockage pour les villages ne pratiquant pas le maraichage est de 200 jours,

**N** = Le nombre de personne retenu est celui d'une famille moyenne de 8 personnes.

**P** = La production de l'urine de chaque individu est de 1.5 l /jours,

**T** = Le taux collecte d'urine est de 75 %,

Le calcul du volume utile de réservoir de stockage se fait selon la formule suivante (*DJARIRI.M.L.2009*):

$$\mathbf{V = D \times N \times P \times T}$$

**c) Hypothèses et données de dimensionnement.**

Le dimensionnement des bidons de collecte d'urine et des fosses de stockage est basé sur les hypothèses du tableau suivant :

Désignation	Valeur	Source	Observations
Volume des bidons à collection d'urine [l]:	20		
Taux de fréquentation de la toilette [%]	100%		
Taux d'accumulation de fèces [m <sup>3</sup> /pers./an]	0,05	( <i>WECEF, 2008</i> )	
Taux d'accumulation d'urine [l/pers./jour]	1,5		
Estimation Temps de séjour des fèces dans la fosse [an]	1		
Facteur de sécurité pour le taux d'accumulation de matière dans la fosse	1,2		Augmentation dû à l'ajout de la cendre, de la sciure, du papier, ...
Rapport de remplissage des fosses	75%	( <i>Snel et al. 2002</i> )	
Temps maximal de stockage de l'urine pour optimisation d'utilisation [jours]	180		Estimation. Pas de réutilisation pendant les mois 10 à 4 pendant l'hiver

**Tableau 1: Diverses hypothèses sur le dimensionnement des fosses et bidons d'urine (ABARGHAZ.2009).**

## 4. Produits de TDSU

### 4.1. L'urine

#### 4.1.1. Composition de l'urine

Elle se forme par pénétration du sang artériel dans les reins par l'artère rénale, passe par l'artère inter lobulaire, l'artériole afférente pour finir par rejoindre l'unité élémentaire de la machinerie rénale : le glomérule, situé à l'intérieur du néphron. Un rein contient environ un million de néphrons. Chaque jour, les reins filtrent 180 litres de sang et produisent en moyenne 1500 ml d'urine. L'urine est un liquide acide, de couleur jaune ambré, éliminé dans la proportion moyenne de 1200 à 1500 g par jour chez l'adulte. Chez l'humain, l'analyse y découvre un certain nombre de substances, dont les principales sont : sur 1000 parties, 933

d'eau; 30,10 d'urée; 1d'acide urique, 4,45 de chlorure de soude; 3,16 de sulfate de soude; 3,71 de sulfate de potasse; 2,94 de phosphate de soude. Cette composition varie suivant plusieurs facteurs comme l'heure de miction, type de boisson, d'aliments consommés et des conditions physiques (*SAIDOU. L.2006*). Le tableau n°2 présente les principaux constituants de l'urine :

Eau	Composés organiques	Les minéraux	Les compositions anormales
95%	Urée	Sodium	Hémoglobine
	Acide urique	Potassium	Hématies
	Acide hippurique	Chlore	Protéines
	Créatinine	Phosphates	Glucose
	Urobilirubine	Carbonates	Albumine
	Eventuellement catabolites inactifs de médicaments ou de toxique à élimination rénale	Sulfates	Porphyrine
			Corps cétoniques
			Calcul urinaire

**Tableau 2:Composition de l'urine Eau Composés organiques Les minéraux**

#### **4.1.2. Les Pathogènes de l'urine**

Les organismes pathogènes connus pour être évacués par l'urine sont *Leptospira interrogans*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* et *Schistosoma haematobium* (*Feachem et al, 1983*). Ils sont caractérisés comme suit :

**Leptospira interrogans** est une bactérie responsable d'une infection généralement transmise par l'urine des animaux infectés et occasionnellement transmis par les ouvriers d'égout ou de fermes des pays développés. L'urine humaine n'est pas considérée comme une source importante pour la transmission de ce germe.

**Les salmonelles typhi et paratyphi** sont excrétées dans les urines pendant la phase des fièvres typhoïde et paratyphoïde lorsque les bactéries sont disséminées dans le sang. Dans le cas où l'urine est séparée des fèces, le risque de transmission est faible même avec un

temps de stockage très court. Ce faible risque s'explique par l'inactivation rapide des bactéries gram négatif.

**Schistosoma haematobium** est un parasite qui provoque la bilharziose (ou schistosomiase) urinaire, une infection parasitaire humaine, extrêmement fréquente dans les zones infestées. Les personnes infectées excrètent dans les urines les œufs qui, sous formes larvaires sont hébergés par des mollusques (escargot). La transmission à l'homme se fait par voie transcutanée. Cependant le cycle de transmission de la bilharziose ne peut être reconstitué dans une zone que lorsque les hôtes intermédiaires sont présents (*Caroline S et Thor A, 2004*).

Une série d'autres organismes pathogènes ont été détectés dans l'urine mais on peut Considérer que leur présence n'implique pas de risque de transmission de maladies dans l'environnement (*Annexe I*).

#### **4.1.3. Toxicité de l'urine**

La toxicité de l'urine provient des alcaloïdes fabriqués dans le tube digestif par des organismes végétaux agent de la putréfaction intestinale. Ces alcaloïdes sont absorbés à la surface des intestins et éliminés par les reins à la fin du métabolisme. Les maladies comme la fièvre typhoïde infectieuses, le choléra, qui augmentent la putréfaction intestinale, augmentent aussi par ce procédé les alcaloïdes dans l'urine. Chaque Kg d'un homme bien portant fabrique en 24 heures une quantité de poison qui peut tuer 465,5 g de matière vivante, c'est le coefficient urotoxique. Un homme de poids moyen mettrait 52h pour fabriquer la quantité de poison urinaire suffisante pour se tuer lui-même (*Hayem G, 1888*). Ingérer de telles quantités d'urine est certes dangereux, mais dans le cas du projet Ecosan à Dayet Ifrah le but n'est pas de consommer, mais de l'utiliser comme fertilisant dans les champs. Dans ce cas le risque d'intoxication est négligeable (*SAIDOU.L.2006*).

L'ammoniac se formant dans les bidons d'urine peut aussi présenter un risque de toxicité. A faibles concentrations, l'ammoniac avalé se dissout essentiellement dans le mucus des voies aériennes supérieures. Une exposition prolongée au gaz peut provoquer des irritations voire des brûlures au niveau des muqueuses en raison de sa forte solubilité dans l'eau. Ces irritations peuvent également être observées au niveau oculaire, provoquant un larmolement, une hyperhémie conjonctivale, des ulcérations conjonctivales et cornéennes, une

iritis. Les signes cliniques observés sont : la toux, une pharyngite, des nausées, des vomissements, une asthénie, des céphalées, une hyper salivation (*Sylvie T et Anick P, 2003*).

## **4.2. Fèces humains.**

### **4.2.1 Compositions des fèces :**

Les fèces ou matières fécales ou excréments sont des matières obtenues après la digestion des aliments et leur passage dans le système digestif (transit digestif). Les matières fécales sont composées de :

- 75 à 85 % d'eau.
- 18 à 22 % de matières déshydratées (sèches) constituées essentiellement de cellulose (un des constituants essentiels des végétaux).
- Des germes saprophytes (qui tirent de la décomposition des matières des substances utiles pour lui).
- Des bactéries et des virus pathogènes (susceptibles d'entraîner des maladies).
- Des constituants morts (cellules) du tube digestif.

### **4.2.2 Pathogènes dans les fèces :**

Des espèces pathogènes telles que les bactéries, virus, protozoaires, parasites et helminthes peuvent être transmises Des infections entériques. L'exposition aux matières fécales non traitées est toujours considérée comme dangereuse de par la présence potentielle de pathogènes. Différents types d'organismes responsables d'infections entériques, parasitaires ou autres peuvent se présenter et leur fréquence dans une société donnée est souvent inconnue.

Les bactéries sont considérées comme le groupe principal d'organismes responsables de maladies gastro-intestinales. C'est le cas en partie, dans les pays en développement où le choléra, la typhoïde et la Shigellose préoccupent beaucoup et semblent devenir plus fréquentes dans les zones urbaines et péri-urbaines (*S. Brian, OMS, pers. comm, 2003*).

**Les virus entériques :** ont une grande importance et ils sont considéré maintenant comme responsables de la plupart des infections gastro-intestinales dans les régions industrialisées (*Svensson, 2000*). Parmi les virus les plus communs qu'on peut trouver dans la

matière fécale: les entérovirus, les rotavirus, les adénovirus entériques et des calicivirus humains (norovirus) (*Tauxe & Cohen, 1995*).

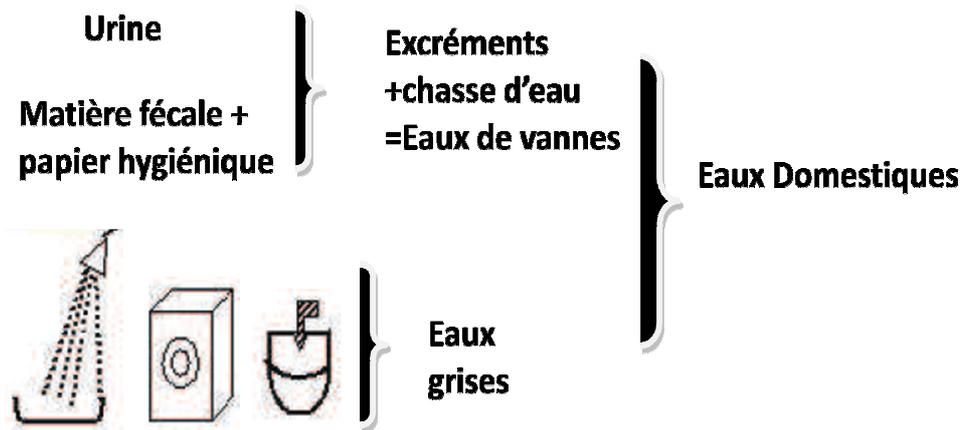
**Les protozoaires parasites** : sont caractérisés par leur résistance élevée dans l'environnement et de leur faible dose infectieuse, comme *Cryptosporidium parvum* et *Giardia lamblia/intestinalis*, ainsi que *Cryptosporidium* du fait de son implication dans plusieurs grandes infections causées par l'eau et pour *Giardia* sa grande prévalence comme pathogène entérique.

**Les helminthes** : les infections par les helminthes préoccupent d'avantage. Les œufs en particulier de l'*Ascaris* et du *Taenia* sont très persistants dans l'environnement et on les considère comme des indicateurs du niveau d'hygiène (*OMS, 1989*). L'ankylostome est très répandu dans les pays tropicaux et sud-tropicaux et affecte près d'un milliard de personnes dans le monde. Dans les pays en développement, ces infections accentuent les effets de la malnutrition et provoquent indirectement la mort de nombreux enfants en augmentant leur vulnérabilité à d'autres infections qui seraient normalement tolérées. Comme pour l'urine, l'utilisation des matières fécales est sans conséquence à condition qu'elles ne soient pas utilisées fraîches et sans traitement à proximité d'une eau dans laquelle l'escargot est présent.

Les pathogènes importants transmissibles par l'environnement et d'origine fécale provoquent surtout des troubles gastro-intestinaux tels que diarrhées, vomissements et crampes d'estomac. Plusieurs peuvent aussi causer des symptômes sur d'autres organes et des séquelles sévères. *L'annexe II* présente une liste des pathogènes importants et les symptômes provoqués.

### **4.3. Les Eaux Grises.**

L'ensemble des eaux usées d'un logement, à l'exception de celles qui proviennent des toilettes (eaux vannes), est appelé eaux grises. Cela comprend les eaux de douche, bain, lavage de la vaisselle et du linge. La quantité d'eaux grises varie énormément d'un logement à l'autre selon le mode et le niveau de vie. En assainissement écologique, les eaux grises sont séparées à la source du système de toilettes, ce qui permet des dispositifs de traitement plus simples que les systèmes d'assainissement conventionnels. Une gestion réussie des eaux grises dépend à la fois des techniques choisies et de la participation des utilisateurs à la conception et à l'entretien du système. Toutes les parties du système, du point d'origine à l'évacuation finale, doivent être pris en compte à la conception (*Ridderstolpe.P.2004*).



**Figure 8: composition des eaux domestiques**

#### **4.3.1. Composition des eaux grises**

La composition des eaux grises varie notablement, selon le mode de vie des habitants et leurs choix en matière de produits pour la lessive, le bain, etc. Les eaux grises contiennent typiquement des concentrations élevées de matière organique facilement biodégradable, comme graisses et huiles de cuisine et autres résidus de savons et de détergents divers. Les pathogènes ne se rencontrent dans les eaux grises que si elles sont contaminées par des matières fécales. Cependant les eaux grises constituent un environnement favorable à la croissance bactérienne, ce qui signifie qu'elles doivent être traitées avant réutilisation. D'autre part, des eaux grises non traitées évoluent facilement vers l'anaérobiose (épuisement de l'oxygène dissous dans l'eau), ce qui entraîne l'apparition d'odeurs nauséabondes (*Ridderstolpe.P. 2004*).

#### **4.3.2. Nutriments dans les eaux grises**

La concentration en nutriments des eaux grises est généralement faible, comparée à celle d'eaux usées ordinaires mélangées (égouts). Dans certains cas on peut avoir une concentration élevée en phosphore, mais le niveau d'azote est toujours bas. Le taux de phosphore peut être réduit en dessous de celui qu'on trouve généralement dans des eaux correctement traitées, si les habitants utilisent uniquement des détergents sans phosphates, ce qui simplifie cette étape dans le traitement avant réutilisation (*Ridderstolpe.P. 2004*).

Bien que généralement bas, le contenu en métaux et molécules organiques de synthèse peut augmenter si des substances dangereuses pour l'environnement sont ajoutées aux eaux usées. Les métaux peuvent provenir de l'eau elle-même, de la corrosion des canalisations, des

couverts en métal et des shampoings utilisés dans le logement. Des polluants organiques sont présents dans beaucoup de nos produits chimiques ménagers ordinaires, comme les shampoings, les colles, les produits de nettoyage et de traitement des surfaces. Dans ce cas aussi, les gens peuvent influencer grandement le contenu des eaux grises. En utilisant des produits chimiques sans danger pour l'environnement (*Ridderstolpe.P. 2004*).

#### **4.4. Traitement hygiénisant**

##### **4.4.1. Généralités**

Un traitement hygiénisant a pour objectif de diminuer le nombre de germes pathogènes en dessous de seuils acceptables pour la santé. Pour qu'un organisme pathogène reste en vie, il a besoin d'être dans des conditions qui lui sont favorables. La température, le taux d'humidité et le pH font partie de ces facteurs qui influent sur la survie de tout organisme vivant. Les rayons UV, la compétition biologique, l'accès aux nutriments, la présence d'ammoniaque ou encore l'action du temps jouent également un rôle dans l'inactivation des pathogènes (*BERNE.B.2010*).

Les pathogènes peuvent être plus ou moins résistants à des conditions défavorables. Certains sont plus difficiles à éliminer, en particulier ceux capables de survivre à des conditions défavorables sous des formes résistantes. Certaines bactéries peuvent ainsi persister sous la forme de spores tandis que les vers parasites produisent des kystes ou des œufs capables de survivre plusieurs années. Les différentes techniques de traitement vont donc chercher à créer ces conditions défavorables pour un ou plusieurs facteurs à la fois.

Les paragraphes suivants décrivent brièvement les principaux types de traitement des sous-produits solides et liquides de toilettes sèches (TDSU).

##### **4.4.2. Traitement des urines**

La principale méthode de traitement de l'urine est un simple stockage. Dans les containers de stockage, une transformation de l'urine entraîne une augmentation du pH ( $\approx 9$ ) et la formation d'ammoniaque, deux facteurs défavorables à la survie de micro-organismes. Plusieurs études ont montré que la température de stockage était également importante dans la vitesse d'inactivation des pathogènes. Sur la base de ces travaux scientifiques, l'OMS recommande des durées de stockage allant de 1 à 6 mois pour une utilisation de l'urine à

grande échelle. A l'échelle familiale l'urine peut être valorisée directement au jardin et au potager (*BERNE.B.2010*).

Lignes directives recommandées de temps de stockage pour urine mélangée basées sur la teneur en agents pathogènes estimée et cultures recommandées les plus grand systèmes (tableau n°3).

Température de stockage	Temps de stockage	Pathogènes contenus dans l'urine	Cultures recommandées
4°C	>1 mois	virus, protozoaires	cultures alimentaires et des fourrages, qui doivent être traitées
4°C	>6 mois	Virus	cultures alimentaires et des fourrages, qui doivent être traitées, cultures fourragères
20°C	>1 mois	Virus	cultures alimentaires et des fourrages, qui doivent être traitées, cultures fourragères
20°C	>6 mois	Probablement aucune	Toutes cultures

**Tableau 3: recommandations de temps de stockage pour l'urine (OMS.2006).**

#### **4.4.3. Traitement des fèces**

Il existe plusieurs méthodes d'hygiénisation pour les matières fécales. Stockage (tableau n°4), déshydratation et traitement alcalin (*BERNE.B.2010*).

Ce type de traitement concerne essentiellement les matières fécales de toilettes à séparation des urines à la source. Lors du stockage de matières fécales l'effet du temps (la mortalité naturelle) entraîne une diminution du nombre de pathogènes. En ajoutant après chaque défécation un mélange déshydratant contenant de la terre sèche mélangée a de la cendre ou a de la chaux, on ajoute a l'effet du temps, les effets de la déshydratation et de l'augmentation de pH, améliorant ainsi l'hygiénisation des matières. Les matières obtenues par ce type de traitement associant déshydratation et augmentation du pH ne sont pas stabilisées sous forme de compost. Elles ressemblent a de la terre sèche et sont simplement déshydratées. Leur décomposition aura lieu après leur épandage lorsque l'augmentation du taux d'humidité permettra un redéveloppement des micro et micro-organismes décomposeurs.

Traitement	Critères	Commentaires
Stockage; temp. Ambiante 2-20°C	1.5 – 2ans	Élimine les bactéries pathogènes; recroissance possible de l'E. coli/Salmonella; réduira les virus et parasite protozoaire en dessous du niveau de risque. Quelques ovules véhiculés par le sol peuvent persister à faible nombre.
Stockage (traitement unique) temp. Ambiante >20-35°C	> 1 an	Inactivation importante à l'inactivation complète des virus, bactéries et protozoaires; plus ou moins complète inactivation des œufs d'ascaris se produira d'ici un an.(21)
Traitement alcalin (= pH >9)	pH >9 pendant >6 mois	Si la température > 35 ° C et l'humidité <25%, baisse du pH et / ou matériel humide prolongera le temps d'élimination absolue.

**Tableau 4:recommandations de temps de stockage pour la matière fécale (OMS.2006).**

#### **4.4.4. Traitement des eaux grises**

Les eaux grises sont relativement inoffensives d'un point de vue environnemental et hygiénique. Les problèmes sont la plupart du temps minimes et locaux. Mais si elles ne sont pas gérées convenablement, les eaux grises peuvent être une source puissante d'odeurs nauséabondes dues à leur concentration en matières organiques facilement fermentescible. Lors de la dégradation de ces composés, les processus naturels peuvent créer des conditions d'anaérobiose en quelques heures, cause de mauvaises odeurs. Les autres objectifs du traitement sont de réduire les taux de molécules organiques de synthèse, de métaux, de pathogènes et autres micro-organismes (*Ridderstolpe.P. 2004*).

La technique de traitement la plus commune est l'utilisation d'un filtre planté de roseaux, qui filtre les eaux grises à travers un substrat colonisé par des bactéries fixées dessus, de sorte que la dégradation biologique des matières organiques se fasse dans des conditions aérobies. Avec un bon approvisionnement en oxygène, les mauvaises odeurs peuvent être évitées.

## 4.5. Valorisation agricole

### 4.5.1. Valorisation agricole d'urine.

L'urine humaine de part, sa richesse en NPK, est une opportunité pour les producteurs. Mieux l'urine contient plusieurs micronutriments sous forme d'ions directement valorisables par les végétaux, dont certains ne sont pas présents dans les engrais chimiques. L'urine peut être appliquée directement (concentrée, diluée suivant les cultures ou stocké dans le sol) ou utilisée dans le co-compostage pour améliorer la valeur agronomique du compost par la correction du rapport C/N (*Jonson H. et Vinneras B. 2004*).

Le tableau n°4 ci-dessous présente les concentrations de NPK contenu dans l'urine mesurée par certaines représentations nationales du CREPA.

Pays	Urine		
	Azote mg/l	Phosphore mg/l	Potassium mg/l
Burkina Faso	3002	370	314
Cote d'ivoire	3600	260	200
Mali	3300	738	-
Sénégal	3000	287	439
Togo	4400	800	700

Tableau 4: les concentrations de NPK contenu dans l'urine mesurée dans des pays africains  
(*CREPA 2006*)

L'utilisation des excréta humains pour la fertilisation des récoltes a été largement pratiquée dans de nombreuses régions du monde. Les chinois ont pratiqué le compostage des excréta humains et animaux durant des milliers d'années (*King FH ,1973*) et le Japon a introduit la pratique du recyclage des déchets humains et de l'urine dans l'agriculture au douzième siècle (*Matsui S. 1997*). En Suède, où l'on commence à pratiquer la diversion de l'urine, les fermiers collectent l'urine des réservoirs souterrains contre une rétribution, et la répandent sur leurs champs à l'aide d'un équipement mécanique.



**Figure 9:Urine humaine répandue sur le champ mécaniquement en suède**  
(*WERNER.C.2010*)

#### **4.5.2. Valorisation agricole de la matière fécale.**

L'utilisation des matières fécales permet de valoriser les nutriments supplémentaires qui ne sont pas présents dans l'urine. Elles représentent également un amendement de sol. L'incinération des matières fécales produit une cendre qu'on peut utiliser comme fertilisant, ce qui dans certains cas peut rendre la chose plus acceptable (**Caroline S. et Thor A.S. 2004**).

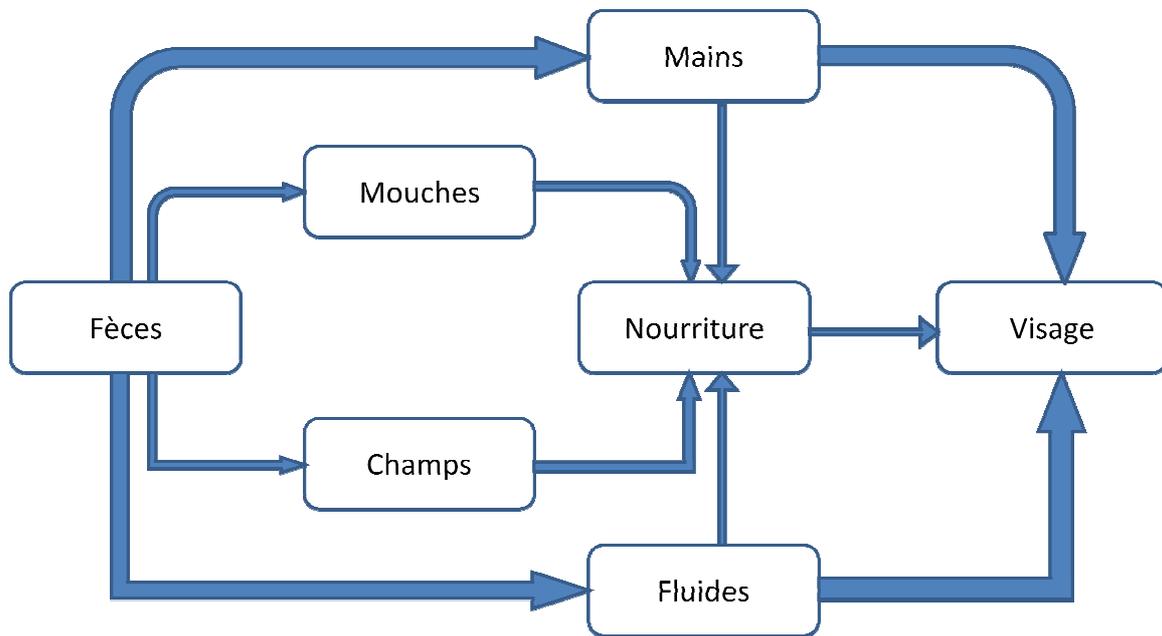
#### **4.5.3. Valorisation des eaux grises épurées en irrigation**

L'eau grise traitée doit être épanchée au sol ou sous la surface plutôt qu'appliquée en aspersion. Les récoltes dont les tiges ou les feuilles ne sont pas consommées directement, comme les arbres fruitiers ou les petits fruits, conviennent mieux à cette irrigation. Pour les récoltes consommées crues, comme salades ou épinards, un délai minimum de un mois entre irrigation et récolte est recommandé (*Ridderstolpe.P. 2004*).

### **5. Barrières sanitaires et prévention des risques**

Les pathogènes importants dans les systèmes d'assainissement sont généralement transmis par la voie oro-fécale, c'est-à-dire qu'ils sont excrétés dans les fèces et infectent une autre personne par ingestion. Les pathogènes peuvent être transmis par les mains, la nourriture, l'eau ou d'autres fluides. La contamination peut se faire indirectement, à travers l'eau d'une nappe contaminée ou directement par contact direct intentionnel ou fortuit avec

les excréta, c'est-à-dire toucher les excréta et en ingérer accidentellement par les doigts ou ustensiles contaminés (*Caroline S et Thor A, 2004*).



**Figure 10: Les voies de transmission des pathogènes entériques (*Esrey et al.1998*).**

Pour prévenir la contamination, il existe plusieurs mesures de barrières techniques ou comportementales. Il s'agit soit de réduire le contact avec les urines ou fèces, soit de faire décroître le nombre des pathogènes dans les excréta à manipuler. La réduction du contact s'obtient par des systèmes fermés, le port de protections personnelles, l'usage d'outils appropriés pour les manipulations et en bout de chaîne par l'enfouissement des excréta dans le sol. Les précautions générales à prendre lors des manipulations sont souvent considérées comme des mesures additionnelles et non comme des barrières proprement dites.

Un examen systématique d'un système concret permet d'identifier les facteurs potentiels de risque et suggère les contre-mesures à prendre pour éviter l'exposition aux pathogènes.

Les différentes étapes de traitement des excréta sont les barrières évidentes pour réduire le nombre de pathogènes, en rendant le "produit" plus sain à manipuler et à utiliser comme fertilisant (*Caroline S et Thor A, 2004*).

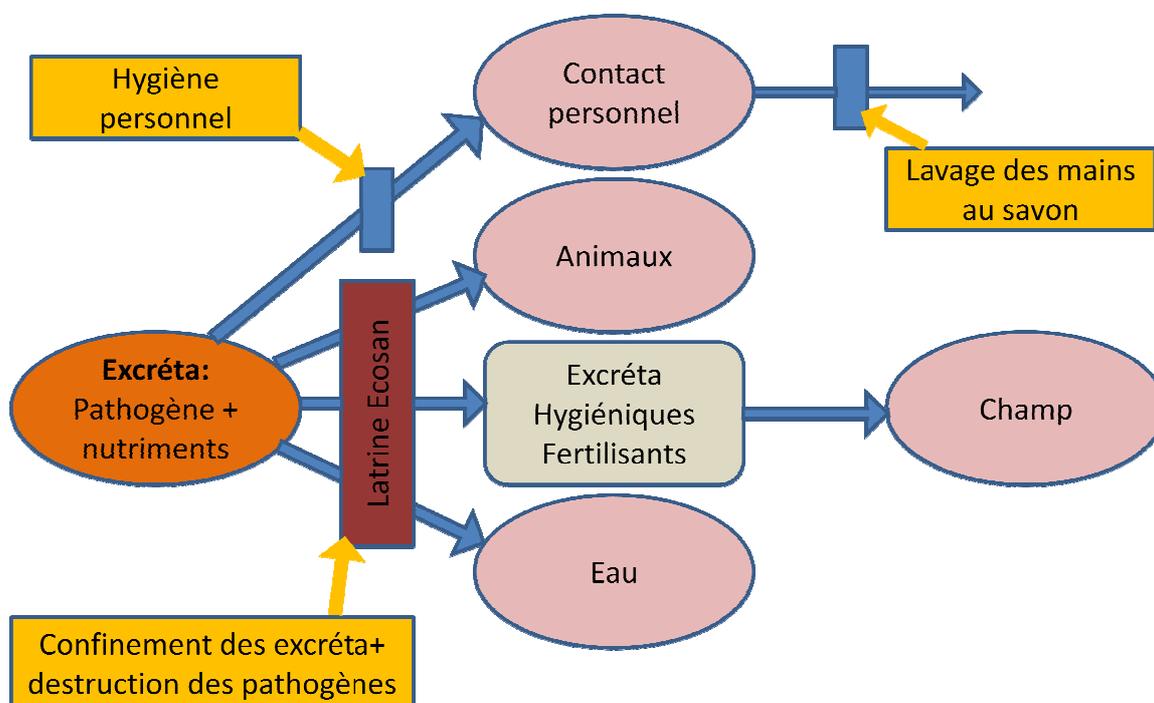
Les directives actualisées de l'*OMS (2006)* sur la réutilisation des excréta en agriculture mettent l'accent sur les barrières sanitaires et les différentes étapes de réduction

des risques entre la génération d'excréta et la consommation des produits agricoles fertilisés avec. Les niveaux d'efficacité de ces barrières sont présentés dans le tableau ci-dessous n°5.

Barrière	Reductions des pathogenes(log)
Stockage des excréta (urine et fèces) selon les directives	6
Application localisée de l'urine (cultures à port épigé)	2-4
Enfouissement de l'urine ou les fèces dans le sol	1
Un mois entre dernière application et récolte	4-6
Laver les produits récoltés avec de l'eau	1
Utiliser un produit récolté désinfectant et ensuite laver les produits récoltés avec de l'eau propre	2
Eplucher les produits récoltés	2
La cuisson des produits récoltés	6-7

**Tableau 5: Les niveaux d'efficacité de ces barrières (OMS, 2006)**

Comme le montre le tableau, le stockage des excréta selon les directives est la première barrière sanitaire. Les ouvrages Ecosan sont conçus pour faciliter ce stockage, qui contribue à l'abattement des pathogènes. La figure n°11 ci-dessous schématise le processus :



**Figure 11: Le rôle de la latrine ECOSAN comme barrière sanitaire (CREPA, 2009)**

En ce qui concerne l'urine, le traitement consiste en un simple stockage dans des récipients hermétiquement fermés. Les directives de *l'OMS (2006)* mentionnent que les bactéries et les parasites sont inactivés avec un mois de stockage à 20 °C. Toutefois certains virus persistent. Le climat du Maroc, avec des températures élevées, est donc favorable à une désactivation rapide de ces pathogènes au cours du stockage.

Dans le cas de l'utilisation de l'urine dans la production familiale, les directives d'OMS mentionnent que l'urine n'a pas besoin de stockage, étant donné que l'exposition aux pathogènes au sein de la famille est plus grande dans les activités quotidiennes par rapport à l'utilisation de l'urine non-hygiénisé comme fertilisant.

## **6. Exigence légale pour la protection de l'environnement**

La faiblesse des aspects législatifs et institutionnels de par le monde de l'approche Ecosan rend difficile son implémentation comme solutions d'assainissement des eaux usées (*Stoll & Schönewald, 2003*).

Au Maroc, le législateur a pris en considération dans les textes de lois, la protection de l'environnement en général et la promotion du secteur d'assainissement en particulier. Un aperçu sur la législation marocaine est donné ci-après :

### **6.1. Charte communale**

L'article 40 de la Charte Communale relatif à l'hygiène, la salubrité et l'environnement charge le Conseil Communal de veiller à « l'évacuation et au traitement des eaux usées et pluviales » et à « la lutte contre toutes les formes de pollution et de dégradation de l'environnement et de l'équilibre naturel ».

Les formes de pollution peuvent être considérées de deux types :

- 💧 L'impact direct dans le douar lui-même : contact avec les matières fécales par une mauvaise utilisation de la toilette, croissance de moustiques dans les eaux grises ruisselantes, etc.... Cet impact se traduit par une demande de la part de la population.
- 💧 L'impact indirect, créé par la contamination du milieu naturel en général et des ressources en eau en particulier. A moins que la nappe ne soit directement utilisée par la communauté servie, cet impact ne peut générer qu'une demande réduite au niveau de population rurale.

## 6.2. Assainissement autonome dans la loi sur l'eau

La loi 10-95 sur l'eau a été adoptée par la Chambre des Représentants en juillet 1995. Elle soumet toute utilisation des eaux, qu'elle soit le fait de personnes physiques ou morales, de droit public ou privé, au paiement d'une redevance.

En ce qui concerne l'assainissement rural en particulier, l'article 54 mentionne « qu'il est interdit de rejeter des eaux usées[...] dans les oueds à sec, dans les puits, abreuvoirs et lavoirs publics, forages, canaux ou galeries de captage des eaux. Seule est admise l'évacuation des eaux résiduaires ou usées domestiques dans des puits filtrants précédés d'une fosse septique ». La mention de « fosse septique » dans la loi implique un rejet commun des eaux usées (excrétas + grises), ce qui n'est que très rarement le cas en milieu rural. Cet article semble plutôt s'appliquer à des cas d'habitations de haut standing, non raccordables sur un réseau de collecte (par exemple dans les zones résidentielles en périphérie urbaine).

## 6.3. Normes de rejet

Actuellement, les normes de rejet sont élaborées (tableau n°6). Ces normes distinguent les rejets dans le milieu naturel des rejets en amont d'un réseau de canalisations et station d'épuration. Il est à relever que le texte a prévu un délai d'application de 6 ans.

Paramètres	Valeurs limites spécifiques de rejet domestique
DBO5 mg O2/l	120
DCO mgO2/l	250
MES mg/l	150

**Tableau 6: Valeurs limites spécifiques de rejet applicables aux déversements d'eaux usées domestiques. (Bulletin Officiel n° 5448 du Jeudi 17 Août 2006)**

MES = Matières en suspension.

DBO5 = Demande biochimique en oxygène durant cinq (5) jours.

DCO = Demande chimique en oxygène.

Ces normes sont complétées par celles émises par le décret 1270/01 du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

#### **6.4. Protection de l'environnement**

La loi n°11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement prévoit dans son article 2 la mise en application :

- a) « Un équilibre nécessaire entre les exigences du développement national et celles de la protection de l'environnement lors de l'élaboration des plans sectoriels de développement »
- b) « Des principes de l'utilisateur payeur et du pollueur payeur ».

Le paragraphe (a) paraît particulièrement intéressant dans la mesure où il reflète implicitement le conflit potentiel entre les exigences du développement national et celles de la protection de l'environnement. Cet article de loi invite à rechercher l'optimal entre ces deux objectifs.

#### **6.5. Le déversement des eaux usées et la loi**

Le Décret n° 2-04-553 du 13 hijra 1425 (24 janvier 2005) relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines.

Ce présent décret a défini dans son 1er chapitre le déversement, les éléments constituant la demande d'autorisation à un déversement ainsi les étapes de leur suivi.

Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre à définie les valeurs limite et l'obligation que ses valeurs conformes aux valeurs limites de rejet fixées par arrêtés conjoints des autorités gouvernementales

*« Article 12 :Les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques de tout déversement doivent être conformes aux valeurs limites de rejet fixées par arrêtés conjoints des autorités gouvernementales chargées de l'intérieur, de l'eau, de l'environnement, de l'industrie et de toute autre autorité gouvernementale.... »*

Dans le 3<sup>ème</sup> chapitre, ce décret a définie les taux de redevance de déversement selon la catégorie et qualité d'eaux usées déversés.

*« Article 15 :Pour les déversements d'eaux usées domestiques, la redevance mentionnée à l'article 14 ci-dessus est déterminée en multipliant le volume d'eau consommé par le taux de redevance applicable aux déversements domestiques, après avoir pris en*

considération le rendement des dispositifs d'épuration existants en matière de réduction de la pollution. »

## 6.6. Projet de loi N° 22-07 sur les aires protégées

Une aire protégée est classée par l'administration, en fonction de ses caractéristiques, de sa vocation et de son envergure socio-économique, dans l'une des catégories suivantes :

- 🌿 Parc national ;
- 🌿 Parc naturel ;
- 🌿 Réserve biologique ;
- 🌿 Réserve naturelle ;
- 🌿 Site naturel.

La ratification par le Maroc des conventions et accords internationaux sur l'environnement a confirmé sa volonté de contribuer aux efforts internationaux visant à préserver le patrimoine naturel. Cette volonté s'est traduite par la mise en place de plans d'actions, de programmes nationaux et de plusieurs études, débouchant sur l'élaboration du Plan Directeur des Aires Protégées (*PDAP*), en collaboration avec la Banque Mondiale, dont les principaux objectifs sont :

- 🌿 La préservation des ressources biologiques, des valeurs paysagères et culturelles ;
- 🌿 Le maintien de l'équilibre et de la productivité des écosystèmes ;
- 🌿 La contribution au développement durable local et régional.
- 🌿 Assumer la responsabilité internationale en matière du maintien de la biodiversité globale.
- 🌿 Garantir le bon fonctionnement du cycle écologique général de l'eau pour l'ensemble du pays.
- 🌿 Assurer la pérennisation des grandes ressources forestières du pays.
- 🌿 Identification d'un certain nombre de Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique (*SIBE*).

Le projet de loi N° 22-07 vise la modernisation du régime juridique relatif à la création de parcs nationaux, conformément aux législations internationales modernes et aux principes de l'Organisation mondiale de protection de la nature.

Dayet Ifrah fait partie de l'aire « parc naturel d'Ifrane » à protéger

## 7. Présentation de la zone de projet : douar Dayet Ifrah

### 7.1. Situation géographique :

Dayet Ifrah est un petit village situé dans les montagnes du Moyen Atlas (un massif montagneux orienté du sud-ouest au nord-est du Maroc, s'étendant sur 350 km<sup>2</sup>). Il relève de la commune rurale de Dayet Aoua. Celle-ci abrite une superficie de 290 km<sup>2</sup>, une zone montagneuse qui exhibe des forêts de chênes et de cèdres, plusieurs lacs, et des vallées. L'altitude est d'environ 1700 mètres. La commune rurale de Dayet Aoua se situe dans la Wilaya de Meknès-Tafilalet. Elle se situe dans la province d'Ifrane et est située à 23 km d'Ifrane, à 38 km d'Azrou, à 60 km de Meknès et Fès, à 190 km de Rabat, et à 300 km de Casablanca. Cette commune comprend Dayet Aoua, Dayet Hachlaf, Dayet Ifrah, Ait Sidi Mimoune, et Ait Hamou Lhaj (*EL KASMI, 2009*).

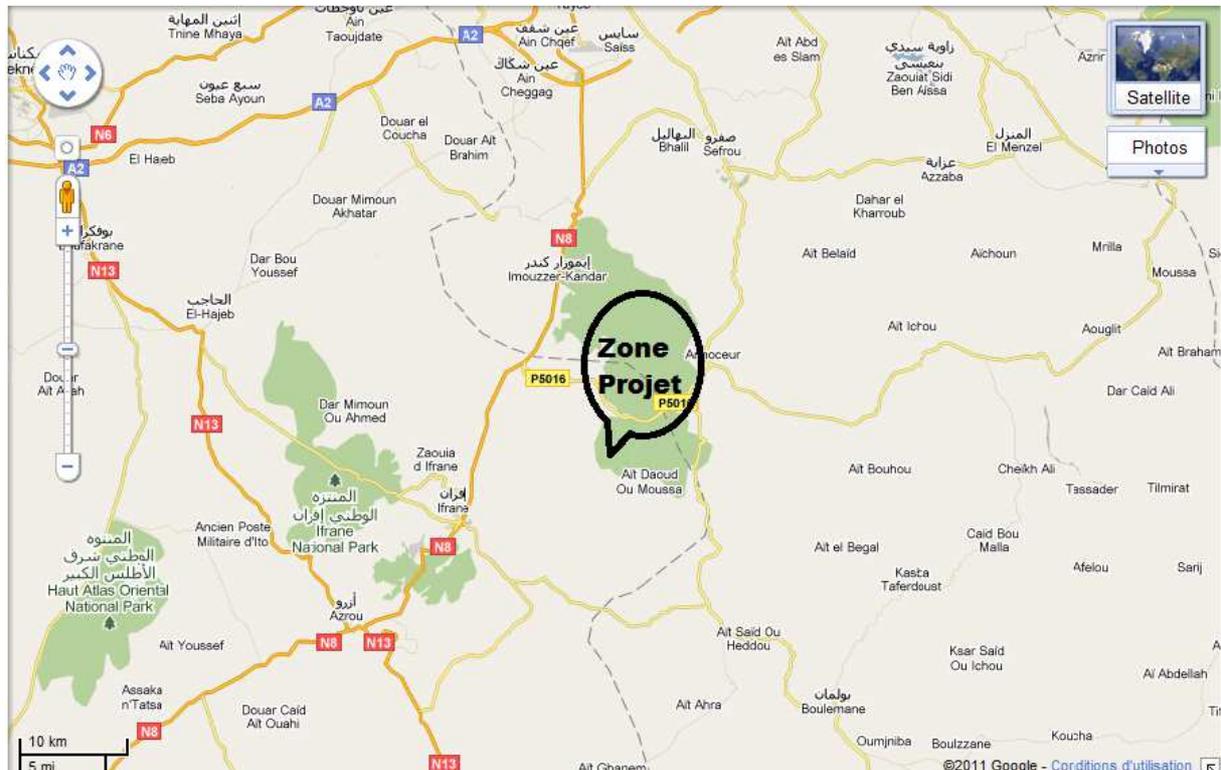


Figure 12: situation géographique de la zone de projet

### 7.2. Caractéristiques socio-économiques

Dayet Ifrah est implanté autour du lac du même nom. La population berbère est estimée à 1 500 habitants. La composition de l'habitation de Dayet Ifrah permet de distinguer deux quartiers donnant sur le lac. Les besoins en eau de la population est de l'ordre de 1 l/s. Le système d'alimentation en eau potable alimentant les bornes fontaines est constitué d'un

forage de 102 m réalisé en 1998 et équipé de pompe immergé et alimenté par de l'électricité. Le forage est relié à un petit réservoir et desserve 7 bornes fontaines. Ce système couvre les besoins de l'agglomération Dayet Ifrah qui constitue la plus grande partie de la population du douar. Le système d'AEP est géré par une association d'usagers d'eau. La distance qui sépare les bornes fontaines des habitations est très faible, de l'ordre de quelques dizaines de mètres. Le nombre total de borne fontaines est de 22.

L'habitat est de type dispersé et les constructions sont traditionnelles en pierre dure. Les accès aux différents douars se font par des pistes. L'agriculture concerne le maraîchage, la moisson de blé et les vergers (pommiers) ainsi que la culture de la pomme de terre. L'élevage est important dans la région et concerne les ovins et les bovins. L'agriculture et l'élevage constituent la seule source de revenu du village. La qualité de la terre permet l'exploitation agricole mais un obstacle en empêche la totale utilisation à cause des pierres qui couvrent les terres. En effet, seulement 30 % des terres sont actuellement exploitées. L'artisanat du tapis, l'exploitation forestière et le tourisme (limité par le faible réseau routier) constitue des ressources complémentaires. Dayet Ifrah fait partie du circuit touristique des Dayats dans la région. Cependant, le manque d'infrastructure empêche son développement. Il n'y a même pas un petit café permettant de se reposer et de boire un verre d'eau (*EL KASMI, 2009*).

### **7.3. Le climat du milieu :**

Dayet Ifrah bénéficie d'un climat très humide et tempéré avec une pluviométrie annuelle de 1118 mm et une température moyenne annuelle de 11,4 °C. L'année est caractérisée par Deux saisons extrêmes, un été chaud malgré l'altitude, et les orages assurent une humidité et diminuent la sécheresse. Un hiver très froid et pluvieux, marqué par le gel et la neige (*EL KASMI, 2009*).

### **7.4. Choix de douar pour le projet :**

Douar Dayet Ifrah été choisi pour ce projet pilote pour les quatre (4) raisons principales qui sont (*ABARGHAZ, 2009*) :

- 💧 Intégration du volet assainissement dans un cadre du projet global de développement durable à Dayet Ifrah initié par la Chaire UNESCO et l'Université Al Akhawayne (AUI).

- 💧 Le besoin en assainissement exprimé dans le village : la majorité de la population disposant d'un assainissement n'a pas d'installations sanitaires satisfaisantes, le reste de la population défèque dans la nature ;
- 💧 La population s'est montrée très motivée depuis les premières prises de contact le 8 Avril 2009 et le 9 Mai 2009 ;
- 💧 La volonté de la population pour l'accès à un branchement individuel d'AEP, par conséquent un assainissement autonome et adéquat s'impose ;
- 💧 La possibilité de réutiliser les produits générés par les installations Ecosan en agriculture car environ 95% de la population pratique l'agriculture comme activité principale.
- 💧 La possibilité de récupérer le biogaz issu des installations Ecosan à des fins d'utilisations domestiques ;

Si le douar Dayet Ifrah passe pour être le site pilote qui intéresse la société civile et les organisations scientifiques nationale et internationale, c'est parce qu'elle concentre des problèmes de manque sinon d'insuffisance d'infrastructures d'assainissement auxquels un douar marocain peut être confrontée. Elle se veut un type de cité rural dépourvu d'assainissement adéquat.

## **PARTIE II : MATERIELS ET METHODES**

### **1. Evaluation de l'état des installations fonctionnel et architectural.**

Les quatre installations des TDSUs Réalisés par la GIZ en juin 2010 au profil des ménages de douar Ait Daoud Oumoussa ont été mises à notre disposition pour l'évaluation de l'état fonctionnel et architectural de ces installations de toilette de déshydratation à séparation d'urine.

Plusieurs visites du site, de 4 à 5 jours par quinzaine, ont eu lieu pendant les 5 mois de l'étude. Elles ont pour but le diagnostic du fonctionnement des TDSUs et la correction s'il y a un dysfonctionnement constaté en se basant sur l'observation et les interviews avec membres des ménages disposants les TDSUs. Afin de répondre aux objectifs de diagnostic il était procédé selon le plan suivant :

- 🔹 Évaluation de l'état initial des installations TDSU
  - état de l'intérieur de la superstructure
    - Odeur
    - Propreté
    - Possibilité de mélange des flux (urine, fèces...)
  - L'état de La cheminé de la ventilation
    - Aération
    - Le filtre à mouche
    - L'étanchéité vis-à-vis l'eau de pluie
  - L'état de la fosse à fèces
    - Etanchéité vis-à-vis l'eau et l'air (éviter l'entrée d'eau et la sortie d'odeur).
  - L'état de bidon à urine
    - La fermeture hermétique de bidon (pour avoir Etanchéité vis-à-vis l'eau et l'air)
    - Etanchéité et colmatage des canalisations d'urine.
  - L'état de puits d'infiltration des eaux de nettoyage anal.
    - Étanchéité et colmatage des canalisations
    - Apparition de l'eau contaminée sur la surface du sol.
  - L'état des canalisations amenant l'eau grise vers FPR.
    - Étanchéité et colmatage des tuyaux des eaux grises.

- 🔗 Evaluation de fonctionnement des installations TDSU.
  - Les produits et détergents de nettoyages utilisés.
  - Rejet d'eau dans les trous d'urine et de défécation.
  - Rejet des mâtereaux incompatibles dans les trous de TDSU.
  - Possibilité de l'utilisation par les enfants.
- 🔗 Evaluation du confort rendu par TDSU. (questionnaires)
  - Fréquence d'utilisation des TDSUs.
  - Fréquentation d'autres coins pour faire les besoins. Et pourquoi ?
- 🔗 Evaluation de différents flux
  - Les flux entrants :
    - L'eau des douches et lavage des mains (par jour et par ans)
    - L'eau de nettoyage anal (par jour et par ans)
  - Les flux sortants :
    - Quantité d'urine par ans (mesure de quantité d'urine en litre)
    - Quantités des fèces par ans (estimation de volume de l'icône de la matière fécale dans la fosse de stockage)
    - Quantités des eaux grises par ans
- 🔗 Valorisation agricole des urines
  - L'acceptabilité de valoriser l'urine dans l'agriculture.
  - L'épandage d'urine à des cultures pour la valorisation.

## **2. Analyse physicochimique et bactériologique d'urine.**

Dans le cadre de coopération GIZ et l'ONEP, l'institut de recherche internationale de l'eau a mis à notre disposition le laboratoire pour effectuer les différents analyses physicochimiques et microbiologiques des échantillons d'urine et des eaux usées.

### **2.1. Échantillonnage**

Pour suivre les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'urine collectée au niveau des ménages disposant les TDSU, des échantillons ont été prélevés et acheminés au laboratoire de l'ONEP à Rabat pour les analyses le 28 juin 2011.

Les échantillons d'urine ont été prélevés au cours du remplissage au niveau des quatre bidons de collecte, pour apprécier la variation des paramètres physicochimiques et bactériologiques entre les urines des différents ménages.

Ces échantillons ont été complétés par un échantillon collecté au douar de 6 personnes adultes. La multiplication des échantillons à pour but l'appréciation de la variation des paramètres physico-chimiques et avoir un résultat moyen représentatif pour l'urine de tout le village Dayet Ifrah.

Au niveau de chaque ouvrage 5 litres d'urine à été prélevé. Les urines ont été conditionnées dans des flacons stériles de 500 cl, avant d'être acheminés à Rabat. Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire de l'ONEP centrale certifié « ISO 17025 version 2005 ».

## **2.2. Analyse physico-chimique de l'urine (N, P, K)**

### **A) Mesure de l'Azote N**

L'azote peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. En général, s'agissant des eaux naturelles, ce sont les formes minérales qui sont de loin les plus importantes.

#### **Définitions**

Un certain nombre de termes doivent être précisés :

##### *Azote total*

L'azote total comprend l'ensemble des formes azotées, aussi bien minérales qu'organiques.

##### *Azote KJELDAHL*

L'azote KJELDAHL correspond à celui qui se trouve sous la forme de composés azotés organiques et d'ammonium. Il ne comprend donc pas des composés oxydés de l'azote tels les nitrates et nitrites, ni certaines autres formes, oximes, hydrazine, hétérocycles.

L'expression « azote KJELDAHL » trouve son origine dans le nom de celui qui a mis au point la méthode universelle utilisée pour doser les fractions azotées concernées.

##### *Azote minéral*

L'azote minéral est constitué par l'ammoniaque, les nitrites, les nitrates.

##### *Azote organique*

L'azote organique est essentiellement formé par des protéines, des polypeptides, de l'urée, des acides aminés.

##### *Azote ammoniacal*

L'azote ammoniacal représente l'azote sous la forme  $\text{NH}_4^+$

#### **Relation entre les diverses fractions azotées**

Compte tenu des définitions ci dessus, il existe les relations suivantes entre les différentes fractions azotées :

$$N \text{ total} = N \text{ organique} + N \text{ minéral} \quad (1)$$

$$N \text{ KJELDAHL} = N \text{ organique} + N (\text{NH}_4^+) \quad (2)$$

$$N \text{ minéral} = N (\text{NH}_4^+) + N (\text{NO}_2^-) + N (\text{NO}_3^-) \quad (3)$$

La relation (2) permet ainsi de déterminer l'azote organique à partir de la mesure de l'azote KJELDAHL et de l'azote ammoniacal.

$$\text{On a en effet : } N \text{ organique} = N \text{ KJELDAHL} - N (\text{NH}_4^+) \quad (4)$$

### **Manipulation**

Elle consiste à effectuer le dosage de l'azote KJELDAHL, puis celui de l'azote ammoniacal et d'en déduire l'azote organique à l'aide de la relation :

$$N \text{ organique} = N \text{ KJELDAHL} - N \text{ NH}_4^+$$

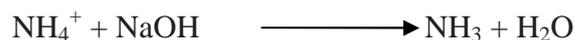
### **Dosage de l'azote Kjeldahl**

#### **Principe**

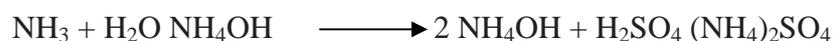
L'azote organique est minéralisé sous forme de sulfate d'ammonium par l'action conjuguée de l'acide sulfurique et de catalyseurs de minéralisation. Le schéma de la réaction est le suivant :



Les ions  $\text{NH}_4^+$  qui résultent de cette minéralisation, ainsi que ceux qui préexistaient dans l'eau, sont transformés ensuite en ammoniac par une lessive de soude.



L'ammoniac est alors entraîné par un courant de vapeur vers une solution de piégeage où il pourra être dosé par simple acidimétrie.



### **B) Mesure de Phosphore et Potassium (P, K)**

La mesure de phosphate P et potassium K est assurée par une technique ICP qui est une méthode d'analyse par spectrométrie d'émission atomique dont la source est un plasma généré par couplage inductif.

#### **■ Description d'un spectrophotomètre d'émission à source plasma**

#### **Principe de fonctionnement du spectrophotomètre d'émission à source plasma**

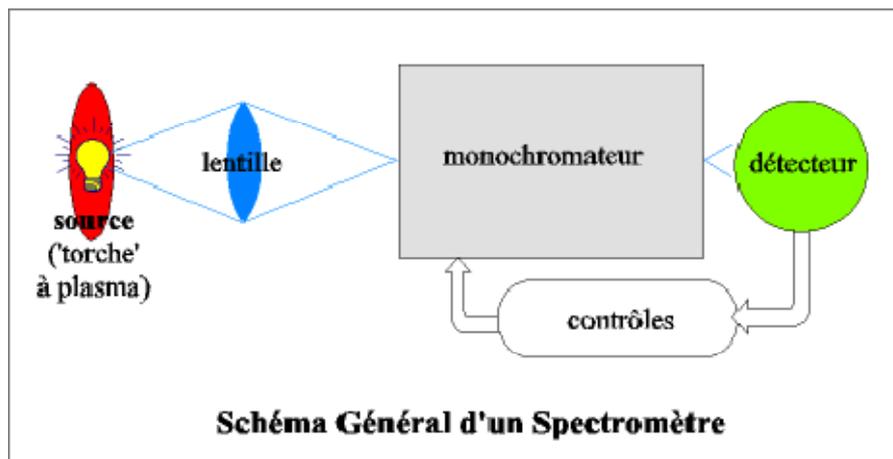
L'ICP\* est une méthode d'analyse par spectrométrie d'émission atomique dont la source est un plasma généré par couplage inductif.

\*ICP= raccourci pour "ICP-AES"= "Inductively-Coupled-Plasma/ Atomic-Emission-Spectrometry", ou encore OES, pour Optical Emission, car les raies analysées sont souvent des raies ioniques et pas seulement atomiques.

### ■ L'appareillage

L'appareillage comprend:

- Une source de nébulisation / atomisation / excitation de l'échantillon; elle comprend générateur H.F., torche et nébuliseur
- Un dispositif dispersif (monochromateur et/ ou polychromateur) pour analyser le rayonnement émis par l'échantillon;
- Un ensemble électronique / informatique pour la gestion des spectromètres et l'exploitation des données.



**Figure 13:Schéma d'un appareillage d'analyse par émission: source/ dispersion/ détection (ICP-AES Bases) :**

### 2.3. Les Analyses Bactériologique

#### Mesures des indicateurs de pollution fécale

Les indicateurs de pollution fécale pris en compte dans cette partie sont uniquement les coliformes (dits coliformes totaux (CT)), les coliformes thermotolérants (CTT) et les streptocoques fécaux (SF).

Les méthodes utilisées pour la détermination des indicateurs de pollution fécale sont multiples.

Les critères de choix d'une technique dépendent de l'origine, de la nature de l'eau à examiner (eau de forage ou de puits, eau trouble, eaux usées, etc.), des facteurs relatifs à la qualité des résultats et des facteurs relatifs au coût des analyses. Les méthodes classiques utilisées sont :

- La filtration sur membrane ;
- L'étalement ;
- L'incorporation en gélose ;
- La dilution en milieu liquide ou le Nombre le plus probable (NPP).

### **Méthode par filtration**

La technique par filtration n'est pas appropriée pour des eaux usées brutes à cause de la charge bactérienne très élevée et de la teneur excessive en matières en suspension (MES) pouvant provoquer le colmatage de la membrane. Elle convient plutôt aux eaux très peu chargées en matières particulaires telles que les eaux potables.

#### ***Principe***

Le principe repose sur 4 étapes qui sont la filtration, la culture, l'incubation et le dénombrement des colonies.

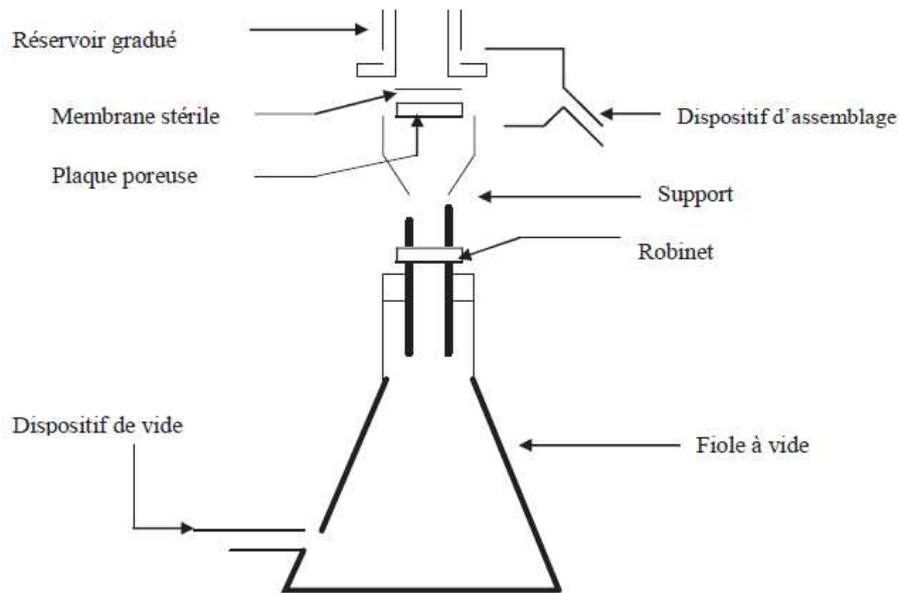
- La filtration d'un volume donné d'échantillon sur une membrane de cellulose stérile de 0,45 $\mu$  de porosité. La prise d'essai maximale est fonction de la filtrabilité de l'eau et de la porosité des membranes utilisées. En général, une prise de 100 ml est suffisante avec une membrane dont les pores ont un diamètre moyen de 0,45  $\mu$ .

*Nota : Il s'agit d'utiliser une quantité d'échantillon ou une dilution de façon à obtenir moins de 100 unités formant colonies (UFC) sur une membrane de 47 ou 50 mm de diamètre.*

- le dépôt de la membrane sur un milieu gélosé sélectif ;
- l'incubation aux températures et temps convenables ;
- le dénombrement des UFC dans le volume de référence choisi.

#### ***Filtration***

- *Schéma*



**Figure 14:schéma de la filtration (sous vide)**

- *Préparation du dispositif et technique de filtration*
- Relier le dispositif de filtration à une source de vide (pompe ou trompe à eau) ;
- Brancher la pompe à une prise de courant ;
- Ouvrir le robinet du dispositif de filtration ;
- Enlever le réservoir et stériliser à la flamme la surface du support poreux, ainsi que le réservoir ;
- Laisser refroidir en y versant de l'eau distillée et laisser la pompe aspirer ;
- Fermer le robinet et remettre le réservoir sur le support ;
- Placer, à l'aide d'une pince préalablement passée à la flamme puis refroidie, une membrane stérile (la tenir seulement par le bord extérieur) sur la base du support poreux ;
- Rincer à l'eau distillée stérile le réservoir et la membrane filtrante tout en maintenant l'arrivée fermée ;
- Homogénéiser bien l'échantillon et verser ou transférer à l'aide d'une pipette un volume  $V$  connu d'échantillon ;
- Ouvrir le robinet et faire un vide pour filtrer lentement l'eau à travers la membrane ;
- Refermer aussitôt le robinet après que tout l'échantillon ait été filtré ;
- Retirer le réservoir et ensuite la membrane et la déposer sur le milieu de culture.

**Note :** *Faire attention en déposant la membrane pour ne pas emprisonner de bulle d'air entre celle-ci et le milieu.*

*Si cela se produisait, soulever légèrement la membrane en la tenant par le bord et la redéposer très doucement pour éliminer la bulle d'air.*

*Pour différentes dilutions d'un même échantillon commencer toujours la plus forte dilution. Le réservoir peut être réutilisé sans désinfection entre 2 dilutions. Pour filtrer un autre échantillon, désinfecter ou rincer abondamment à l'eau distillée le réservoir et le support poreux.*

### **Méthode par étalement**

C'est une technique qui est utilisée pour l'analyse des eaux usées brutes et des eaux à forte charge bactérienne. Dans ce cas, des dilutions sont nécessaires car elle utilise de très faibles volumes à cause de la charge bactérienne souvent très élevée. La méthode par étalement n'a aucun sens pour les eaux de forage.

#### ***Principe***

- Etalement en surface d'une prise d'essai de 0,1 à 0,5 ml sur un milieu gélosé ;
- Dilution de sorte que le nombre présumé de colonies formées soit compris entre 25 et 300 ;
- Incubation à température et temps convenables ;
- Dénombrement des colonies typiques ;
- Expression des résultats selon la formule en 1,5.

#### ***Etalement***

- La technique requiert certaines précautions :
- Sécher au préalable, à l'étuve à 37°C, les milieux gélosés afin de faire évaporer l'eau de cristallisation ;
- Vérifier que la surface est complètement sèche sinon on obtient une « pâte de colonies » sur la boîte de pétri ;
- Déposer un volume donné d'échantillon bien homogénéisé à la surface de la gélose à l'aide d'une pipette graduée ;
- Etaler aussitôt et de façon uniforme à l'aide d'un étaleur en verre rodé sur toute la surface (utiliser 2 boîtes par dilution).

### **Incubation**

L'incubation peut se faire en un ou deux temps selon les indications pour chaque microorganisme ou groupe de microorganismes : soit 2 à 4 h pour permettre la revivification des organismes en état de choc et ensuite incubation normale.

Au cours de l'incubation, il faut veiller à retourner les boîtes ensemencées et étiquetées, et à les placer dans un incubateur selon les temps et températures indiqués pour chaque groupe de microorganismes recherchés.

### **Dénombrement ou comptage des colonies**

Après incubation, les boîtes de pétri ou les membranes doivent être examinées immédiatement.

On compte les colonies (UFC) en fonction des organismes recherchés sur les milieux sélectifs ou non, à l'aide d'un compteur de colonies ou à défaut d'un marqueur indélébile sur le revers de la boîte de pétri.

Note : S'il n'est pas possible de compter les colonies après incubation, les boîtes de pétri ou les membranes doivent être conservées à 4 ou 5°C durant de courtes périodes. Mais ceci entraîne souvent une modification de l'apparence (notamment la couleur) des colonies.

### **Expression des résultats**

Chaque colonie est supposée provenir d'un seul microorganisme ou d'un amas de microorganismes. Le résultat est donc exprimé par le nombre d'unités génératrices de colonies dans la quantité de référence spécifiée d'échantillons (généralement 100 ml ou 1 ml), selon la formule ci-dessous :

Avec : N = nombre d'unités génératrices (formant) de colonies dans le volume de référence

$\Sigma N$  = somme de toutes les colonies comptées dans les boîtes ou sur les membranes provenant des dilutions  $d_1, d_2, \dots, d_i$  ;

$n_1, n_2, \dots, n_i$  = nombre de boîtes comptées pour les dilutions  $d_1, d_2, \dots, d_i$  ;

$v_1, v_2, \dots, v_i$  = volumes de prise d'essai pour les dilutions  $d_1, d_2, \dots, d_i$  ;

$d_1, d_2, \dots, d_i$  = dilutions utilisées pour les prises d'essai  $v_1, v_2, \dots, v_i$  ( $d = 1$  pour un échantillon non dilué,  $d = 0.1$  pour une dilution au 1/10, etc....).

$V_s$  = la quantité de référence choisie pour exprimer la concentration de l'échantillon en microorganismes.

### **3. Evaluation de niveau du confort rendu et l'acceptabilité de TDSU.**

Une enquête a été menée sur le terrain pendant 10 jours. Un questionnaire en 30 copies a été préparé à cet effet (voir en annexe III un extrait du questionnaire). La sensibilisation de la population sur l'importance de la protection de l'environnement, la promotion et la réutilisation des produits ecosan (urine, fèces et eaux grises) dans la production agricole. Cette sensibilisation a été renforcée par des rencontres et discussion à coté du centre (rassemblé des villageois après la prière) dans les champs et rues.

L'enquête-ménage réalisé a nécessité une organisation logistique et scientifique pour atteindre les objectifs préétablis. Les actions réalisées peuvent être résumées comme suit :

- 🔹 Préparation du questionnaire pour la collecte des informations ;  
Partie I – questions pour les ménages qui disposent les TDSUS.  
  
Partie II – questions pour les ménages qui ne disposent pas de TDSU ;
- 🔹 Visite des 30 familles parmi les 90 ménages groupé autour du centre de la jeunesse et proche des installations du projet, dont 4 disposent la TDSU et enquête avec chef de famille ou représentant, soit dans leurs maisons ou bien en sortie de la mosquée après la pierre.

Cette enquête a servi pour dresser un inventaire de la situation de l'eau et de l'assainissement et le niveau d'adoption et vouloir construire ce type d'assainissement ainsi la réutilisation des produits de système ecosan (particulièrement l'urine) par la population de Dayet Ifrah. Pour cela, 30 ménages qui représentent environ 15% des ménages existants ont été enquêté pour voir leurs points vue sur ce système. Le choix des ménages enquêté était basé sur la proximité aux ménages disposant les TDSU et les ménages enquêté en 2009 leur de l'étude de faisabilité.

Lors des réunions et discussions de sensibilisation, des explications très simplifiées sur l'approche ecosan et les bénéfices de la réutilisation de ses produits ont été effectué en se basant sur des exemples réels tels que la réutilisation des eaux usées à Séfrou et à Meknès et la fertilisation du sol par le fumier animale mélangé aux excréta humains (utilisation des abris d'animaux par les femmes pour la défécation et la miction).

#### **4. Evaluation économique de TDSU installé à Dayet Ifrah.**

Pour procédé à cette évaluation, un inventaire des matériaux utilisés pour la réalisation, leurs quantités et les dimensions de la construction était effectué. Cet inventaire était basé sur des observations de construction, interview avec les maçons pour connaitre les dosages du béton et mortier au douar.

En fonction des prix des matériaux de construction et de la main d'œuvre à Ifrane, le cout de l'installation de TDSU est la somme des couts estimer pours ses composantes qui suivent :

- Cout de la fondation de construction

- Cout de la fosse de stockage
- Cout de tuyau de ventilation et d'escalier
- Cout de la superstructure
- Cout des matériels de l'interface utilisateur (accessoires)
- Cout de filtre planté
- Cout de la main d'œuvre

Ce cout était calculé pour les Trois types d'installations (TDSU avec douche en brique et en moellon et le TDSU sans douche en brique), il est pour but d'estimer le cout d'assainissement par habitant et de le comparé au système conventionnel le plus adapté à la réglementation « le puits filtrant procédé d'une fosse septique ».

## PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Evaluation de l'état fonctionnel et architectural des TDSU.

Un diagnostic et analyse de l'état fonctionnel et architectural a été effectué pour les différents composantes du TDSU, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

<b>L'élément</b>	<b>Fonctionnement</b>
La Porte	Bon, accès à la TDSU, assure intimité et sécurité au froid
Lavabo	Bon, dispose eau et savon.
Fourneau	Bon, permet le chauffage de la superstructure
Urinoir	Bon fonctionnement, propre, pas odeur
Dispositif de séparation	Bon séparation de flux
L'adjuvant	La cendre le meilleur adjuvant de déshydratation et empêchement de la prolifération des odeurs et micro-organismes
Espace douche	Bon fonctionnement, Dimensions Confortables, fréquemment utilisé
Tuyau de ventilation	Bon fonctionnement, déshydratation et échappement des odeurs
Puits d'infiltration	Filtration dans strates de sol et infiltration. Pas d'odeur et mouche, pas d'eau en surface.
Filtre planté de roseau	Bon fonctionnement, traitement des eaux grises (douche et lavabo)
Bidon de collecte d'urine	Assure le stockage d'urine. pas de fuites.
Canalisation	Pas de fuite, séparation des flux, pente minimale antigel
Fosse de stockage	Bon fonctionnement Stockage des fèces, déshydratation, empêchement de d'odeur et des mouches

**Tableau 7: résultats d'évaluation fonctionnel des TDSUs**

#### 1.1. La superstructure :

Constitue un abri pour cacher l'intimité des usagers. Elle est réalisée soit en parpaing ou moellons (famille k), les murs des différentes superstructures sont étanches à l'eau. Les dimensions de construction TDSU peuvent jouer un rôle important à l'adoption et l'utilisation de cette derrière. Elles sont confortable pour les familles (J, F et K sont de dimensions 2.3 x 2.3m : TDSU et douche). Celle de la famille A est de dimension 1.5 x 1.6m qui est une TDSU sans douche.

Le choix de l'emplacement des constructions était fait en concertation avec les chefs de ménages bénéficiaires.

Chez les familles A et F, à leur demande les TDSUs ont été construites loin de la porte des ménages (8m en moyen), les raisons évoquées par les deux familles ont été d'éviter le désagrément des mauvaises odeurs et la disponibilité de l'espace à proximité de la porte. L'expérience a montré que l'éloignement de la TDSU de la porte de ménage peut être un des inconvénients surtout en hiver quand il fait très froid. Ce qui n'est pas le cas pour les familles J et K qui ont préféré avoir la TDSU proche de leur porte de ménage, ce qui facilite l'accès en temps pluvieux.

D'après l'expérience des toilettes à Dayet Ifrah. Elle était prouvée que la TDSU est exempte d'odeur. Il est recommandé que la construction soit à l'intérieur de la maison ou bien collée au mur de la maison à proximité de la porte, ce qui permet d'augmenter le confort rendu par la TDSU.

Les escaliers construits pour monter une hauteur de 80cm, doivent avoir une rampe support (Figure15) pour éviter le risque de chute des enfants et des vieux. Ainsi que le glissement des usagers en temps pluvieux. Comme il faut prévoir un accès au fauteuil roulant pour les handicaps.



**Figure 15: rampe pour l'escalier de la TDSU (Stefan DEEGENER.2010)**

## **1.2. La porte :**

Elle est de dimension de 80 x 185cm et s'ouvre vers l'intérieur chez les quatre familles (Figure 16,1) en concertation avec les chefs des ménages.

Chez la famille A, la porte est bloqué par le dispositif de séparation et ne s'ouvre pas totalement (Figure16, 2). Pour les prochaines constructions il est recommandé soit de :

- Surélevé un peu la porte (5cm) de façon qu'elle passe au dessous du dispositif,
- Réarrangé l'espace à l'intérieure des TDSUs
- Réduire les dimensions de la porte.
- Utilisé des portes coulissante, pliable ou à ouverture vers l'extérieure.



1: Porte en bonne ouverture

2 : porte d'accès à la TDSU partiellement ouverte

### **Figure 16:porte d'accès à la TDSU**

Les portes de vidange des fosses sont de dimension de 0.6x0.6m. Elles sont surélevées de niveau du terrain naturel (Figure17), fermées hermétiquement et équipées d'un joint d'étanchéité autour de la porte. Il a pour but d'empêché une éventuelle propagation des odeurs, des mouches et le passage d'eau de pluie dans la fosse.



**Figure 17: les portes de vidange des fosses.**

### 1.3. L'urinoir :

C'est un urinoir sans eau (Figure 18), il n'est utilisé que par les enfants et les jeunes. Les chefs des ménages urinent en position assise pour éviter la dispersion des gouttes d'urines sur les vêtements, car cela est inacceptable pour faire la prière avec ces vêtements. Leur utilisation par les enfants avec le temps sera une habitude et ils les utiliseront pour toujours.



**Figure 18:urinoir sans eau**

### 1.4. Lavabo :

C'est un dispositif pour le lavage des mains après chaque utilisation de la toilette. Les réservoirs d'eau d'alimentation du lavabo utilisé dans les TDSUs sont de deux types :

- Le premier à une capacité de 20 litres (Figure 19, *Solution 1*) coût environ 200mads, il est fixé au mur par un support à faible résistance (chez 2 familles) raccordé au lavabo par un tuyau transparent.
- le deuxième d'une capacité de 30 litres (Figure 19, *Solution 2*) coût environ 200mads, il est fixé au mur avec un support résistant (chez la famille F) et verse l'eau directement dans le lavabo. il est rempli en eau en totalité ce qui diminue la fréquence de son remplissage.

➔ Les villageois ont opté pour la deuxième en raison de grande capacité de stockage d'eau, faible fréquence de remplissage, la bonne fixation au mur ainsi le meilleur coût d'installation.



Solution 1 : bidon 30 litres



Solution 2 : bidon 20 litres

**Figure 19: alimentation du lavabo en eau**

La famille J a fait descendre le bidon en le mettant sur un support sur dalle (Figure 20) et prend l'eau dans un petit seau. Cette famille à son propre puits avec une motopompe proche de la maison, elle prévoit de construire un petit château pour alimenter tout le ménage en eau.



**Figure 20: bidon d'eau à terre chez la famille J**

Les ménages disposent du savon, le bidon d'alimentation est quotidiennement alimenter en eau, ce qui illustre la conscience des membres du ménage de l'aspect hygiénique après les séances de sensibilisation

**1.5. L'espace douche :**

Il est très utilisé par les membres du ménage, et ne présente aucun dysfonctionnement. Avant l'installation de cette construction, les douches étaient prises à la cousine ou dans le salon. L'espace douche (Figure 21) est de dimension confortable et est facile à chauffer en

temps froid par un fourneau. Les dimensions de receveur sont de 90 x 90 cm, sont confortable et répond aux recommandations des professionnel (<http://www.travaux-et-decoration.com/>)



**Figure 21:rideau de séparation de l'espace douche**

#### **1.6. Le dispositif de séparation :**

Ce dispositif a trois orifice permet la séparation des flux (urine, fèces, eau de nettoyage anale). Deux types de dispositif sont testés dans ce projet :

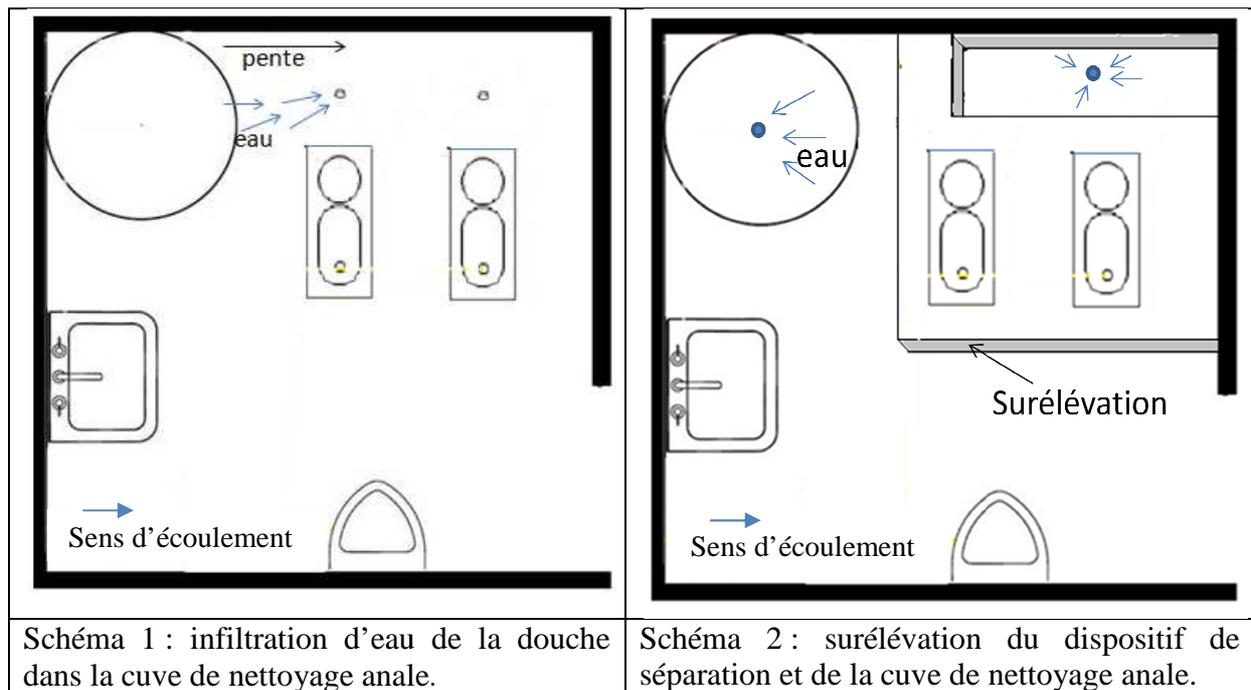
Un dispositif indien en céramique (Figure22, Photo 1) assure une bonne séparation des flux, une bonne étanchéité entre le dispositif et la dalle (bonne adhésion des matériaux). Le niveau de la cuve de nettoyage anale est surélevé par rapport à la dalle, ce qui empêche l'infiltration de l'eau de douche dans la cuve et donc la formation des odeurs.

Un dispositif chinois en plastique (Figure22, Photo 2), chez la famille F assure la séparation de fèces et l'urine. Lors de la pose, l'étanchéité a été mal assurée en utilisant la silicone comme adjuvant, ce qui laisse infiltrer l'eau vers la fosse de stockage. Ce qui est en cause les conditions de la prolifération des micro-organismes, des odeurs et des mouches.

	
<p>Photo1: Dispositif indien</p>	<p>Photo2: Dispositif chinois</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuve de nettoyage anal attaché, la cuve est lisse, l'eau s'infiltré facilement sans contamination</li> <li>- La céramique a une Bonne adhésion au béton qui rend une bonne étanchéité à l'eau</li> <li>- Pas d'infiltration d'eau et absence total d'odeur dans la fosse et dans la TDSU. Bonne séparation des flux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuve de nettoyage anal détaché et possibilité de contamination de l'espace derrière le dispositif</li> <li>- Le plastique mauvais pose lors de construction, Mauvaise étanchéité à l'eau</li> <li>- Infiltration d'eau dans la fosse et dégagement d'odeur vers le TDSU. Mélange d'eau douche</li> </ul>

**Figure 22: comparaison entre les dispositifs de séparation mises à Dayet Ifrah.**

Ce dispositif a été surélevé par rapport la dalle pour éviter l'infiltration d'eau. La cuve de nettoyage anale est détachée du dispositif, elle est au même niveau que la dalle. La pente de la dalle vers la cuve facilite infiltration de l'eau de la douche vers l'orifice de la cuve de nettoyage anale (Schéma 1). Pour résoudre le problème, l'espace douche était séparer de la cuve de nettoyage par une surélévation (schéma 2) qui permet d'évacuer chaque flux à leur destination.



### 1.7. L'adjuvant utilisé pour la couverture des fèces :

Au début, les ménages ont utilisé la terre sèche comme adjuvant, en hiver la terre était mouillée et les villageois commençaient à utiliser la cendre disponible par l'utilisation du fourneau de chauffage (Figure 23). Maintenant ils continuent à utiliser la cendre vu le bon résultat en comparaison avec la terre sèche.

Chez la famille F, L'ajout du fumier des chèvres n'assure pas une bonne déshydratation de la matière fécale dans la fosse (le fumier n'est pas entièrement sèche), elle reste quasi-humide d'où la prolifération des micro-organismes et des odeurs désagréable. Cette odeur a poussé les membres de ménage à abandonner la défécation dans cette toilette. Ils ont été sensibilisés de nouveau sur l'importance d'utiliser un bon adjuvant (cendre) et Après la correction de la pose de dispositif les membres de ménages utilisent la cendre. Ils ont constaté l'efficacité de la cendre, absence de micro-organisme et exempte d'odeur. Les membres de ménage ont satisfaits du Résultat.



**Figure 23: ajout de la cendre dans la fosse pour atténuer le dégagement d'odeur**

### **1.8. Les fosses de stockage:**

Elles sont construites sur une dalle surélevée de 10 cm du sol pour empêcher l'infiltration d'eau de ruissèlement dans la fosse par les portes de vidange.

Chez La famille J une accumulation des charriages apportés par le ruissèlement d'eau fait hausser le niveau du sol devant les portes de vidange. Donc, il y a un risque de l'infiltration de l'eau dans la fosse et il faut soit de faire le curage.

La matière fécale chez les familles A, J et K est sèche grâce à l'utilisation correcte de la cendre comme adjuvant de couverture. Par contre chez la famille F, qui utilise le fumier des chèvres et s'ajoute à cela les fuites d'eau, la matière fécale est quasi humide et on constate une prolifération des micro-organismes d'où dégagement des mauvaises odeurs. Ces odeurs sont le principal facteur de l'abandon de la TDSU pour déféquer par les membres du ménage.

Pour se préparer à l'étude de valorisation de la matière fécale l'année prochaine, on a procédé à la fermeture de la fosse en deux étapes :

- La couverture la matière fécale stockée dans la fosse avec une couche épaisse de cendre (Figure24, étape 1).
- La deuxième fosse était préparée pour recevoir la matière fécale par une couche de la terre sèche ou de la cendre sur la surface de la fosse (Figure24, étape 2). Pour but de facilité la déshydratation de la matière fécale et empêché le collage de fèces sur terre de la fosse.



Etape 1 : Couverture de la matière fécale d'une couche épaisse de la cendre



Etape 2 : Couverture de la terre de la fosse par une couche de terre sèche

**Figure 24: gestion des fosses de la TDSU.**

### 1.9. Les canalisations :

Sont de diamètre de 50 servent à la collecte des flux séparément et celle de diamètre 110mm assurent le transport des eaux grises filtre planté pour le traitement (Figure26).

La TDSU de la famille F présente :

- déconnexion de conduite au niveau de la cuve de nettoyage anale du à l'absence de raccordement male femelle. Il est recommandé d'utiliser un siphon comme celle de douche (Figure 25).



**Figure 25:siphon d'évacuation des eaux recommandé pour la cuve de nettoyage anal.**

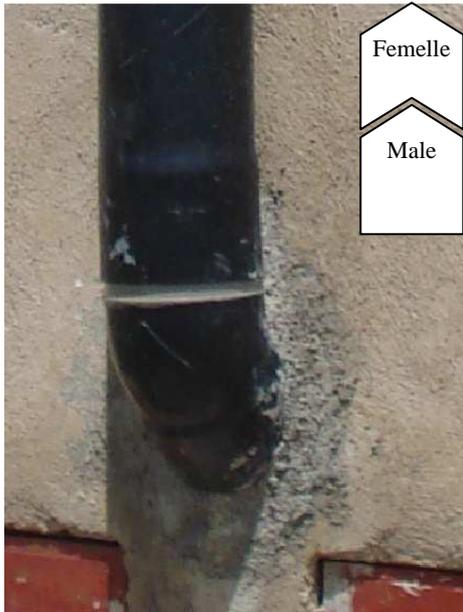
- Des fuites ont été descellées au niveau des canalisations des eaux grises chez la famille F. le diagnostic du système a relevé la présence deux problèmes :
    - Absence ou non utilisation de la colle PVC pour la connexion des canalisations.
    - Colmatage de la conduite en aval due à un manque d'entretien qui conduit à l'accumulation des débris organiques et la mise en pression des canalisations.
- ⇒ Il faut sensibiliser les chefs de ménages à procéder à un entretien (curage) périodique de filtre planté et les canalisations.



**Figure 26: utilisation de canalisations pour la collecte des flux**

### **1.10. Le tuyau de ventilation :**

Le tuyau de ventilation des quatre installations fonctionne normale et assure l'évacuation des odeurs et la déshydratation de la matière fécale. Chez la famille K, la partie femelle du coude du raccordement est dirigé vers le haut (Figure 27), ce qui peut laisser l'eau de pluie s'infiltrer dans les fosses et causer l'imbibition de la matière fécale.



**Photo1 : Bonne raccordement : femelle dirigé vers le bas empêche l'infiltration d'eau**



**Photo2 : Mauvais raccordement : femelle dirigé vers la haute possibilité d'infiltration d'eau.**

**Figure 27:tuyau de ventilation.**

### **1.11. Le bidon de collecte d'urine :**

Deux types de bidons sont utilisés dans ce projet pour la collecte d'urine. Trois ménages ont des bidons de 200 L enterrés sous sol (Figure 28, photo1) et le quatrième est de 1000L posé dans un abri (ancien construction) (Figure 28, photo2). Ces bidons sont exempts d'odeur et ne présentent pas des fuites.

Ces bidons sont cachés pour éviter le gel d'urine dans les conduites et éloigner l'urine des enfants et des membres de ménage pour réduire le risque de la contamination avec le contact direct.

La récupération de l'urine pour vider les bidons de collecte dans des bidons de stockage de petite capacité se fait grâce à une pompe manuelle. Ceci implique un grand effort surtout qu'elle se fait en position assise, ce qui rend cette manipulation encombrante (les pompes sont mal entretenues ont besoin d'un grand effort remonter l'urine de bidons).



**Photo1 : Bidon de collecte de 200L      Photo2 : Bidon de collecte de 1000L**

**Figure 28: bidon de collecte d'urine à Dayet Ifrah**

Donc, il est recommandé soit :

- D’allonger le tube de la pompe manuelle par un tube d’acier ou un tuyau en plastique, ce qui permet une manipulation plus confortable de la pompe en position droit.
- D’utiliser des bidons de petite capacité (20 L) pour la collecte (Figure 29, photo1) et les transvaser dans des bidons de stockage de grande capacité (Figure29, photo2). Ces derniers doit être surélevé pour que la récupération de l’urine se fasse gravitairement et éviter le pompage manuelle (Figure30).



**Photo1 : Utilisation de bidon de collecte de petite capacité**

**Photo2 : Petit bidon de collecte transvasé dans un réservoir (WERNER.C.2010)**

**Figure 29: collecte d'urine dans des petits bidons transvasés dans un grand réservoir.**



**Figure 30: récupération d'urine hygiénisé pour le transport au champ  
(WERNER.C.2010).**

### **1.12. Le puits d'infiltration :**

Le puits d'infiltration de différentes installations est en bonne fonctionnement. Il est :

- Exempte d'odeur
- Ne présente pas des moche
- Ne présente pas l'affleurement d'eau en surface

De ce fait ce puits ne présente pas une source de contamination. Il assure leur fonction en filtrant dans les strates du sol comme traitement et infiltrant l'eau de lavage anale vers la nappe. Pour vue paysagiste on peut planter des arbustes dans ce puits pour le cacher, cas de famille J (Figure31).



**Figure 31: puits d'infiltration des eaux de nettoyage anal**

### 1.13. Le filtre planté :

C'est filtre plantés de roseau et d'iris à écoulement horizontale qui traite les eaux grises venant de la douche et le lavabo de la TDSU.

Chez familles J et K les filtres plantés sont en bon fonctionnement (Figure 32, photo1), le roseau en bon développement, bon rendement traitement et exempte d'odeur

Chez la famille A, le filtre planté est colmaté par matière en suspension et débris organique venu de la cuisine et qui peut contenir des détergents qui sont en cause l'absence de roseau (Figure 32, photo2). Chez la famille F, le filtre planté parcourus par faible débit d'eau grise ce qu'explique le faible développement de roseau.

Les eaux grises (douche, lessives...) chez le reste du village sont rejetées dans la nature sans traitement, Le filtre planté est une solution de leur traitement convenable. Un contrainte à ce traitement est l'utilisation des détergeant forts par les femmes de ménage. Il faut les sensibiliser à utiliser des produits naturels et biologiques (citron, khezama...) et évité les détergents qui sont toxique pour la masse bactérien du filtre.



**Photo1: Filtre planté de roseau et d'iris chez la famille J en bonne fonctionnement (eaux douche+ lavabo)**



**Photo 2 : Filtre planté colmaté en absence de roseau sous effet toxique des détergeant (eaux de cousine+lavabo)**

**Figure 32:fonctionnement des filtres plantés de roseau**

## 2. Evaluation des flux sortant du TDSU (Urine, matière fécale).

### 2.1. La quantité d'urine produit après une année de fonctionnement.

Pour avoir une idée sur le taux de fréquentation de la TDSU pour uriner, une estimation de la quantité d'urine collectée à la sortie des TDSUs à été réalisé et les résultats pour les 4 familles sont présenté dans le tableau n°8.

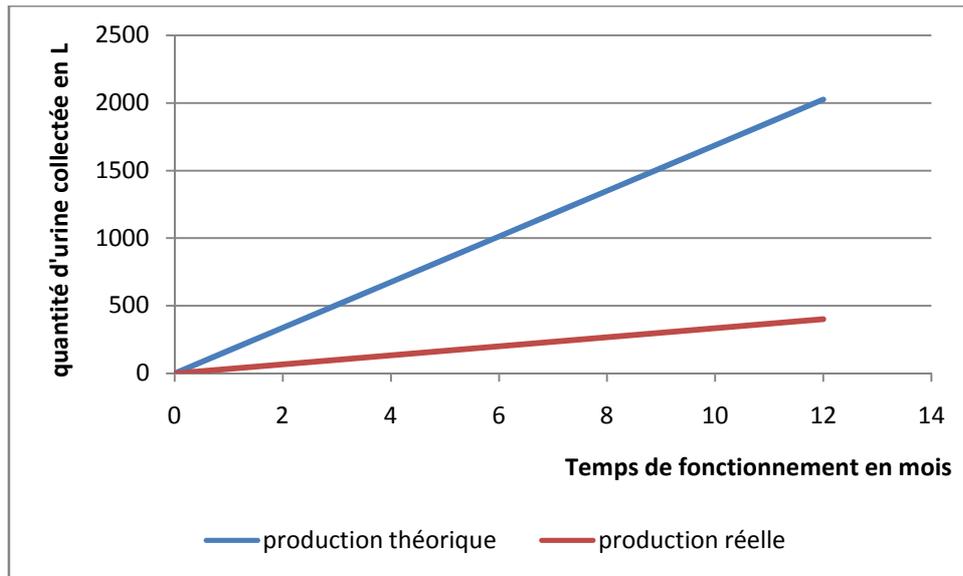
	Famille A	Famille F	Famille J	Famille K
Personne /ménage	5	12	4	3
Production théorique de l'urine pendant un an	2025 L	4860 L	2160 L	1215 L
Production réel d'une année de fonctionnement	400L	1200 L	400 L	350 L
Taux de collecte (%)	19.75	24.7	18.5	28.8

**Tableau 8: Estimation de la quantité d'urine collectée après une année de fonctionnement**

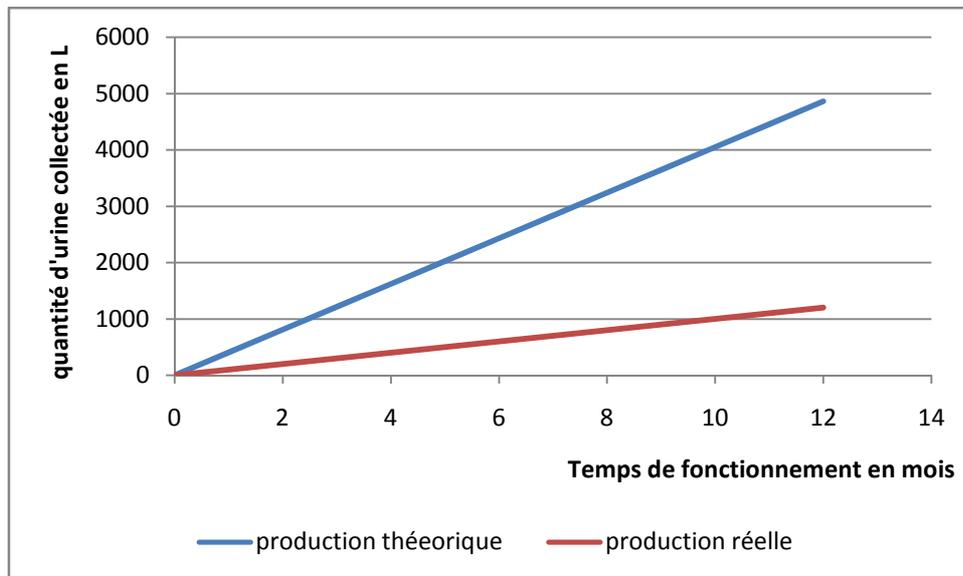
Le taux de collecte d'urine reste faible par rapport la production théorique des ménages les Figures 33,34, 35 et 36 illustrent clairement cette différence entre la production réelle et ce qu'il devrait être (production théorique). Cette faiblesse est due à :

- le manque d'habitude d'uriner impérativement dans une toilette.
- le temps passé en dehors de la maison
- le manque de conscience de la valeur fertilisante de l'urine.
- Manque de conscience de l'importance de la préservation de l'environnement.

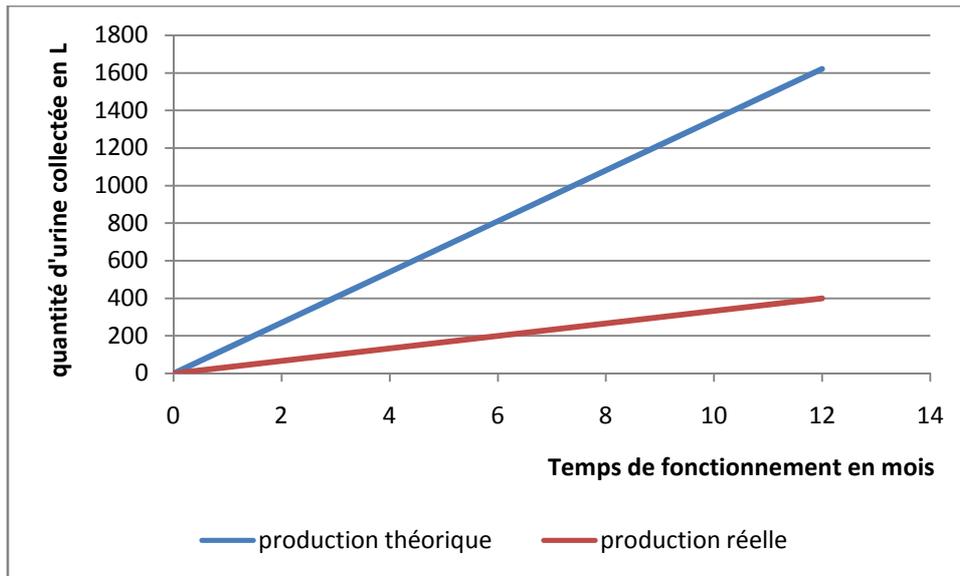
D'où l'importance d'organiser d'autres séances de la sensibilisation. Multiplier les expériences de la valorisation agricole et un atelier d'information et de sensibilisation des personnels de DPA sur la pratique de la valorisation d'urine comme fertilisant.



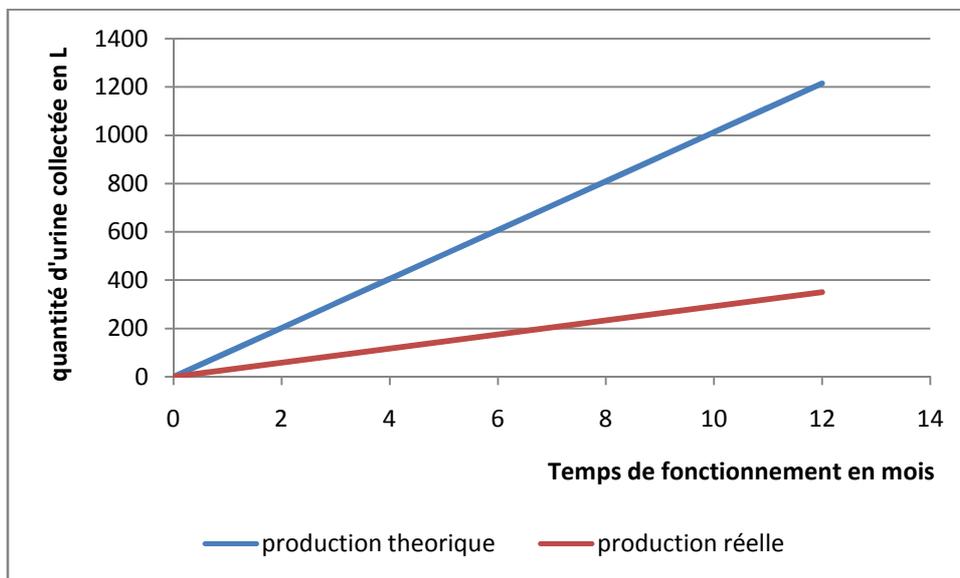
**Figure 33: production d'urine chez la famille A**



**Figure 34: production d'urine chez la famille F**



**Figure 35: production d'urine chez la famille J**



**Figure 36: production d'urine chez la famille K**

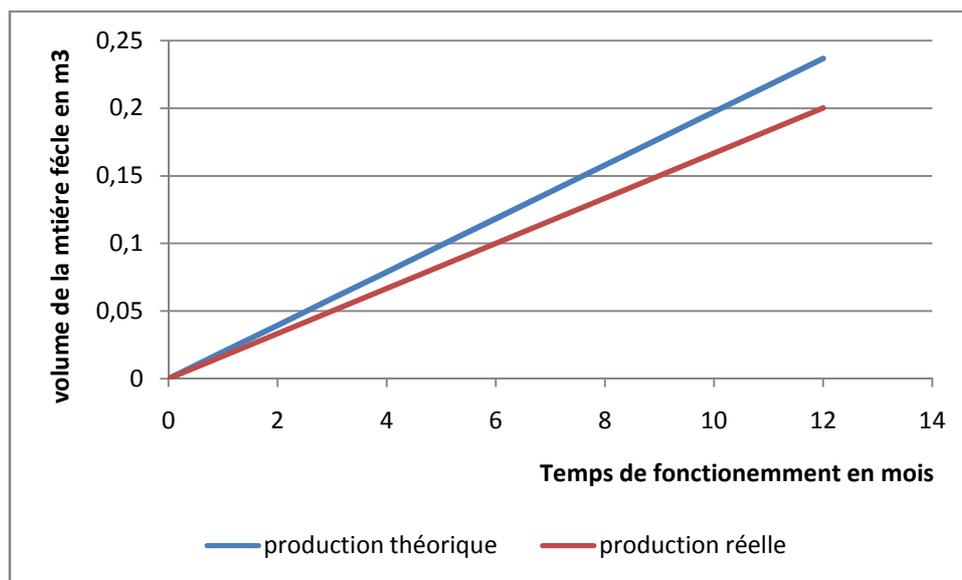
## 2.2. La quantité de la matière fécale collectée après une année de fonctionnement.

Pour avoir une idée sur le taux de fréquentation de la TDSU pour déféquer, une estimation de la quantité de la matière fécale collectée à la sortie des TDSUs a été réalisée et les résultats pour les 4 familles sont présentés dans le tableau n°9.

	Famille A	Famille F	Famille J	Famille K
Personne /ménage	5	12	4	3
Volume de la fosse	0.72 m <sup>3</sup>	1.1 m <sup>3</sup>	1.1 m <sup>3</sup>	1.1 m <sup>3</sup>
Production théorique de la matière fécale pendant 1an	0.3 m <sup>3</sup>	0.7 m <sup>3</sup>	0.24 m <sup>3</sup>	0.18 m <sup>3</sup>
Production réel d'une année de fonctionnement	0.17 m <sup>3</sup>	0.12 m <sup>3</sup>	0.20 m <sup>3</sup>	0.09 m <sup>3</sup>
Taux de collecte (%)	57	17	83	50

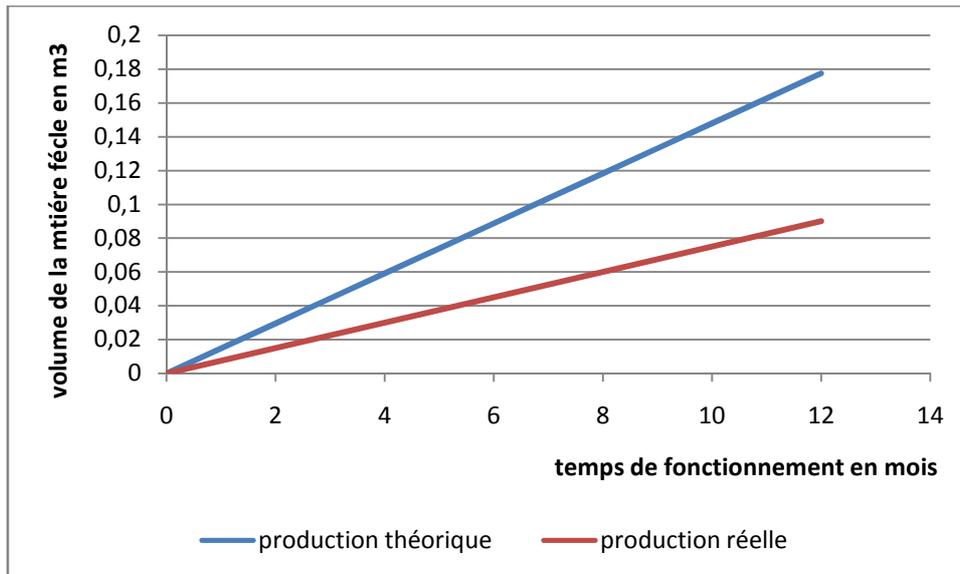
**Tableau 9: Estimation de la quantité de matière fécale collectée après une année de fonctionnement**

→ **La famille J** : est constituée de 5 personnes dont deux femmes et sa fille sont disponibles toujours à la maison, le chef de ménage est dans le champ à proximité de la maison, il passe la plupart du temps au ménage avec son fils. Le taux de collecte de la matière fécale est presque normal (83%) (Figure 37). Ce qui illustre qu'ils ont pris l'habitude d'utiliser le dispositif de TDSU.



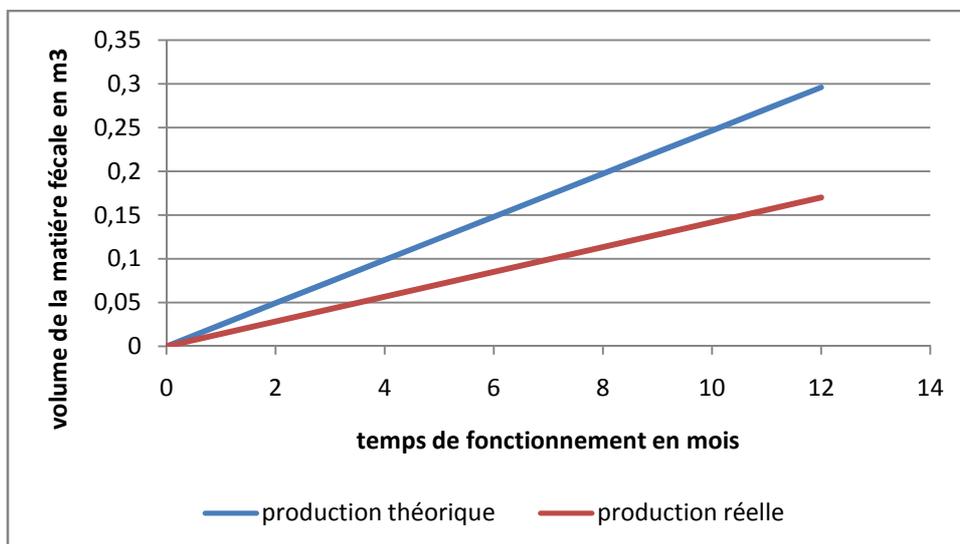
**Figure 37: la production de la matière fécale chez la famille J**

→ **La famille K** : est composée de trois personnes (deux hommes et une femme). Les hommes utilisent les toilettes de la mosquée qui est proche du ménage pour faire leurs besoins. Ils n'ont pas encore l'habitude d'utiliser la TDSU régulièrement. Seule la femme utilise la TDSU. Ce qui explique le taux moyen de collecte de la matière fécale de 50% (figure 38).



**Figure 38: la production de la matière fécale chez la famille K**

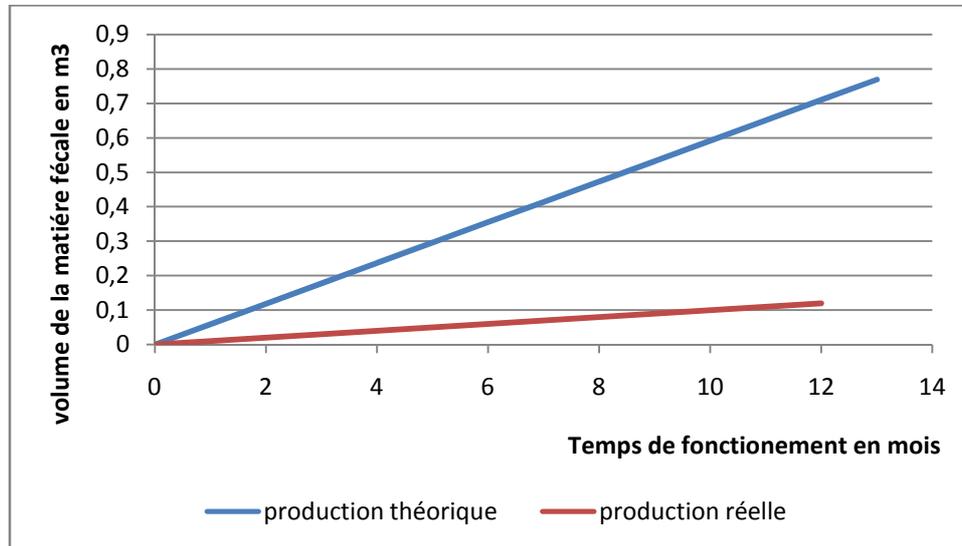
→ **La famille A** : est composée de 6 personnes, dont deux petits enfants, deux hommes, une femme et un jeune adulte. Les hommes et le fils passent presque la moitié de leurs temps à la maison, ils sont soit au champ, souk ou au moulin, ils n'ont pas encore d'utiliser la TDSU régulièrement. Il y a que la femme à disponibilité totale dans le ménage qui utilise la TDSU. Cette famille a un taux de collecte de matière fécale de 57% après une année de fonctionnement (figure 39).



**Figure 39 : la production de la matière fécale chez la famille A**

→ **La famille F** : est la grande famille bénéficiaire, elle est composée de 14 personnes. Il y a deux petits enfants, quatre femmes et un grand père qui passent tous le temps à la maison. Les reste des hommes et jeunes de ménage passent la plus part du leurs temps en dehors du

ménage soit dans le souk ou dans le champ qui est loin du ménage. Ils n'ont pas l'habitude de revenir à la TDSU pour faire leurs besoins. Même les personnes disponibles à la maison n'utilisent pas fréquemment la TDSU en raison de la fuite d'eau dans la fosse et dégagement d'odeur (chapitre III, 1.6 et 1.8.). Le taux de collecte de cette famille le plus faible de 17% (Figure 40)



**Figure 40: la production de la matière fécale chez la famille F**

### 3. Caractéristiques physicochimiques des échantillons d'urines

#### 3.1. Le pH

La mesure du pH des 4 échantillons a donné les résultats représentés sur le tableau suivant :

Echantillons	E. A	E. F	E. J	E. K
PH	11.5	8.9	8.6	11.6

**Tableau 10: le PH des échantillons**

Les valeurs du pH sont en moyenne plus de 9, ce qui montre que les échantillons sont tous basiques. Les milieux sont donc favorables à l'abattement des pathogènes, car l'élévation du pH favorise la formation de l'ammoniac, qui a une action toxique sur les microorganismes (SAIDOU.L.2006).

#### 3.2. Conductivité

La mesure de la conductivité des 4 échantillons a donné les résultats représentés sur le tableau suivant :

Echantillons	E. A	E. F	E. J	E. K	Moyenne
Conductivité (µs/cm)	50400	40800	47500	29000	<b>41925</b>

**Tableau 11:la conductivité des échantillons**

L'urine se caractérise par une conductivité très élevée de 41925 en moyen. Ceci dit qu'il contient des concentrations élevées en ions (Na, Ca, mg...) et que la salinité est très élevée. Cette élévation de taux de sel favorise le milieu pour détérioration des pathogènes.

### 3.3. Caractéristiques agronomiques des échantillons d'urines

Les paramètres analysés sont l'azote, le phosphore et le potassium. Les principaux résultats obtenus sont présentés dans les graphiques qui suivent :

#### 3.3.1. L'azote

Le dosage a concerné l'azote Total, les résultats en g/l obtenus sont de 5.6g/L en moyens. Ces résultats s'approchent de ceux obtenus par le réseau CREPA (*CREPA.2006*). Cette élévation de concentration est due au taux de protéine des aliments consommés au douar.

L'azote est l'élément le plus important pour la vie de la plante. Extrait de l'air par quelques plantes ou du sol, il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie (<http://www.plantifolia.com>).

L'excès d'azote entraîne notamment un retard de la maturité comme par exemple un retard ou une absence de floraison (dû à l'allongement excessif de la période végétative) et augmente également la sensibilité aux champignons et au gel (<http://www.plantifolia.com>).

#### 3.3.2. Le phosphore

Les concentrations de phosphore obtenues dans les échantillons sont présentées dans le graphique suivant :

Echantillons	E. A	E. F	E. J	E. K	E. I	moyenne
<b>Phosphore P (g/l)</b>	0.56	0.405	0.452	0.254	0.175	0.3692

**Tableau 12:le phosphore des échantillons**

Le taux élevé de phosphore pourrait être lié à la contamination par des traces des fèces et les cendres qui passent dans les bidons à travers les eaux de nettoyage. Les concentrations variables sont certainement liées à l'alimentation du producteur.

Le taux moyen de phosphore dans l'urine est de 0.37 g/L. Ces résultats s'approchent de ceux obtenus par le réseau CREPA (*CREPA.2006*).

Le phosphore transporte l'énergie dans la plante. Il favorise la croissance générale de la plante, notamment du système racinaire et des tiges. En fin de végétation, il est stocké dans les organes de réserves pour servir au développement des futures pousses (<http://www.plantifolia.com>).

### 3.3.3. Le potassium

Les résultats du potassium sont présentés dans le graphique suivant :

Echantillons	E. A	E. F	E. J	E. K	E. I	moyenne
potassium K (g/l)	1.1	0.93	1.2	0.71	1.53	1.094

**Tableau 13: le potassium des échantillons**

La concentration moyenne de potassium est de 1.1g/L. Ces résultats sont légèrement inférieurs à ceux du réseau CREPA (*CREPA.2006*).

La potasse, permet à la plante d'avoir une croissance équilibrée et renforce la résistance aux maladies et à la sécheresse en limitant la transpiration. Elle améliore également la saveur des fruits et la rigidité des tiges. Sa carence comme son excès augmente la sensibilité des plantes aux parasites (<http://www.plantifolia.com>).

### 3.3.4. Sodium

Les résultats du Sodium sont présentés graphiquement dans la figure suivante :

Echantillons	Famille A	Famille F	Famille J	Famille K	moyennes
sodium Na (g/l)	2.99	3.05	2.63	1.44	2.5275

**Tableau 14: le sodium des échantillons**

La concentration moyenne du sodium est de 2.5g/L, cela justifié la l'élévation de conductivité d'urine. Cette concentration dépend des personnes et de leurs régimes alimentaires comme les autres éléments.

Le sodium joue un rôle mineur dans l'alimentation de la plante en comparaison avec les éléments nutritifs potassium et le magnésium.

Le sodium favorise la formation de fructose et sa transformation en glucose, qui s'entreposera finalement dans les racines de la betterave.

Le sodium règle la pression osmotique des cellules végétales et conduit à une utilisation plus efficace de l'eau. Comme les ions K, les ions Na peuvent activer, en partie les enzymes du métabolisme végétal. Pour certaines plantes de la catégorie C4 (par exemple l'amarante), le sodium est important pour l'assimilation du CO<sub>2</sub> (<http://www.plantifolia.com>).

### 3.3.5. Le Calcium

Le Calcium, dont le symbole chimique est Ca, il est en concentration de 0.325 g/L, il améliore la rigidité des tiges et la maturité des fruits et des graines. Le calcium contenu dans les eaux d'arrosage est souvent suffisant aux besoins des plantes (<http://www.plantifolia.com>).

### 3.3.6. Autres éléments.

Ils sont présents dans l'urine avec des doses minimales tels que le soufre, le magnésium et oligo-éléments. Ces éléments ont un rôle important dans la vie des plantes (<http://www.plantifolia.com>).

#### ■ Le Magnésium

Le magnésium, dont le symbole chimique est **Mg**, est un des constituants de la chlorophylle. Sa présence améliore la couleur et la santé des plantes, des fleurs et des fruits. Il favorise l'absorption du phosphore. Son absence se traduit par une chlorose manifestée par une décoloration de la feuille (<http://www.plantifolia.com>).

#### ■ Le Soufre

Le soufre, dont le symbole chimique est **S**, entre dans la composition des feuilles et des parties vertes de la plante. Les légumes en sont les plus gros consommateurs.

## 4. Caractéristiques bactériologiques des échantillons d'urines

Deux échantillons ont été prélevés de bidons de collecte d'urine chez deux familles. Des analyses des échantillons avant et après le traitement de 2 mois de stockages sont réalisées par le laboratoire de l'ONEP. Les microorganismes pathogènes recherchés étaient les suivants :

- Streptocoques fécaux
- Coliformes fécaux

Les résultats des analyses laissent apparaître tous ces éléments recherchés dans les échantillons à des concentrations plus proches de celle des normes de rejet. Après le traitement de 2 mois de stockage, ces concentrations sont devenues presque négligeables. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau suivant (tableau n°15) :

	Echantillon 1		Echantillon 2	
	SF	CF	SF	CF
Urine fraiche (UCF/100ml)	2.2 10 <sup>3</sup>	3.0 10 <sup>4</sup>	2.2 10 <sup>3</sup>	3.3 10 <sup>4</sup>
Après traitement (60jrs) (UCF/100ml)	1.2 10 <sup>1</sup>	1.25 10 <sup>2</sup>	0.9 10 <sup>1</sup>	1.2 10 <sup>2</sup>
Taux d'abattement (%)	99.45	99.58	99.59	99.6

**Tableau 15: Resultats des analyses microbiologiques**

Le traitement de l'urine par stockage dans un bidon hermétiquement fermé a un taux d'abattement des pathogènes très élevé (99.6%). Cet abattement est sous l'effet de l'alcalinité, la salinité de milieu (PH>9) et la toxicité de l'ammoniac (*SAIDOU.L.2006*).

Les urines collectées directement dans les bidons ne devraient normalement pas contenir autant de germes pathogènes. En effet, les urines collectées directement sont généralement stériles (*Gnagne, 2006*). La contamination pourrait être environnementale et aurait pu avoir lieu à travers les récipients de collecte (bidon de collecte, pompe de récupération, mélange des flux au niveau de dispositif) et l'apport continu de flux d'urine sans stockage. La condition d'anaérobiose créée dans les bidons pourrait aussi avoir influencé le développement des bactéries (*SAIDOU.L.2006*). Cela pose du coup la question de l'hygiène du matériel de collecte.

Aussi, ces résultats doivent attirer l'attention sur la question de l'hygiène, particulièrement la toilette intime régulière chez les femmes et le lavage des mains pour toutes les composantes des ménages.

Il est recommandé à :

- Réutiliser cette urine après le stockage dans un réservoir hermétiquement fermé pendant au moins 30jours.
- Sensibiliser les villageois à prendre les précautions les règles d'hygiènes pour la réutilisation (**règles des barrières multiples: voir chapitre 1.5.P35**).

## **5. Les facteurs de risque de contamination dans le circuit ecosan.**

Les principaux facteurs de risque de contamination dans le circuit ecosan sont les suivants (*SAIDOU.L.2006*) :

- 💧 L'ignorance par beaucoup de producteurs que l'urine peut constituer une source de contamination;
- 💧 La contamination fécale des urines au niveau des dispositifs de séparation, du fait que les eaux de nettoyage anale arrivent à passer dans le bidon d'urine.

- 💧 La contamination des urines par les poussières et autres particules entraînées dans les bidons par les eaux de nettoyage.
- 💧 Le non respect du lavage des mains au savon après la défécation ou l'utilisation de l'engrais liquide.
- 💧 Le non respect de l'ajout des cendres ou fumier, d'où la présence de mouches et odeur dans certaines latrines.
- 💧 La manipulation des bidons d'urines sans mesures de protection et cela sur toute la chaîne de collecte et de valorisation peuvent être une source de contamination.
- 💧 Les habits utilisés lors de l'application de l'engrais ne sont pas changés et lavés.

## **6. Evaluation du niveau confort rendu à la population de village.**

Des investigations ont mises en place pour évaluer le confort rendu (enquête et interviews), ont montrés que :

Les ménages disposant les TDSUs sont satisfait de cette nouvelle technologie introduit au village. Elle assure un abri pour cacher leur intimité et la sécurité en temps froid et la nuit.

Le dispositif de séparation a prévu une cuve pour le nettoyage anal qui s'accorde avec la culture islamique. La plupart des villageois font leurs besoins à l'extérieur, ils auront besoins de se déplacer pour se nettoyer. Le fait de reculer un pas pour se laver tel qu'impose par la TDSU n'est pas un désagrément, c'est un avantage.

Le TDSU réduit l'utilisation de l'eau en utilisant la cendre au lieu de la chasse d'eau. Elle offre une solution facile pour la gestion des eaux usées. Elle sépare les flux (urine, fèces et eau grise), les traite chacune à part pour être valoriser de manière saine dans l'agriculture (engrais liquide, engrais de fond et eau d'irrigation). Le système conventionnel (puits perdu) n'assure que la collecte des eaux de vanne dans un puits perdu, les eaux grises évacué dans la nature peuvent constitue une source de contamination des enfants. Le terrain rocheux rend le creusement d'un puits perdu difficile. Alors que la TDSU est construite hors sol sans creusement du terrain.

Le bidon d'alimentation du lavabo en eau assure la disponibilité de l'eau pour le lavage des mains après l'utilisation de la Toilette. Alors que sans TDSU, les villageois utilisent des seaux d'eau pour se laver, ou des cailloux pour se nettoyer sans laver les mains d'où la possibilité de la contamination fécale.

Avant l'installation des TDSUs avec douche, les membres des ménages avaient des difficultés à prendre une douche. Les hommes partent aux centres avoisinants (AZRO, IMOZAR) et les femmes et filles déménagent le salon ou la cuisine pour prendre une douche. Alors que maintenant ils disposent une douche qu'ils utilisent fréquemment, il est facilement chauffer avec le fourneau en temps froid.

## **7. L'adoption et acceptabilité du système Ecosan.**

Selon l'enquête effectuée au douar Ait Daoud Oumoussa, 70% des ménages enquêtés utilisent la toilette conventionnelle raccordée à un puits perdu comme système d'assainissement et de traitement des eaux de vannes. Les eaux grises (douche, cuisine...) sont rejetés dans la nature sans traitement. Le reste des ménages (30%) défèquent dans la nature (les hommes et fils) et dans les écuries de bétails pour cacher l'intimité (les femmes et filles). Ces pratiques constituent des sources de maladies hydriques, surtout pour les enfants et les femmes qui sont plus en contact avec l'eau, ainsi la pollution des eaux souterraines et superficielles. Le terrain du douar est rocheux, le creusement du puits perdu devient difficile. Pour éviter le remplissage de ce puits, les toilettes conventionnelles ne sont pas utilisé fréquemment et reste réservées aux invitées et les cas extrêmes (froid, nuit...).

L'alimentation en eau potable du douar, se fait par un réseau des bornes fontaine, avec une dotation moyenne de 12.5 l/habitant. Ils utilisent d'autres sources telles que l'eau des puits et le captage des eaux de pluie. L'introduction de TDSUs permet la réduction de consommation de l'eau en utilisant la cendre au lieu de la chasse d'eau.

Concernant les TDSUs, plus de la moitié (60%) des chefs de ménage enquêtés connaissent le fonctionnement de la technologie de la TDSU. Dont la plupart (80%) sont informé dans les séances de sensibilisation, et que les autres sont informé dans les rencontres et discussion entre les villageois au douar. ils ont sort que parmi les ménages enquêtées qui ne disposent pas de toilette, plus que 90% ont fait preuve d'un réel intérêt de s'approprier d'une TDSU. Pour ceux qui disposent des puits perdus, 82% veulent se convertir au TDSU au lieu de la fosse septique (TDSU à coût moindre). En raison de :

- La réduction de la consommation d'eau.
- bon gestion des déchets (urines, fèces...) ce qui facilite la vidange des fosses de stockage des fèces et les bidons de collecte d'urine. même les personnes qui ne veulent pas faire la valorisation, veulent se convertir au système séparatif vu à la facilité de

l'entretien et la vidange des fosses, ce qui est difficile pour le cas du fosse septique ou puits perdu.

- Possibilité de valorisation de ces déchets.
- compatibilité du système avec du sol rocheux.

L'adoption d'une toilette (conventionnelle ou TDSU) est freinée par le faible revenu des ménages de douar. Et pour promouvoir la construction des TDSUs, il faut prévoir une subvention de pour la construction des toilette de déshydratation à séparation d'urine avec facilité de paiement par tranche.

## **8. Valorisation agricole.**

### **8.1. Enquête avant valorisation :**

Concernant les produits ecosan (urine, digestat, matière fécale...), plus que la moitié (60%) des ménages enquêtés sont au courant du gain économique et écologique de la valorisation d'urine. La plupart (80%) ont assisté l'expérience de la réutilisation d'urine dans l'agriculture, des manières suivantes :

- l'observation chez les familles disposant les TDSUs dans les champs de démonstration.
- observation personnels dans les champs fréquentés pour uriner (cas du champ à coté du souk).
- ou bien par la réutilisation des eaux usées à Séfrou et Meknès.

Le reste des villageois pense que l'urine peut donner des bons rendements, ils demandent à voir la démonstration sur le champ réel. La seule crainte se situe au niveau de la commercialisation des produits agricole. La réutilisation des excréments de poulets en agriculture dans le douar voisin (Dayet Hachlaf) ou les produits agricoles ont une saveur des aliments de poulet, d'où la crainte des villageois que la réputation de leurs produits soit souillé, s'ils savaient que les produits de valorisation d'urine ont une mauvaise saveur.

La plupart (95%) des chefs de ménages enquêté sont prêt à acheter l'urine pour fertiliser les sols agricole, et à le vendre en cas d'excès de production si ils savaient que la qualité des produits était irréprochable. Les produits récoltés pour l'unanimité des enquêtés, seront consommés au niveau des ménages et l'excès sera vendu au souk ou bien chez les grossistes dans les champs agricoles.

Pour évaluer l'aptitude des villageois à faire une réutilisation saine d'urine, une enquête a été menée sur le protocole qu'ils suivent pour l'application des produits phytosanitaires. La moitié des chefs de ménage enquêtés manipulent ces produits en recourant à des caches visage sans lunettes, des gants et des bottes. En retour du champ, semblent tous avoir de bonnes habitudes hygiéniques et après manipulation des produits fertilisants et phytosanitaires au champ, ils prennent le soin de se laver en prenant une douche et changent ses habits de travail pour éviter la contamination.

De ce résultat, il apparaît que la réutilisation d'urine dans l'agriculture peut être introduite au douar en succès, avec un risque de contamination des usagers probablement élevé. Dont, il est recommandé d'organiser des séances de sensibilisation sur le risque de contamination par l'urine et les précautions à prendre pour atténuer ce risque.

## **8.2. Enquête Après la réalisation de jardin d'essai.**

Après réalisation du jardin d'essai, les villageois ont pu tirer leur propre conclusion quant à l'effet de l'utilisation des produits de TDSUs comme fertilisant. Une enquête d'un échantillon de 30 personnes a été élaborée pour permettre de relever les différentes impressions de la population locale quant à l'expérience ainsi achevée.

Parmi les 30 ménages enquêtés, 47% ont assistés aux travaux du jardin (aucune femme n'a pu assister, ceci se comprend puisqu'il s'agit d'un cadre rural très attaché aux traditions) et 40% ont entendues parler dans le village ou au cours de séance de sensibilisation. 87% des enquêtés ont assimilées le concept de valorisation agricole et ses finalités et présentent la valorisation des produits ecosan comme étant un moyen pour améliorer la productivité tout en préservant l'environnement. 50% ont suivi de près la progression des travaux au niveau du jardin d'essai parmi lesquels 90% ont assisté aux travaux du jardin (Labours, semis, récupération et déplacement des bidons au champ, application d'urine, irrigation...)

Parmi les personnes enquêtés, 40% ont relevé des désagréments quant à la manipulation de l'urine, parmi ceux-ci 58% étaient dus à l'odeur désagréable et 42% aux inconvénients de prélèvement, déplacement d'urine des toilettes vers le champ et les dilutions effectués sur place. Ils Suggèrent à :

- Utiliser l'urine fraîche pour éviter l'inconvénient de l'odeur.

- Travailler avec des bidons de collecte surélevés et récupération gravitaire par une vanne.
- Installer un système de goutte à goutte où urine et eau seront mélangées.

Concernant le rendement de la valorisation, 90% des enquêtées avaient des impressions positives (bon rendement, mieux qu'engrais) quant aux résultats obtenus, et que 10% désapprouvaient entièrement le concept d'utilisation d'urine en fertilisation agricole.

Seulement 70% (dont 13% sont des femmes) de l'échantillon semblaient prédisposé à refaire l'expérience sous réserve de disposer d'une TDSU. Alors que les autres 30% justifiaient leur refus par :

- Possibilité d'utiliser le fumier au lieu de l'engrais
- Quantité des produits ecosan insuffisante pour les grandes surfaces
- Les odeurs lors de l'application
- Réputation du Douar ternie au marché, profits incertains.
- Manque de texte religieux approuvant l'usage des excréments humains en agriculture.

### **8.3. Le revenu de la valorisation d'urine en agriculture.**

Pour faciliter l'adoption de la technologie, le projet à privilégié plusieurs moyens de démonstration à savoir : des séances de sensibilisations, les parcelles d'expérimentations avec un test présence absence d'urine pour les agriculteurs disposants les TDSUs en 2010, les tests sur les parcelles maraîchères pilotes avec l'application des doses différents. Pour l'application des urines les producteurs ont été dotés d'équipements de sécurité (gants, cache-nez) et de petits matériels pour l'application de l'urine (bidons plastics de 20l, béciers). Une fois sur le site, le producteur porte les gants et cache-nez. Le bidon est bien secouer pour que l'urine soit homogène et éviter la sédimentation des nutriments. L'urine est ensuite versée dans le récipient pour être appliqué suivant les doses recommandées pour chaque culture. L'application se fait autant de fois que le recommande les directives agronomiques. Après l'application de l'urine, le producteur lave les gants, avant de les enlever. Le reste du matériel utilisé est aussi lavé pour enlever les traces d'urines. De retour chez lui ou sur le site, si l'eau est disponible, il prend une douche et change ses vêtements.

Selon *Esrey*, une personne produit entre 400 et 500 litres annuellement, et selon l'analyse d'urine de la population de village on a un moyen de 5.6g/l d'azote. Un ménage

moyen est composé de 6 personnes (*hcp.2004*) produisent annuellement  $5.6 \times 6 \times 500 = 16.8$  kg d'azote. Cette production est équivalente à 240 kg d'engrais (7 x 12 x 7%) NPK.

Selon le marché d'Ifrane un sac (50 kg) de ce type d'engrais cout 150 dhs (3mad/kg), alors ce ménage peut épargner  $240 \times 3 = 740$  mads/ans en réutilisant l'urine comme fertilisant de couverture au lieu de l'engrais chimique. Autre bénéfices quel faut les prennent en compte, tel que la réutilisation de la matière fécale et les conditions d'hygiène, salubrité de l'environnement et amélioration de rendement.

## **9. Etude économique du projet Ecosan.**

### **9.1. Coûts de différentes installations de TDSU.**

Dans le cadre du projet pilote d'assainissement écologique, des toilettes de déshydratation à séparation d'urine sont construites au douar Ait Daoud Oumoussa (voisinage de Lac Ifrah).

Dans ce chapitre nous allons estimer les couts de ces installations pour les deux matériaux utilisées et les deux dimensions construits au douar. Ensuite en vas comparer ces couts aux couts d'assainissement conventionnel la plus convenable à la loi sur l'eau « fosse septique avec un puits filtrant » et faire des propositions pour la réduction des couts de cette nouvelle technologie.

### **9.2. Description technique des composants de la latrine :**

Le cout de La construction de la TDSU est comprenne la sommes des couts des parties suivantes :

**La fondation :** pour construire une TDSU et fonder les murs au sol, elles ont commencé par une excavation de terre de 25cm de profondeur et 20cm d'épaisseur autour des limites de la construction. Cette excavation remplie avec du moellons et mortier, une dalle de 10cm d'épaisseur construite avec un béton composé de ciment CPJ 45, du sable, des graviers propres et grille de fil de fer de 8mm avec un espacement de 20cm formant une fondation de la construction.

**Les fosses :** sont construit en brique parpaing de 20 cm ou en moellons de 40 cm d'épaisseur. La séparation des fosses et assurer par des murs construit en brique parpaing de 10cm

d'épaisseur. Une fosse est rectangulaire avec une longueur de 2.3m, une largeur de 0.6m et 0.8m d'hauteur.

**La dalle de couverture** : La dalle a une épaisseur de 10 cm, équipée d'un dispositif de pose pieds, une déviation d'urines, un trou de défécation et une cuve de nettoyage anale. Elle est construite avec un béton composé de ciment de Portland composé (CPJ45), du sable, des graviers propres et grille de fil de fer de 8mm avec un espacement de 20cm.

**Le tuyau de ventilation** : elle est assurée avec un tuyau PVC de diamètre 160 au bout duquel on place un chapeau anti-pluie pour empêcher que l'eau s'écoule dans la fosse.

**La superstructure** : selon le type de construction, il est composé soit de moellons ou de brique de parpaing. En général on utilise le moellon avec un mur de 40cm ou des briques parpaings de 15 cm et un mortier composé de ciment CPJ45 et du sable.

### **Structure de coût**

Ces toilettes sont entièrement construites en matériaux locaux est conçue avec une superstructure soit en moellons ou briques parpaing. Ce coût est constitué de tout ce qui est armature, tuyau PVC, matériaux de construction, main d'œuvre, porte de fermeture etc.

#### **9.2.1. Coût de la TDSU avec Douche construit en Moellons :**

Les coûts de différentes composantes de l'installation sont illustrés dans le tableau suivant en détails :

	Quantité	Unité	prix unité	prix total	Total
<b>La fondation</b>					
béton (dalle)	0.961	m3	530	509.33	<b>745.73</b>
moellons	0.94	m3	75	70.5	
Mortier	0.14	m3	550	77	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>La Fosse de stockage</b>					
Mortier	0.425	m3	550	233.75	<b>1692.2</b>
brique de 10 cm	42	Unité	1.5	63	
moellons	2.63	m3	75	197.25	
porte fosse	3	Unité	200	600	
dalle de fosse (béton)	0.961	m3	530	509.33	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	

<b>Le système de ventilation</b>					
tuyau de ventilation 160mm 3m	1	Unité	90	90	<b>140</b>
chapeau métallique de ventilation	1	Unité	50	50	
<b>L'Escalier</b>					
Mortier	0.075	m3	550	41.25	<b>78.75</b>
moellons	0.5	m3	75	37.5	
<b>La Superstructure</b>					
Mortier	1.04	m3	550	572	<b>1968.2</b>
Moellons	6.96	m3	50	348	
dalle de toit (béton)	0.961	m3	530	509.33	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
porte	1	Unité	450	450	
<b>Autres matériels (accessoires)</b>					
canalisation	8	M	8	64	<b>2766</b>
urinoir	1	Unité	150	150	
dispositif de séparation	2	Unité	300	600	
Lavabo	1	Unité	293	293	
Bidon d'alimentation d'eau	1	Unité	200	200	
bidon de stockage d'urine 200L	1	Unité	200	200	
rideau barre douche	1	Unité	100	100	
petite pelle et brosse toilette	1	Unité	30	30	
coude 50mm 90°	10	Unité	3	30	
T 50mm	4	Unité	6	24	
colle PVC	1	Unité	90	90	
Carrelage	10	m2	65	650	
ciment carrelage	20	Kg	3	60	
induit	0.55	m3	500	275	
<b>Le filtre planté</b>					
Mortier	0.12	m3	550	66	<b>371</b>
Brique	50	m3	2.5	125	
Gravier	1.2	m3	150	180	
<b>La main d'œuvre</b>					
Maçon	8	personnes	150	1200	<b>1840</b>
Ouvrier	8	personnes	80	640	
<b>Total (en MAD)</b>	<b>9601.94</b>				

**Tableau 16: le cout de la TDSU avec douche en moellons**

### **9.2.2. Cout de la TDSU avec Douche construit en Briques de parpaing :**

Les couts de différentes composantes de l'installation sont illustrés dans le tableau suivant en détails :

	Quantité	Unité	prix unité	prix total	Total
<b>La fondation</b>					
béton (dalle)	0.675	m3	530	357.75	<b>496.885</b>
moellons	0.32	m3	75	24	
Mortier	0.0477	m3	550	26.235	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>La Fosse de stockage</b>					
Mortier	0.098	m3	550	53.9	<b>1326.05</b>
brique 10	42	Unité	1.5	63	
brique 15	65	Unité	2.5	162.5	
porte fosse	3	Unité	200	600	
dalle de fosse (béton)	0.675	m3	530	357.75	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>Le système de ventilation</b>					
tuyau de ventilation 160mm 3m	1	Unité	90	90	<b>140</b>
chapeau métallique de ventilation	1	Unité	50	50	
<b>L'Escalier</b>					
Mortier	0.075	m3	550	41.25	<b>78.75</b>
moellons	0.5	m3	75	37.5	
<b>La superstructure</b>					
Mortier	0.07	m3	550	38.5	<b>1470.15</b>
Brique	214	Unité	2.5	535	
dalle de toit (béton)	0.675	m3	530	357.75	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
porte	1	Unité	450	450	
<b>Autres matériels (Accessoires)</b>					
canalisation	8	M	8	64	<b>2741</b>
urinoir	1	Unité	150	150	
dispositif de séparation	2	Unité	300	600	
Lavabo	1	Unité	293	293	
bidon d'alimentation en eau 20L	1	Unité	200	200	
bidon de stockage d'urine 200L	1	Unité	200	200	
rideau barre douche	1	Unité	100	100	
petite pelle et brosse toilette	1	Unité	30	30	
coude 50mm 90°	10	Unité	3	30	
T 50mm	4	Unité	6	24	
colle PVC	1	Unité	90	90	
Carrelage	10	m2	65	650	
ciment carrelage	20	Kg	3	60	
induit	0.5	m3	500	250	

<b>Le filtre planté</b>					
Mortier	0.12	m3	550	66	<b>371</b>
Brique	50	m3	2.5	125	
Gravier	1.2	m3	150	180	
<b>La main d'œuvre</b>					
Maçon	8	Personnes	150	1200	<b>1840</b>
Ouvrier	8	Personnes	80	640	
<b>Total (en MAD)</b>	<b>8463.835</b>				

**Tableau 17: le cout de la TDSU avec douche en brique de parpaing**

### 9.2.3. Cout de la TDSU sans douche construite en brique de parpaing :

Les couts de différentes composantes de l'installation sont illustrés dans le tableau suivant en détails :

	Quantité	Unité	prix unité	prix total	Total
<b>La fondation</b>					
béton	0.342	m3	530	181.26	<b>382.41</b>
moellons	0.03	m3	75	2.25	
Mortier	0.2	m3	550	110	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>La Fosse de stockage</b>					
Mortier	0.06	m3	550	33	<b>863.16</b>
brique 10	15	Unité	1.5	22.5	
brique 15	55	Unité	2.5	137.5	
porte fosse	2	Unité	200	400	
dalle de fosse (béton)	0.342	m3	530	181.26	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>Le système de ventilation</b>					
tuyau de ventilation 160mm 3m	1	Unité	90	90	<b>140</b>
chapeau métallique de ventilation	1	Unité	50	50	
<b>L'Escalier</b>					
Mortier	0.075	m3	550	41.25	<b>78.75</b>
moellons	0.5	m3	75	37.5	
<b>La superstructure</b>					
Mortier	0.12	m3	550	66	<b>1136.16</b>
Brique	140	Unité	2.5	350	
dalle de toit (béton)	0.342	m3	530	181.26	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
porte	1	Unité	450	450	

<b>Autres matériels(Accessoires)</b>					
canalisation	8	M	8	64	<b>2411</b>
urinoir	1	Unité	150	150	
dispositif de séparation	2	Unité	300	600	
Lavabo	1	Unité	293	293	
bidon d'alimentation en eau 20L	1	Unité	200	200	
bidon de stockage d'urine 200L	1	Unité	200	200	
petite pelle et brosse toilette	1	Unité	30	30	
coude 50mm 90°	10	Unité	3	30	
T 50mm	4	Unité	6	24	
colle PVC	1	Unité	90	90	
Carrelage	8	m2	65	520	
ciment carrelage	15	Kg	3	45	
induit	0.3	m3	550	165	
<b>Le filtre planté</b>					
Mortier	0.12	m3	550	66	<b>496</b>
Brique	50	m3	5	250	
Gravier	1.2	m3	150	180	
<b>La main d'œuvre</b>					
Maçon	8	personnes	150	1200	<b>1840</b>
Ouvrier	8	personnes	80	640	
<b>Total (en MAD)</b>	<b>7347.48</b>				

**Tableau 18: cout de la TDSU sans douche en brique de parpaing**

**9.2.4. Coût de construction d'une toilette conventionnelle sans système de traitement des eaux usées.**

	<b>Quantité</b>	<b>Unité</b>	<b>prix unité</b>	<b>prix total</b>	<b>Total</b>
<b>La fondation</b>					
béton (dalle)	0.675	m3	530	357.75	<b>496.885</b>
moellons	0.32	m3	75	24	
Mortier	0.0477	m3	550	26.235	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
<b>La superstructure</b>					
Mortier	0.07	m3	550	38.5	<b>1470.15</b>
Brique	214	Unité	2.5	535	
dalle de toit (béton)	0.675	m3	530	357.75	
Acier	12.7	Kg	7	88.9	
porte	1	Unité	450	450	

<b>Autres matériels (Accessoires)</b>					
canalisation 110	3	M	15	45	<b>1800</b>
Cuvette turque	1	Unité	200	200	
Lavabo	1	Unité	293	293	
bidon d'alimentation en eau 20L	1	Unité	200	200	
Coude 110	1	Unité	12	12	
coude 50mm 90°	1	Unité	3	3	
réduction 110/50	1	Unité	7	7	
colle PVC	1	Unité	90	90	
Carrelage	10	m2	65	650	
ciment carrelage	20	Kg	3	60	
induit	0.5	m3	500	250	
<b>La main d'œuvre</b>					
Maçon	6	Personnes	150	900	<b>1380</b>
Ouvrier	6	Personnes	80	480	
<b>Total (en MAD)</b>	<b>5100</b>				

L'étude économique de ces installations montre que la réalisation des TDSU au douar Ait Daoud Oumoussa à couté 8460 mads / unité en parpaing, 9600mads/unité en moellons avec douche et 7340 mads /unité sans douche. Selon l'enquête, à Dayet Ifrah un ménage moyen est composé de 6 personnes (*hcp.2004*), le cout d'assainissement par cette technologie est de 1400 mads/habitant. Ce cout peut être amélioré et réduit en jouant sur le dimensionnement de la structure et les matériaux de construction :

- Réduire l'épaisseur du mur à moellon, permet de diminuer la moitié de prix de la construction.
- Réduire la hauteur de la fosse de stockage de 80cm à 60 cm, permet la réduction de cout d'installation de ce système en moellons.
- Optimisation et réduction du dosage en ciment pour la construction (béton et mortier).
- Utilisation de moellons, brique rouge avec des piliers au coin de la construction.

### **9.3. Comparaison de système Ecosan (TDSU) et la fosse septique :**

Selon la loi 10-95, Article 54, « ... Seule est admise l'évacuation des eaux résiduaires ou usées domestiques dans des puits filtrants précédés d'une fosse septique. ».

Une installation septique est généralement constituée de deux composantes principales :

- 💧 Une fosse septique étanche (traitement primaire).
- 💧 un sol filtrant appelé champ d'épuration (traitement secondaire).

La fosse septique est un réservoir enterré, destinée à la collecte et à la liquéfaction des matières fécales contenues dans les eaux de vannes. Toute fois les eaux usées de la cuisine, de toilette, de bain, de buanderie ou lessive si vous voulez peuvent être admises sauf celles de pluie.

L'étude économique de cette technique par l'ONEP (*étude. 2011*) a évalué le cout de l'assainissement par habitant à 2500 dirhams, sans compter le cout de puits filtrant qui dépend du type de sol de site d'implémentation. Alors qu'il y a la possibilité de pollution des eaux souterraines avec les nitratâtes et une perte importante de nutriments peut être utilisé comme bon fertilisant agricole. Le tableau 19 illustre la différence entre la fosse septique et la toilette de déshydratation à séparation d'urine.

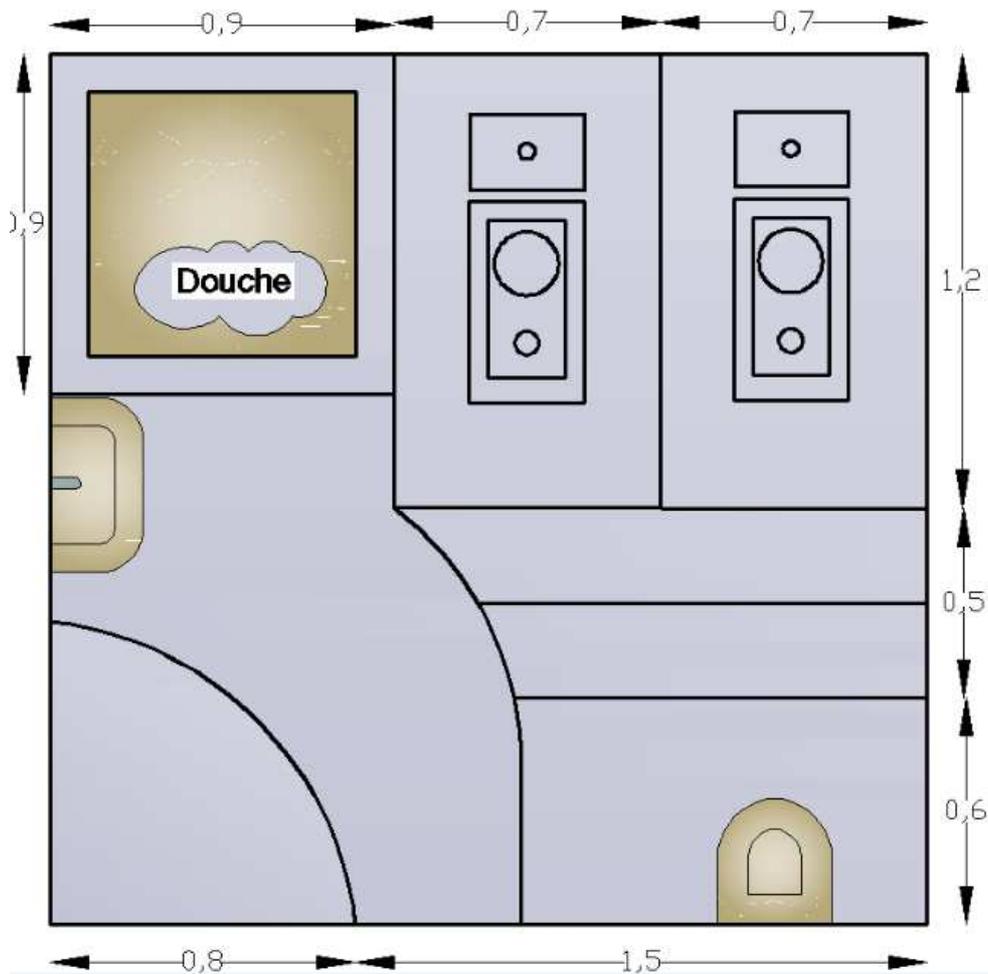
	Assainissement conventionnel (fosse septique)	Assainissement écologique (TDSU)
Usage	Un seul trou (mélange de flux)	Trois trous (séparation flux)
Séparation – tri de déchets	Matière fécale, urine et eau grise dans la même fosse.	Séparation de la Matière fécale, l'urine et l'eau lavage anal.
Type de fosse	Etanche suivi d'in puits filtrant	Fosse étanche vidangée
Profondeur	Fosse souterraine, puits filtrant au minimum de 3m de la couche perméable	Hors sol
Traitement	Décantation + filtration vers la nappe	Déshydratation de la matière fécale, stockage de l'urine et filtration de l'eau de lavage anal.
Utilisation des substances	Pas d'utilisation	M.F : Substances organiques comme fertilisants.  Urine : Substances nutritives comme engrais liquide
Eau de douche	Passé dans la fosse septique	Traitement avec un filtre planté
Effet sur l'environnement	Contamination de la nappe phréatique par les substances nutritives et les pathogènes	Effet minime sur l'environnement  Circuit fermé
Coût (MAD/Ménage)	15000 ( <i>selon ONEP</i> )	8400 ( <i>étude économique</i> )

**Tableau 19: comparaison entre la fosse septique et TDSU**

#### **9.4. Proposition d'un Toilette TDSU Type.**

Pour optimiser le coût construction de la salle de bain avec DSU et espace douche, leur fonctionnement et leur utilisation par les membres de ménages, on propose à intégrer les fosses et les escaliers dans une superstructure comme il figure ci-dessous (figure4) :

Selon le recensement, 2004. Le nombre de personne par ménage est de 6. Le dimensionnement des fosses est fait en ajoutant 2 personnes (invités, et voisins). Le volume de la fosse est de  $(0.05 \times 8 \times 1.2) / 0.75 = 0.64 \text{m}^3$  avec les dimensions longueur, largeur et hauteur sont respectivement de 1.2, 0.7 et 0.7m.



**Figure 41: Toilette TDSU pour une famille de 6 personnes.**

## 10. Discussion Générale

Les installations des TDSUs sont en bon fonctionnement technique et architectural. L'installation de différentes composantes de cette construction était en concertation avec les chefs de ménages bénéficiaires. Le choix de l'emplacement des constructions loin des ménages pour de raison de l'odeur qui peut provient des fosses. Après l'utilisation de ces TDSUs, il apparait que ces fosses sont exemptes d'odeur et ils peuvent être installés proche de la maison ou à l'intérieur ce qui permet d'augmenter le niveau de confort dans le froid et en temps pluvieux.

Les dimensions des quatre TDSUs sont confortables pour faire les besoins humaines. Les escaliers ont des marches de 20cm de hauteur accessible, ils sont dépourvus de rampes d'accès. Ainsi, il faut prévoir une rampe d'accès pour éviter la chute les enfants et des vieux ainsi le glissement des usagers en temps pluvieux. Il ne faut oublier les gents a mobilité limité et prévoir un accès pour les fauteuils roulants.

Les fosses de stockage sont en bon fonctionnement, elles assurent une déshydratation de la matière fécale en ajoutant la matière sèche (la cendre) après chaque défécation. Ainsi que le tuyau de ventilation facilite cette déshydratation par aération de la fosse et échappement des odeurs désagréables. Le taux de collecte de ces fosses après une année d'utilisation diffère d'une famille à autre, dont la famille J a un taux presque normale due à la disponibilité des membres de ménage à la maison et leur satisfaction du fonctionnement du système. La famille F présente le faible taux de collecte de matière fécale, il est due longtemps que les membres de ménage passent en dehors de la maison. Le taux de collecte d'urine semble faible à ce qu'il devrait être. Cette faiblesse est due au faible taux de fréquentation de la TDSU par les membres de la famille qui n'ont pas encore l'habitude d'utiliser le dispositif et continue à uriner dans la nature. Les chefs des ménages et ses fils adultes passent la plupart de leurs temps à l'extérieur de la maison, seul les femmes restent à l'intérieur du ménage.

La collecte d'urine se fait dans des bidons de 200l et de 1000l après leurs remplissages sont vidés dans des bidons de 60l grâce à une pompe manuelle ce qui rend l'opération encombrante. Vu qu'au village Dayet Ifrah, il fait très froid, la vidange d'un bidon de 20litres par semaine devient encombrante, et vu que la valorisation de l'urine ne peut être pratiquée que deux fois par semaine, il est préférable d'utiliser des bidons de grande capacité (200l et 1000l) et améliorer l'utilisation de la pompe manuelle en allongeant le tube d'aspiration soit par un tuyau en plastique ou tube d'acier, pour permettre au manipulateur le pompage d'urine en position droite et la récupération d'urine et le transporter au champ de valorisation. Taux le de collecte d'urine aussi reste faible par rapport au taux théorique due à la faible fréquentation de TDSU et l'habitude d'uriner dans la nature. Avec le temps, ou le taux de collecte sera élevé, il faudra penser à optimiser la capacité de stockage d'urine.

Les ménages bénéficiaires des TDSUs et les villageois sont satisfaits de fonctionnement, dont 90% ont fait preuve de s'approprier d'une TDSU. Ce système facilite la gestion et manipulation des excréta humains, il est construit hors sol et n'est pas creusement du terrain surtout que le terrain du village est très rocheux. En plus, la TDSU constitue un abri pour cacher l'intimité et la sécurité.

Avant l'installation la construction des TDSU, les hommes vont aux centres avoisinants pour prendre leurs douches, et les femmes déménagent le salon pour prendre

leurs douches. Alors que les TDSUs avec douche les permettent de se laver régulièrement dans leurs propres maisons.

Concernant la valorisation de l'urine, plus que la moitié (60%, *résultats d'enquête*) de la population enquêtée sont au courant du gain économique et écologique de la valorisation d'urine. La plupart (80%, *résultats d'enquête*) ont assisté l'expérience de la réutilisation d'urine dans l'agriculture,

Le reste des villageois pense que l'urine peut donner des bons rendements, ils demandent à voir la démonstration sur le champ réel. Après la réalisation du jardin d'essai 90% (*résultats d'enquête*) de l'échantillon enquêté sont satisfaits de résultats (bon rendement, mieux qu'engrais) alors que le reste ont la crainte de religion (tabou) et la réputation du produit au marché.

La plupart (95%, *résultats d'enquête*) des chefs de ménages enquêtés sont prêts à acheter l'urine pour fertiliser les sols agricole, et à le vendre en cas d'excès de production. Les produits récoltés pour l'unanimité des enquêtés, seront consommés au niveau des ménages et l'excès sera vendu au souk ou bien chez les grossistes dans les champs agricoles.

Les analyses physico-chimiques de l'urine ont montré qu'il est riche en Azote, phosphore et potassium qui sont des éléments de base pour le développement de la plante. Ainsi d'autres éléments secondaires tels que le sodium, le soufre, calcium, magnésium et les oligo-éléments. Le PH est >9 et la salinité élevée (conductivité, sodium) sont des paramètres importants pour la désactivation des pathogènes, dont les résultats de l'analyse microbiologique ont montré que après un stockage d'urine dans un bidon hermétiquement fermé on peut atteindre un taux d'abattement de 99.6%.

Le coût moyen d'une construction TDSU est estimé à 8400 Mads. Si on ajoute le 30% de coût pour l'entreprise d'exécution le coût devient 11000 Mads/ construction. Pour comparer ce coût au coût d'assainissement par la technique de la fosse septique qui est de 15000 Mads/ménage. Il faut retrancher le coût de la superstructure, sa fondation et leurs accessoires qui coûtent (5000+30% d'exécution= 6500 Mads). Quand les ménages de Dayet Ifrah sont de 6 habitants par ménage (*hcp.2004*), le coût d'assainissement est estimé à 6500 mads/ménage, alors que la fosse septique coûte 1500 mads/ménage. Ce qui confirme que la TDSU est une technique d'assainissement à faible coût compétitif à la technique conventionnelle (fosse septique) économiquement et écologiquement.

## CONCLUSION :

La réalisation de ce travail au niveau du projet pilote ECOSAN, nous à permis de prospecter sur un champ d'activité aussi important que celui de la jonction entre l'assainissement et la sécurité alimentaire des populations. En effet, l'approche implémentée à Dayet Ifrah vise un double objectif à savoir : la gestion des excréta dans les ménages et leur utilisation saine comme fertilisants en agriculture.

Les investigations menées sur l'état des installations TDSUs ont montré que, en général, les différentes composantes du système sont en bonne fonctionnement. Les simples anomalies constatées sont due l'absence de mains d'œuvre qualifié et le manque de l'implication des chefs de ménages dans le projet et l'entretien de leurs TDSUs.

Les résultats de l'enquête font ressortir que la plupart des chefs de ménage sont satisfaits des ouvrages Ecosan. Dont, la plupart des enquêtés ont évoqué la facilité d'entretien de TDSU et la bonne gestion des excréta humains et leurs valorisation comme étant la principale raison qui les a poussé à l'acquisition de la latrine Ecosan. Ainsi, la préservation de leur intimité et la sécurité par la construction TDSU. Mais il y a des contraintes qui bloque la dissémination des toilettes, qu'il faut les surmonter qui sont: le faible revenu des chefs de ménage et les habitudes des villageois à déféquer dans la nature pour les toilettes en générale, la réputation des produits agricoles du douar qui peuvent avoir au marché en valorisant les excréments humaines (urines et fèces) et manque de conscience la valeur agronomique de ces excréments, particulièrement pour les TDSU .

L'analyse de la qualité agronomique des urines réalisée, leurs ont donné une production annuelle moyenne par personne de l'ordre de 3,07 Kg d'azote, 0,29 Kg de phosphore et 0,49 Kg de potassium. Pour se rendre compte de la qualité hygiénique de l'engrais liquide produit, l'analyse des principaux pathogènes de l'urine (streptocoques fécaux et coliformes fécaux) a été réalisée. Il est ressorti de cette analyse que tous les pathogènes recherchés dans l'urine ont été présentes à une concentration proches de celle des normes de rejet. Le stockage de deux mois dans un bidon hermétiquement fermé a un abattement de pathogène important de 99.6%.

Il ressort de l'analyse économique de différentes composantes du TDSU que le cout de cette installation est compétitif par rapport système d'assainissement conventionnel « fosse septique » sans compter le cout de puits filtrant. Ainsi, Autres avantages environnemental caractérise l'écasan.

## RECOMMANDATIONS :

Le diagnostic de l'état fonctionnel et le niveau d'approbation de ce système, il apparaît que ce projet a parcouru une phase importante pour leur succès. Mais, il a besoin des actions à mettre en place pour améliorer la situation que les formulons sous formes des recommandations selon le plan:

### Sensibilisation

- La mise en place d'une cellule de sensibilisation de proximité : Elle aura pour mission, d'initier des approches de sensibilisation dans les zones rurales, ou groupes cibles tels que les maraîchers et les agents de vulgarisation agricole (DPA). Elle sera chargée d'organiser des conférences, des tables rondes à travers les villes, les écoles, et les universités pour favoriser l'appropriation de l'approche Ecosan par un bon nombre de personnes.
- Sensibiliser les populations, pour qu'elles comprennent l'importance de l'urine pour l'agriculture et qui peut être une source de contamination et par conséquent elle doit être manipulée avec beaucoup de prudence, ainsi l'importance de doter leurs latrines de savon pour le lavage de mains après chaque défécation
- Intensifier la sensibilisation sur l'utilisation des équipements de sécurité et même rechercher des alternatives au kit distribué par le projet (épandeur d'urine, réseau de fertigation), pour assurer la pérennisation et surtout tenir compte des populations hors zone qui voudront adopter l'approche ;
- Une sensibilisation sur la pratique du compostage du fumier animal et en particulier matière fécale doit être mise en place.
- Intensifier la sensibilisation sur l'utilisation des adjuvants (cendres, sciure du bois...), le dispositif de lavage de mains, et la propreté des TDSUs;
- Sensibiliser davantage les ménages sur l'hygiène des matériels de collecte utilisés, qui peuvent être source de contamination ;
- Renforcer les activités d'animation, de formation, de suivi et de sensibilisation
- la GIZ doit effectuer à des fréquences déterminées des visites d'appui et d'accompagnement avec les animateurs, superviseurs surtout, et autres
- La GIZ à travers le projet Ecosan doit aller vers d'autres partenaires pour leur proposer sa vision de protection de l'environnement. Tel que :
  - Les projets et ONG intégrant le volet assainissement dans leurs actions, qui subventionne la construction de latrines dans les zones rurales ;

- Les mairies des communes rurales, en effet ces derniers pourront efficacement introduire la vision Ecosan dans leurs programmes d'assainissement.

#### Fonctionnement :

- Augmenter les dimensions de la cabine afin de permettre aux personnes assez grosses de se sentir à l'aise et que la porte s'ouvre librement (cas la famille A).
- Veiller à ce que les mains d'œuvres (vidangeurs de fosse) aient toujours le matériel de protection requis pendant la vidange.
- Encourager l'installation et l'utilisation des douches et des systèmes de lavage des mains.
- Privilégier les bidons d'urines de petite capacité dans la collecte car ils sont plus accessibles et plus acceptables, ces bidons sont transvasés dans un réservoir de grande capacité disposé sur terrain surélevé, équipé d'un système de vidange gravitaire.
- utiliser les dispositifs à céramique au lieu d'augmenter l'étanchéité de celle en plastique en le surélevant un peu par rapport à la dalle pour éviter le passage de l'eau dans les fosses à fèces et les bidons d'urine;

#### Economie :

- Le projet doit se baser sur les différents aspects de l'assainissement productif pour attirer une gamme de partenaires œuvrant si bien dans le domaine de l'assainissement, l'environnement que celui de l'agriculture.
- Prévoir une subvention pour la construction des TDSUs avec facilité de paiement par tranche.

#### Valorisation :

- Avant de choisir un bénéficiaire, on doit s'assurer que ce dernier a compris le concept de l'assainissement productif surtout pour ce qui concerne l'exploitation des ouvrages car une compréhension bien nette du concept est nécessaire. Il faut signaler que certains s'engagent à mettre en œuvre le concept sans cerner les « tenants et aboutissants ». Et cela aboutit à des difficultés de gestion par la suite. Le bénéficiaire potentiel doit être un agriculteur et avoir une famille de taille moyenne (6habs : *hcp.2004*).
- Les bidons doivent être bien remplis et stockés à l'ombre pour éviter l'usure et l'évaporation d'azote ammoniacal.
- Avant toute utilisation, les bidons doivent être bien secoués pour homogénéiser l'urine et éviter la sédimentation du phosphore et potassium.
- Suivre l'abattement des pathogènes de l'urine dans les bidons de collectes pour déterminer le temps minimal de stockage de l'urine pour l'hygiénisation.

💧 Santé :

- La priorité doit être donnée aux méthodes des barrières (*chapitre .5. P35*) pour limiter le nombre de pathogènes qui arrivent dans les bidons.
- Après l'application de l'engrais liquide, les vêtements, les équipements de sécurité doivent être bien lavés immédiatement. Aussi, une douche au savon doit être conseillée après chaque application ;
- Eviter au mieux le transport des bidons sur le dos sans protection efficace;

💧 Pouvoirs publics :

- L'Etat doit intégrer dans sa politique la promotion de l'assainissement écologique.
- L'Etat doit promouvoir l'utilisation des latrine ecosan et intégrer dans le programme scolaire l'éducation à l'assainissement écologique.
- La nécessité d'implication des administrations concernées dans la planification des stratégies de mise en œuvre des projets.
- Mettre sur pied des textes et réglementations, impliquer la population et le secteur privé, et mettre en place des mécanismes financiers souples et des subventions

## LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABARGHAZ.**2009. Assainissement écologique rural- Projet pilote du douar DAYET IFRAH- 88P.
2. **Adissoda Y., Guillibert P., oldenburg M. 2004.** Assainissement Ecologique : mode d'emploi.
3. **BERNE.B.2010.** Les toilettes sèches familiales. Etat de l'art, état des lieux dans plusieurs pays et propositions pour un accompagnement en France. P136
4. **BIRD, (2005),** Guide pour l'assainissement liquide des douars marocains
5. **C. Schönning et Th. A. Stenström 2004.** Recommandations pour un usage sans risques de l'urine et des matières fécales dans les systèmes d'assainissement écologique.
6. **Caroline S. et Thor A. S. (2004),** Recommandations pour un usage sans risques de l'urine et des matières fécales dans les systèmes d'assainissement écologique, SEI, 53p
7. **CREPA (2009),** Aspects hygiène et santé de l'assainissement écologique, ppt 84d.
8. **CREPA, Volet Hygiène et Santé (2006),** Boîte à outils : Connaître et prévenir les risques sanitaires, 55p.
9. **DJARIRI. M. L, 2009.** Réduction des couts des ouvrages d'assainissement dans le cadre du projet Assainissement productif à AGUIE au NIGER. 86 P.
10. **DRPE, (2009) :** Direction de recherche et de planification des eaux au SEEE.
11. **El KASMLA, (2009) :** Rapport inédit sur le développement durable à Dayet Ifrah initié par la Chaire UNESCO et l'Université Al Akhawayne.
12. **Esray S.A., Jean G., Dare R., Ron S., Mayling S. H., Jeorje V. 2001.**  
Assainissement Ecologique éd Winblad. 91 p.
13. **Esrey S et al.** Assainissement écologique. Sida, Stockholm, 1998.
14. **Etude.2011.** Etude organisationnelle et de recouvrement des coûts de l'assainissement en milieu rural.
15. **Feachem, R.G. et al (1983),** Sanitation and Disease-Health aspects of excreta and wastewater management. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
16. **Gonidanga, S.B, 2004.** Contribution à la mise en oeuvre de l'assainissement écologique (Ecosan) dans le contexte africain: étude du processus d'hygiénisation des urines en vue d'une utilisation saine en agriculture. Mémoire de fin de formation postuniversitaire. Génie sanitaire et environnement. EPFL. P. 15 - 20.

17. **Guide de toilette sèche. 2009.** Des toilettes sèches ... à la maison : Comment les choisir, les installer et les utiliser.
18. **HAKEM, 2006.** LES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT ECONOMES EN EAU
19. **Hayem.G. (1888),** Revue de médecine en France et à l'étranger tome XXXI, recueil trimestriel, 1838 P
20. **Hcp.2004.** recensement générale de la population et de l'habitat.2004, Commune Rurale Dayet Aoua.
21. **Jönsson H. et Vinneras B.(2004),** Adapting the nutrient content of urine and fèces in different countries using FAO and Swedish data. In: Ecosan – Closing the loop. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lübeck, Germany.
22. **King FH (1973):** Farmers of Forty Centuries: permanent agriculture in China, Korea and Japan. Rodale Press, Emmaus, PA. (publié à l'origine en 1909). **Matsui S. (1997):** Nightsoil collection and treatment in Japan. Ecological alternatives in sanitation, Publications on Water Resources No. 9, Sida, Stockholm, Sweden.
23. **NGANDJON. J. A. K, 2010.** Etude comparée des stratégies de mise en œuvre du concept ecosan dans divers contextes. 93P.
24. **OMS (2006),** Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture, volume 4. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 196 p.
25. **Ridderstolpe.P. 2004.** Introduction to Grey water Management, 19P.
26. **SAIDOU.L, 2006.** Identification des Risques Sanitaires et des Opportunités de Production de Fertilisant dans le Système de Collecte d'Urine du Projet d'Assainissement Productif dans le Département d'AGUIE au NIGER.65 P.
27. **Singare B. 2002.** Assainissement Ecologique en milieu sahélien : cas du village de Sabtenga. Mémoire de fin d'études EIER. 94p
28. **Snel, Mariëlle, Ganguly, Sumita and Shordt, Kathleen (2002).** School Sanitation and Hygiene Education – India: Resource Book. Delft, the Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre. (Technical Paper Series; no. 39). 268P.
29. **SOGORE.A, 2006.** Analyse des déterminants socio-économiques de l'adoption de l'assainissement écologique en milieu rural au BURKINA FASO : cas des villages de SAABA ET SABTENGA, 64 P.
30. **Stefan DEEGENER.2010.** présentation ppt « la construction des TDSU » en juin 2010 à Dayet ifrah. IFRANE. MAROC.

31. **Stoll, U. & Schonewald, B. 2003.** Integrated management of water resources in projects of German financial cooperation. Paper presented at the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, 7-11 April, Lubeck, Germany.
32. **Stoll, U. & Schonewald, B. 2003.** Integrated management of water resources in projects of German financial cooperation. Paper presented at the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, 7-11 April, Lubeck, Germany.
33. **Svensson, L. 2000.** Diagnosis of foodborne viral infections in patients. *International Journal of Food Microbiology* 59 (1-2): 117-126.
34. **Sylvie T. Anick P. (2003)** Seuils de toxicité aiguë de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) INERIS, 41p
35. **TANDIA. C. T, (2006)**, volet technique de l'ecosan, Burkina Faso, CREPA.
36. **Taux, R.V. and Cohen, M.L. 1995.** 'Epidemiology of diarrheal diseases in developed countries.' In: Blaser, M.J., Smith, P.D., Ravdin, J.I. and Greenberg, H.B. (eds) *Infections of the gastrointestinal tract.* Raven Press, Ltd., New York, NY, USA: 37-51.
37. **Tossou S. (2009)**, Qualité azotée de l'urine utilisée comme fertilisant en agriculture à Ouagadougou, 54 p
38. **Wafler.M.2008.** Assessment of Urine-Diversion Dehydration Toilet Designs with Respect to Construction Materials Used and Associated Costs.
39. **WASTE.** Des solutions adaptées pour l'assainissement : Exemple de technologies innovantes à faible coût pour la collecte, le transport, le traitement et la réutilisation des produits de l'assainissement, IRC/Peter McIntyre, 68 P
40. **WECF, (2008):** Safe and profitable toilets. A solution for health and wealth. Urine diverting toilets.
41. **WERNER. C.2010.** la présentation « Introduction Ecosan » en juin 2010 à Dayet Ifrah IFRANE. MAROC.
42. **WHO. 1989.** Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
43. <http://www.ecosanservices.org/ecosan1.html>
44. <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie/feces-ou-matieres-fecales-ou-excrements-1887.html>.
45. <http://www.travaux-et-decoration.com/plomberie/travaux-plomberie-douche-receveur.html>
46. [http://www.plantyfolia.com/dossier\\_pratique/besoin\\_nutritif\\_plante\\_engrais#/dossier\\_pratique/besoin\\_nutritif\\_plante\\_engrais](http://www.plantyfolia.com/dossier_pratique/besoin_nutritif_plante_engrais#/dossier_pratique/besoin_nutritif_plante_engrais)

# **ANNEXES**

**Annexe I : pathogènes susceptibles d’êtres excrétés dans urine (OMS, 2006)**

<b>Pathogènes</b>	<b>Urine comme voie de transmission</b>	<b>Importance</b>
<i>Leptospira</i> Interrogans	Très souvent transmis à travers l’urine des animaux	Probablement faible
<i>Salmonella thyphi</i> et <i>Parathyphi</i>	Probablement inhabituel, excrété dans l’urine en cas d’infection généralisée	Faible comparée aux autres voies de transmission
Schistosoma haematobium (œufs excrétés)	Pas directement, mais indirectement, les larves infectent les humains dans les eaux douces	Doit être prise en compte dans les régions endémiques où les hôtes intermédiaires sont présents
Mycobactérie	Inhabituel, d’habitude aérosol	Faible
Virus : cytomégalovirus, polyomavirus JCV, BKV, adénovirus, virus d’hépatite, etc.	Normalement non reconnu, outre que pour les cas simples d’hépatite A et recommandé pour l’hépatite B ; besoin d’information supplémentaire	Probablement faible
Micro sporidies	Soupçonnés, mais non confirmés	Faible
Pathogènes sexuellement transmissibles	Non, ne survivent pas longtemps hors de l’organisme	Insignifiant
Infections urinaires	Non, pas de transmission environnementale directe	Faible à insignifiant

**Annexe II:** Une liste des pathogènes importants dans la matière fécale ses symptômes.

Groupe	Organismes pathogènes	Maladies et symptômes
Bactéries	<i>Aeromonas</i> SPP.	Entérite
	<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	Campylobacteriose - diarrhée, crampes, douleurs abdominales; fièvres; nausée; arthrite; syndrome de Guillain-Barré
	<i>Escherichia coli</i> (EIEC, EPEC, ETEC, EHEC)	Entérite
	<i>Pleisiomonas shigelloïdes</i>	Variés ; bactériémie, infection de la peau, infection des oreilles, méningite, pneumonie
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Variés ; bactériémie, infection de la peau, infection des oreilles, méningite, pneumonie
	<i>Salmonella typhi/paratyphi</i>	Fièvre typhoïde/paratyphoïde, maux de tête, fièvre, malaise, anorexie, bradycardie, splénomégalie, toux
	<i>Salmonella</i> SPP.	Salmonellose - diarrhée, fièvre, crampes abdominales
	<i>Shigella</i> SPP.	Shigellose - dysenterie (diarrhée sanglante), vomissements, crampes, fièvres, syndrome de Reiter
	<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra - Diarrhée liquide, létal si grave et non traité
	<i>Yersinia</i> SPP.	Yersiniose – fièvre, douleurs abdominales, diarrhée, douleurs articulaires, éruption
Virus	Adénovirus	Variés ; troubles respiratoires, symptômes qui s’ajoutent ici à ceux de type entérique (voir plus bas)
	Entérique adénovirus 40 et 41	Entérite
	Astrovirus	Entérite

	Calicivirus (incl. Norovirus)	Entérite
	Coxsackievirus	Variés ; maladies respiratoires ; entérite ; méningite Virale
	Echovirus	Méningite aseptique; encéphalite ; souvent asymptomatique
	Entérovirus types 68-71	Méningite ; encéphalite ; paralysie
	Hépatite A	Hépatites – fièvre, malaise, anorexie, nausée, inconfort abdominal, jaunisse
	Hépatite E	Hépatite
	Poliovirus	Poliomyélite - souvent asymptomatique ; fièvre, nausée, vomissements, maux de tête, paralysie
	Rotavirus	Entérites
<b>Parasites</b>  <b>Protozoaires</b>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Cryptosporidiose - diarrhée liquide, crampes et douleurs Abdominales
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Souvent asymptomatique ; diarrhée, douleurs abdominales
	<i>Giarda intestinalis</i>	Amibiase - souvent asymptomatique, dysenterie, inconfort abdominal, fièvre, refroidissement
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Giardiase - diarrhée, crampes abdominales, malaise, perte de poids
<b>Helminthes</b>	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Généralement pas ou peu de symptômes ; éternuement ;
	<i>Taenia solium/saginata</i>	
	<i>Trichuris trichiura</i>	toux; fièvre ; entérite ; éosinophilie pulmonaire Trouble diffus de l'appareil digestif, émaciation avec peau desséchée et diarrhée
	Ankylostome	Démangeaison ; éruption ; toux ; anémie ; déficience en protéines

### **Annexe III : questionnaire de l'enquête.**

#### **Partie I : « Ménages disposants les TDSUs »**

Nom et Prénom du chef de foyer ?

Nombre d'habitants dans le ménage ?

Combien du temps passent à la maison ?

Sinon, ou ils passent leur temps ?

Est-ce qu'ils défèquent et urinent dans les TDSU quand ils sont à la maison?

Oui  Non

Sinon, ou ? Et pourquoi ?

Lors qu'ils sont dans les champs, est qu'ils ont l'habitude de rentrer à la toilette de la maison pour faire leurs besoins ?

Sinon, pourquoi ?

Est qu'ils utilisent l'urinoir en debout ?

Oui  Non

Sinon, pourquoi ?

Les enfants de moins de 10ans utilisent les TDSU ?

Oui  Non

Ils s'en servent tous seuls sans aide ?

Oui  Non

Quels sont les difficultés qu'ils trouvent dans l'utilisation des TDSUs ?

Les vieux ou ils font leur besoins ?

Les handicaps également ?

Est-ce qu'ils confrontent à des difficultés dans l'utilisation des TDSUs ?

Oui  Non

Les quels ?

Quelle est la méthode de nettoyage anale pratiquée ?

Avec quoi ils se nettoient ou se suent après une défécation ou une miction ?

Si l'eau, À quelle quantité par jour ?

Utilisent-ils de la cendre après défécation ?

Oui  Non

Où est stockée la cendre ?

Où ils prennent leur douche ?

Combien de douches prennent par jour ou par semaine ?

Responsable d'entretien et de nettoyage de la toilette ?

En cas d'absence de ce responsable qui le remplace ?

Est-ce quel utilise comme matériels et produits pour le nettoyage ?

A quelle fréquence le nettoyage s'effectue ?

Ressources d'eau qu'ils utilisent ? A quelle quantité (par bidon par exemple)?

Dans quelles activités utilise l'eau ?

Quelle est la part du TDSU en eau ?

Veulent-ils encore garder la TDSU ou revenir à la toilette conventionnelle ?

Oui  Non

Si oui, quel sont les motifs de les garder ? Si non, pourquoi ?

Qui est le responsable de vidanges du stock d'urines et de la fosse d'excrétas ?

Comment faire vider le stock d'urine et d'excrétas?

Quels sont les outils utilisés dans l'opération de la vidange ?

Combien de vidange d'urine font par semaine (voire par jour) ?

Existent-elles des fosses déjà remplis et mises hors service ?

Oui  Non

Si oui, après combien de mois d'utilisation ?

Les riverains sentent-ils les odeurs ? Quand ?

Y a-t-il des mouches qui prolifèrent au voisinage de la TDSU ?

Oui  Non

Comment est l'état des fèces dans la fosse mise en service : humide ou quasi sec ?

Difficultés de l'utilisation TDSU chez les Personnes additionnelles (visiteurs, voisins,...) pour la 1ère fois ?

Leurs impressions sur la TDSU ?

Qu'est qu'ils font avec l'urine ?

Où vous allez stocker cette urine ?

Si dans l'agriculture, est qu'il est déjà utiliser comme fertilisant de sol ?

Oui  Non

Si oui, Comment et quand l'urine est-il épandu dans les champs ?

Quel est leur impression sur le résultat de l'expérience ?

Continuent-ils à acheter les engrais ?

Oui  Non

Est-ce qu'ils voient le gain économique en utilisant l'urine en substitution de l'engrais chimique ? Quel est ce gain ?

Quel type d'engrais est fréquemment utilisé dans le village ?

Quelle est la fréquence d'utilisation des engrais en agriculture? Veuillez indiquer en chiffre dans la case correspondante

Culture  saison  mois

Quelle est le prix moyen des engrais achetés? Et à quelle fréquence sont-ils utilisés?

Avez-vous idée du danger que représentent les engrais pour votre santé, celle de vos proches et la richesse de votre terre ?

Avez-vous été informé sur le gain économique et écologique de TDSU et de l'utilisation des urines dans le secteur de l'agriculture avant l'arrivé du projet?

Oui  non

Si oui, par quel moyen ?

En utilisant l'urine comme fertilisant, vous serez en mesure d'épargner le cout des engrais tout en aboutissant à un rendement similaire si ce n'est meilleur. Qu'en pensez-vous ?

Avez-vous pensé à substituer l'urine aux engrais ??

Oui  non

Avez-vous déjà témoigné ou entendu parler de l'utilisation des urines dans l'agriculture ?

Oui  non

Si oui, Veuillez expliciter l'expérience dont vous avez témoigné ?

Pensez-vous que ça serait une bonne idée de pouvoir vendre vos urines au profit des agriculteurs ?

Oui  non

Si oui, connaissez-vous des agriculteurs qui en achèteront ?

Une fois l'urine utilisée, quel sera la destination de la récolte objet de l'expérience ?

Consommation  Commercialisation

Projetez –vous de mettre en vente la récolte objet de l'expérience ?

Oui  non

Si oui, où allez-vous la commercialiser ?

Si non, qu'en feriez-vous ?

Après avoir visualisé les étapes de l'expérience ainsi que le rendement issu, seriez-vous en mesure de refaire la même expérience l'année prochaine ?

Oui  non

Si non, pourquoi ?

Si oui, quel type de culture choisirez-vous ?

Est-ce que vous seriez prêt à acheter de l'urine comme engrais, si vous verrez ils donne un bon rendement ?

Oui  non

Comment procédez-vous pendant la manipulation des produits fertilisants (engrais, fumier..) et les pesticides ?

Quels sont d'habitude les règles d'hygiène que vous adoptez ?

**Partie II : « Ménage allaient bénéficier des TDSUs lors de l'étude de sections faite en 2009 »**

Nom et Prénom du chef de ménage:

Nombre d'habitants dans le ménage ?

Le nombre du jour qu'ils passent dans la maison par différents catégories ?

Où ils passent l'autre partie de leur temps ?

Est-ce qu'ils disposent une toilette ?

Avec quel type de traitement ?

Fosse septique  puits perdu

Est-ce qu'ils sont au courant de la technologie de TDSU ?

Avez-vous bénéficié d'une séance de formation quant à l'utilisation des TDSU ?

Oui  Non

Si oui, Ou ?

Est-ce ils veulent se converti en TDSU ou restent avec des latrines conventionnel ?

Oui  Non

Quels sont les motifs de leur décision ?

Est-ce qu'ils défèquent dans les toilettes quand ils sont à la maison ?

Sinon, ou ? Et pourquoi ?

Et lors ce qu'ils sont hors de la maison ou ils font leurs besoins ?

Lors qu'ils sont dans les champs, est qu'ils ont l'habitude de rentrer à la toilette de la maison pour faire leurs besoins ?

Sinon, pourquoi ?

Quelle est la méthode de nettoyage anale pratiquée ?

Les enfants de moins de 10ans utilisent les toilettes ?

Oui  Non

Ils servent tous seuls sans aide ?

Oui  Non

Quels sont les difficultés qu'ils trouvent dans l'utilisation des Toilettes ?

Les vieux et les handicapée ou ils font leur besoins ?

Est-ce qu'ils confrontent à des difficultés dans l'utilisation des Toilettes ?

Oui  Non

Les quels ?

Qu'est le responsable de nettoyage et entretien de la toilette ?

Qu'est qu'il utilise comme matériels et produit pour le nettoyage ?

Qui est le responsable de l'installation de traitement ?

A quel fréquence entretenu ?

Matériels utilisée leur lors de l'entretien ?

Où ils mettent le flux et les boues de la fosse curée ?

Est-ce qu'ils disposent une douche au ménage ?

Oui  Non

Combien ils prennent des douches par semaine ?

Les ressources en eau disponible au ménage ?

La quantité d'eau consommée par jour ?

L'activité la plus gourmand en eau ?

Quel type d'engrais est fréquemment utilisé dans le village ?

Quelle est la fréquence d'utilisation des engrais en agriculture? Veuillez indiquer en chiffre dans la case correspondante

Culture  saison  mois

Quelle est le prix moyen des engrais achetés? Et à quelle fréquence sont-ils utilisés?

Avez-vous idée du danger que représentent les engrais pour votre santé, celle de vos proches et la richesse de votre terre ?

Avez-vous été informé sur le gain économique et écologique de TDSU et de l'utilisation des urines dans le secteur de l'agriculture ?

Oui  non

Si oui, par quel moyen ?

En utilisant l'urine comme fertilisant, vous serez en mesure d'épargner le cout des engrais tout en aboutissant à un rendement similaire si ce n'est meilleur. Qu'en pensez-vous ?

Avez-vous pensé à substituer l'urine aux engrais ??

Oui  non

Avez-vous déjà témoigné ou entendu parler de l'utilisation des urines dans l'agriculture ?

Oui  non

Si oui, Veuillez expliciter l'expérience dont vous avez témoigné ?

Pensez-vous que ça serait une bonne idée de pouvoir vendre vos urines au profit des agriculteurs ?

Oui  non

Si oui, connaissez-vous des agriculteurs qui en achèteront ?

Une fois l'urine utilisée, quel sera la destination de la récolte objet de l'expérience ?

Consommation  Commercialisation

Projetez-vous de mettre en vente la récolte objet de l'expérience ?

Oui  non

Si oui, où allez-vous la commercialiser ?

Si non, qu'en feriez-vous ?

Après avoir visualisé les étapes de l'expérience ainsi que le rendement issu, seriez-vous en mesure de refaire la même expérience l'année prochaine ?

Si non, pourquoi ?

Si oui, quel type de culture choisirez-vous ?

Est-ce que vous serai prêt à acheter de l'urine comme engrais, si vous verrez ils donne un bon rendement ?

Comment procédez-vous pendant la manipulation des produits fertilisants (engrais, fumier..) et les pesticides ?

Quels sont d'habitude les règles d'hygiène que vous adoptez ?

## ملخص

تم تنفيذ المشروع التجريبي الصرف الصحي البيئي في قرية ضاية إفراح. وقد بدأ المشروع بنشاط تحسيبي سكان الدوار في 2009 على أهمية الصرف الصحي وتلوث المياه وتأثيرها على صحة الإنسان والبيئة. وقد تم القيام بدراسة جدوى المشروع من أجل بناء مرافق المبرمجة للمستفيدين في 2010 (TDSUs, bio-digesteur et filtre planté).

هذه الدراسة تهدف لمراقبة حسن سير العمل في مرافق المراحيض للجافة مع فصل البول (TDSU) من أجل الإصلاحات. و تقييم مستوى الراحة للمستفيدين وإمكانية اعتماد تبني النظام من طرف بقية السكان. كما تم القيام بدراسة اقتصادية للمنشآت وأخرى فيزيوكيميائية وميكروبيولوجية للبول.

تعمل جل منشآت (TDSU) بشكل جيد مع بعض الاختلالات التي يجب إصلاحها. وأعضاء الأسر المستفيدون راضون عن نظام الصرف الصحي المطبق، وتبقى غير مستخدمة كثيرا نظرا لقلّة تواجد الأفراد الأسرة بالمنزل، و عادات السكان التبول في الطبيعة وعدم الوعي بالقيمة البول كسماد طبيعي. معظم سكان الدوار يريدون تحويل و اعتماد النظام الجديد (ecosan) و ذلك نظرا لحسن إدارة فضلات الإنسانية، نوعية الطبقة الصخرية التي تحد من الآبار المفقودة (puits perdu). لكن يبقى العائق الأساسي أمام توسيع اعتماد هذا النظام هو الدخل الزهيد للسكان و سمعة المنتجات الفلاحية المخصبة بالفضلات.

ولقد كشفت الاختبارات الميكروبيولوجيا عن إمكانية وجود مخاطر في استعمال البول في الفلاحة، لكن مع أخذ الاحتياطات الأمنية اللازمة تبقى هذه المخاطر ضئيلة، ينبغي أن لا تشكل عائقا أمام توسيع نطاق النظام. كما كشفت تحاليل العينات أن البول يحتوي على كمية مهمة من (NPK) تميز قيمته الفلاحية.

اقتصاديا، (TDSU) ينافس النظام التقليدي الأكثر ملائمة قانونيا (fosse septique)، و أكثر من ذلك يسمح بحماية جيدة للبيئة وإمكانية إعادة استعمال الفضلات بكيفية سليمة.

أخذا بعين الاعتبار لنقاط الضعف القليلة، تم إعطاء توصيات من أجل التقليل من مخاطر إعادة الاستعمال و تعظيم إنتاج الأسمدة من البول.

الكلمات الأساسية: الصرف الصحي البيئي، TDSU، اعتماد والتقييم، والأسمدة، والنفايات البشرية.

مشروع نهاية الدراسات لنيل دبلوم مهندس في الهندسة القروية

تخصص: البنية التحتية, الماء الصالح للشرب و الصرف الصحي

دراسة حالة: المشروع التجريبي للصرف الصحي الايكولوجي

بضاية افراح - ايفران-

تقييم إدخال المراحيض الجافة مع فصل البول

قدم للعموم ونوقش من طرف

الاسم و النسب: مراد العوني

أمام اللجنة المكونة من:

معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	رئيس	الأستاذ الحسين برطالي
معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	مقرر	الأستاذ محمد بنموسى
الوكالة الألمانية للتعاون الدولي	مؤطر	السيد محمد الغالي خياطي
المكتب الوطني للماء الصالح للشرب	ممتحن	السيد يوسف ابرغاز
معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	ممتحن	الأستاذ علي حجي

شتنبر 2011