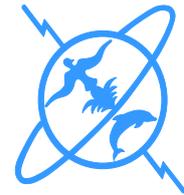




UNIVERSITE MOHAMMED V- AGDAL
FACULTE DES SCIENCES
RABAT



MEMOIRE DE MASTER

Présenté par

IHSSANE EL MAROUANI

Intitulé Du Master : Génie et Gestion de L'Eau et L'Environnement

Sous le thème :

**Réalisation D'un Jardin D'essai Pour La Réutilisation Des Produits
D'assainissement Ecologique**
Projet Pilote D'assainissement Ecologique A Dayet Ifrah

Soutenu le 18 Octobre 2011

Devant la commission d'examen :

Mr BENDAOU N., Professeurs à la Faculté des Sciences de Rabat**Président**

Mr ZAID L. Professeurs à la Faculté des Sciences de Rabat**Encadrant**

Mr KHIYATI M., Conseiller Technique Junior à La GIZ.....**Encadrant**

Mr TRIQUI Z., Professeurs à la Faculté des Sciences de Rabat.....**Examineur**



Dédicace

Je dédie ce travail à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à le réaliser.

À mes chers parents,

Merci à vous d'avoir toujours eu foi en moi, merci pour votre soutien et votre considération.

À ma famille, À mes amis,

Vous m'avez donné bien des marques de bienveillance. Je garderai toujours un attachement profond pour vous. Je vous serai toujours reconnaissante pour l'assistance que vous avez apportée dans ma vie.

À toute personne chère qui me tient à cœur.



REMERCIEMENTS

Qu'il me soit permis d'exprimer ma gratitude à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de ma formation au master « *Génie et Gestion de l'Eau et l'Environnement* ».

Une vive reconnaissance est exprimée à tous mes professeurs (sans exception), dont l'aimable **Mr BENDAOU N.** coordinateur du master pour sa disponibilité et ses conseils avisés. En tant qu'étudiante, j'ai beaucoup appréciée leurs partages de connaissances, chose qui a nourri mon esprit et a additionné à mon savoir une valeur ajoutée.

Je tiens particulièrement à remercier mes encadrants :

A **Mr KHIATI El Ghali M.** Consultant junior à la GIZ et encadrant du projet de fin d'étude, mes remerciements infinis pour sa disponibilité, ses conseils et son constant soutien, c'est en collaboration étroite avec lui que ce projet a pu aboutir.

Envers **Mr ZAID H.** professeur à la faculté des sciences de Rabat et assurant l'encadrement interne du projet, toute ma gratitude pour son accueil bien veillant, son aide précieuse et son apport généreux.

Je remercie aussi, **Mme WERNER C.**, conseillère technique principale de la GIZ qui m'a admise au projet et m'a enrichi de sa perspicacité. A toute l'équipe du projet, pour leur soutien inconditionnel et les conseils prodigués, mes vifs remerciements.

Mon profond respect va aux honorables membres du jury, les professeurs **Mr TRIKI Z.** et **Mr BENDAOU N.** de la faculté des sciences de Rabat, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail.

A mes camarades de la promotion 2009-2011 du master GGEE pour les moments passés ensemble, qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de ma profonde considération.



RESUME

Un bon système d'assainissement des eaux usées et des excréta d'origine humaine est l'élément majeur qui garantit santé, confort et durabilité des ressources aux populations.

L'assainissement écologique (*ecosan ; Ecological Sanitation*) offre cette alternative sûre et abordable garantissant aussi bien la salubrité que la sécurité alimentaire des populations.

La présente recherche, avec l'appui de la GIZ-AGIRE, vise à concrétiser l'approche ecosan à travers une étude menée au village de Ait Daoud Ou Moussa (dit de Dayet Ifrah), choisi comme localité marocaine rurale pilote, dans un objectif ultime de desservir une population pauvre et améliorer leurs conditions de vie.

Pour atteindre cet objectif, dans une phase d'initiation, il était question de dimensionner et de construire des systèmes ecosan au village. C'est dans l'aboutissement de cette 1^{ère} phase, que cette étude prend forme : valoriser les refus humains (Urine), en tant que ressource à valeur agronomique importante.

L'étude menée bifurque en deux volets complémentaires : 1) La réalisation d'une plateforme pédagogique sous forme de jardin d'essai et de démonstration, afin de tester l'effet de l'utilisation des produits de TDSU (*Toilette de Déshydratation à Séparation d'Urine*) dans la fertilisation agricole en substitution aux engrais conventionnels. 2) La conduite d'une enquête-ménage pour évaluer le degré d'acceptabilité de la valorisation agricole par la population locale.

Les résultats obtenus dénotent, d'une part, de la valeur agro-économique des produits ecosan, riche en azote et sain à la réutilisation en agriculture. Et D'autre part, illustrent la volonté de changements et l'esprit de solidarité dont a fait preuve la population de Douar de Dayet Ifrah, contribuant ainsi fortement à la réussite du projet.

Mots clés : Assainissement écologique, Dayet Ifrah, valorisation agricole, TDSU, urine, azote, fertilisation, acceptabilité, population.



ABSTRACT

A good system of wastewater and human' excreta are the main factor that ensures, to the people, health, comfort and resources' durability.

Ecological sanitation (ecosan; Ecological Sanitation) provides safe and affordable alternative that brings hygiene as well as food security to populations.

The ecosan project, with the support of the GIZ-AGIRE, aims to implement ecological sanitation approach. That conceived through a study conducted in the village of Ait Daoud Ou Moussa (known as Dayet Ifrah) was chosen as the pilot rural Moroccan site, in an ultimate goal of serving poor inhabitants and improving their life quality.

To achieve this goal, in an initial phase, it was about sizing and construction of ecosan systems in the village. It is in the outcome of this phase, that the current study takes place: to value human' rejection (Urine), as an important agricultural resource.

The study divides into two complementary components: 1) The creation of an educational platform as a test garden and demonstration, to analyse the effect of TDSU' products used (Toilet of Dehydration and Urine's Separation) in agriculture as a substitute to conventional fertilizers. 2) The conducting of a household investigation, to show the degree of acceptability of agricultural use by the local population.

The results indicate, first, the agro-economic value of ecosan products, rich in nitrogen and safe for reuse in agriculture. Also, illustrate the will to change and the spirit of solidarity shown by people at the village Dayet Ifrah, wish contributed greatly to the project success.

Keywords: Ecological sanitation, Dayet Ifrah, agricultural use, TDSU, urine, nitrogen, fertilization, acceptability, population.

**SIGLES ET ABREVIATIONS**

ABH	Agence du Bassin Hydraulique
AEP	Alimentation en Eau Potable
AGIRE	Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
AP	Assainissement productif
AUE	Association d'Usagers de l'Eau
AUI	Université Al Akhawayn Ifrane
BM	Banque mondiale
CREPA	Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement
CF	Coliformes fécaux
CRF	Centre de recherche forestier
DPV	Direction de la production végétale
DRPE	Direction de recherche et de planification des eaux (SEEE)
ecosan	Assainissement écologique (Ecological sanitation)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FIDA	Fond International pour Développement Agricole
FSR	Faculté des sciences RABAT
GGEE	Génie et Gestion de l'Eau et de l'Environnement.
GIZ	Coopération Internationale Allemande (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
IAV	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
INDH	Initiative National de Développement Humain.
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
KFW	Groupe de banques allemandes (Kreditanstalt für Wiederaufbau)
MADRPM	Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes
MAAP	Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la pêche.
NPK	Engrais complexes ternaires, N : Azote, P ₂ O ₅ , Phosphate et K ₂ O : Potasse
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMS	Organisation Mondiale pour la santé
ONEP	Office National de l'Eau Potable
ONU	Organisation des Nations Unies
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PAGER	Programme d'Alimentation Groupée en Eau Potable Rurale
PIB	Produit interne brute
pH	potentiel hydrogène
PPLIDA	Projet de Promotion d'Initiative local de Développement Agricole
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNA	Plan National d'Assainissement
PF	Poids Frais
PS	Poids Sec
SAFP	Service de l'approvisionnement en facteurs de production
SEEE	Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement
SEI	Institut d'Environnement à Stockholm (Stockholm Environment Institute)
SIDA	Agence Suédoise Internationale pour le Développement
SF	Streptocoques fécaux
TDSU	Toilettes de Déshydratation à Séparation d'Urines
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNICEF	Fond des Nations Unies pour l'Enfance (United Nations of International Children's Emergency Fund)
WHO	World Health Organization



LISTE DES FIGURES

▪ Figure 1. Couverture en assainissement dans le monde	6
▪ Figure 2. Disparité des taux d'assainissement entre zones urbaines et rurales pour les pays de l'Afrique du Nord (à droite) et pour le Maroc (à gauche)	7
▪ Figure 3 Evolution des volumes d'eaux usées rejetées sans traitement préalable (mm^3/an)	8
▪ Figure 4 Comparaison entre un système classique de tout à l'égout et le principe « ecosan » de gestion durable des eaux et éléments nutritifs	9
▪ Figure 5 Principe de base : Système circulaire classique existant pour les déchets animaux	11
▪ Figure 6. ecosan : système d'assainissement des excréta humains qui vise à valoriser urines et fèces	11
▪ Figure 7 Evolution de la consommation totale des unités fertilisantes et du prix de vente moyen	16
▪ Figure 8 Comparaison de la consommation en UF par rapport à d'autres pays Méditerranéens	17
▪ Figure 9 Schéma globale de l'assainissement productif	18
▪ Figure 10 Les différents éléments nutritifs fournis selon leurs importances pour la plante	19
▪ Figure 11 Bilan minéral des éléments nutritifs des plantes	21
▪ Figure 12 Évolution de l'utilisation d'azote minéral et de la production végétale entre 1970 et 2008	22
▪ Figure 13 Urine un engrais vert pour la fertilisation des sols	23
▪ Figure 14 Processus cyclique fermant la boucle entre l'assainissement et l'agriculture	24
▪ Figure 15 Toilettes de déshydratation à séparation d'urine	25
▪ Figure 16 L'Urée est une enzyme qui catalyse la réaction de transformation de l'azote organique en ammoniac	26
▪ Figure 17 Matériel utilisé pour l'application d'urine comme engrais liquide.....	28
▪ Figure 18 Etapes d'application d'urine au champ.....	28
▪ Figure 19 Concept de Barrière multiple pour l'utilisation saine de l'urine comme fertilisant	30
▪ Figure.20 Situation géographique du village d'Ait Daoud O Moussa	35
▪ Figure 21 Variation de la moyenne mensuelle des précipitations, température et évapotranspiration (Période 1973 : 2003)	35
▪ Figure 22. Cultures dominantes au village de Dayet Irah (Enquête, 2011)	36
▪ Figure 23 Situation du jardin d'essai lieu l'expérience de valorisation agricole au village Ait Douad ou Moussa	39
▪ Figure. 24 Plan de dimensionnement du jardin d'essai	43
▪ Figure 25 Comparaison de la biomasse obtenue chez le Navet en fonction du traitement correspondant	58
▪ Figure 26. Courbe de tendance montrant l'évolution du rendement du Navet à travers les différents produits traités (A gauche) et des doses d'urine uniquement (A droite)	59
▪ Figure 27 Représentation de la variance des moyennes pondérales en fonction des traitements.....	60
▪ Figure 28 Graphe représentant le rendement en T/ha en fonction des trois traitements majeur : Témoin Absolu, Témoin NPK, Apport d'Urine à 100%.....	62
▪ Figure 29. Moyenne des hauteurs des pieds des échantillons de Navet prélevés	62
▪	

LISTE DES PHOTOS

▪ Photo 1 Illustration des différentes technologies de toilettes sèches « ecosan »	12
▪ Photo 2 Latrine à séparation d'urine	25
▪ Photo 3 Epanchage de l'urine mécaniquement.....	27
▪ Photo 4 Lac Dayet Irah.....	36



▪ Photo.5 Illustration de la situation précaire de l'assainissement à Dayet Ifrah.....	37
▪ Photo.6 Site d'expérience	39
▪ Photo 7 au jardin d'essai donnant une appréciation visuel du type du sol.....	40
▪ Photo 8 prise lors du labour du sol au village de Dayet Ifrah avec un engin tracteur	41
▪ Photo.9 Echantillonnage, conditionnement et analyse du sol	41
▪ Photo.10 Travaux de dimensionnement et délimitation des parcelles	42
▪ Photo 11 lors des travaux de mise en culture du Navet.....	44
▪ Photo 12 Engrais NPK 7-12-7 utilisé pour fertilisation au jardin d'essai.....	45
▪ Photo 13 Ouvrage TDSU aménagé à Dayet Ifrah (à gauche) & Latrine ecosan (à droite)	46
▪ Photo.14 Bidons de stockage d'urines collectées	46
▪ Photo 15 Récupération d'urine à partir du stock des quatre TDSU installées au village	46
▪ Photo 16 Prélèvement et analyse des éléments nutritifs contenus dans l'échantillon d'urine	47
▪ Photo 17 Méthode d'application d'urine. A gauche : réalisation de sillons, à droite : Croissance après la 2 ^{em} application d'urine	49
▪ Photo 18 Cycle de mise en œuvre de la valorisation agricole.....	50
▪ Photo 19 Agriculteur œuvrant à l'application d'urine en prenant en adoptant les mesures de sécurité	51
▪ Photo 20 Arrosage du terrain après mise en culture.....	52
▪ Photo 21 Délimitation de la surface à prélever lors de l'échantillonnage du Navet.....	53
▪ Photo 22 Evolution de la croissance du Navet après utilisation des produits d'assainissement écologique	53
▪ Photo 23 Séance d'information & sensibilisation des jeunes garçons quant au projet ECOSAN	67
▪ Photo 24 Enquête-ménage avec un habitant du village de Dayet Ifrah	68
▪ Photo 25 Des vilageois entrain de consommer le Navet le jour de la récolte	71

LISTE DES TABLEAUX

▪ Tableau 1 Corrélation entre la consommation d'élément NPK et les rendements des cultures.....	20
▪ Tableau 2 Temps de stockage permettant une hygiénisation de l'urine pour une fertilisation agricole.....	27
▪ Tableau 3 Exigences culturels du Navet.....	44
▪ Tableau 4 Apport d'engrais établi en fonction des besoins spécifiques du Navet	48
▪ Tableau 5 Apports d'urine en fonction des traitements réalisés.	49
▪ Tableau 6 Procédé d'application d'urine au Navet	51
▪ Tableau 7 Résultats obtenus après dosage d'azote dans le sol par la méthode de Kjeldahl	55
▪ Tableau 8 Résultats d'analyses NPK dans l'urine (Juin 2011)	56
▪ Tableau 9 Résultats des analyses microbiologiques	57
▪ Tableau 10 : Production agricole par type de traitement.....	60
▪ Tableau 11 Calcul du coefficient d'équivalence.....	62
▪ Tableau.12 Paramètres de statistiques descriptives	63
▪ Tableau 13 récapitulatif sur l'impact du projet ecosan sur le village de Dayet Ifrah	74



SOMMAIRE

DEDICACE

REMERCIEMENT

RESUME/ABSTRACT

LISTE DES SIGLES et ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

AVANT PROPOS	1
INTRODUCTION GENERALE	2
PARTIE I : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE RURAL	5
<i>GENERALITE SUR L'ASSAINISSEMENT RURAL AU MAROC</i>	6
CHAPITRE I. ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE	9
1. DEFINITION DU CONCEPT 'ECOSAN'	10
1.1 Notion d'assainissement	10
1.2 Notion de recyclage	11
2. SYSTEME ECOSAN	12
2.1 Technologies ecosan	12
2.2 Critères de choix du système ecosan.....	13
3. ENJEUX DE L'ECOSAN	14
3.1 Enjeux Environnementaux	14
3.2 Enjeux Socio-économiques	14
3.3 Enjeux Agronomiques	15
CHAPITRE II ASSAINISSEMENT PRODUCTIF	16
<i>GENERALITE SUR LE SECTEUR AGRICOLE AU MAROC</i>	16
1. BESOINS DES PLANTES EN NUTRIMENTS	18
1.1 Eléments nutritifs.....	19
1.2. Mécanismes de nutrition	20
1.3 Nutrition en Azote	21
2. POTENTIEL DE L'URINE COMME FERTILISANT	22
2.1 Disponibilité de nutriment	23
2.2 Qualité microbiologique	23
2.3 Composition pharmacologique	24
3. VALORISATION DES PRODUITS ECOSAN EN AGRICULTURE	24
3.1 Toilette de Déshydrations à Séparation d'Urine	25
3.1.1 Description du système TDSU.....	25
3.1.2 Produits TDSU.....	26
3.2 Application de l'urine en fertilisation agricole.....	27



3.2.1	Technique d'application au champ	27
3.2.2	Fréquence et taux d'application d'urine	29
3.3	Concept de Barrières multiples	29
3.4	Mesures sécuritaires d'application.....	31
3.4.1	Sécurité pour manipulateurs et consommateurs.....	31
3.4.2	Sécurité pour plantules	31
CONCLUSION PARTIE I.....		32
PARTIE II : VALORISATION DU PRODUIT ECOSAN AU VILLAGE DE DAYET IFRAH.....		33
<i>APERÇU GENERAL SUR LA MISE EN ŒUVRE DE L'ETUDE</i>		<i>34</i>
CHAPITRE I. STATION EXPERIMENTALE : DOUAR DE DAYET IFRAH		35
1	DESCRIPTION DU SITE	35
1.1	Situation géographique.....	35
1.2	Situation météorologique	35
1.2.1	Climat.....	35
1.2.2	Hydrologie.....	36
1.3	Situation socio-économique	36
1.3.1	Population	36
1.3.2	Habitat et Infrastructure	36
1.3.3	Agriculture	37
1.3.4	Autres activités.....	37
2	PROJET PILOTE ECOSAN	38
2.1	Genèse du projet	38
2.2	Choix du site de Dayet Ifrah	38
CHAPITRE II. REALISATION DE JARDIN D'ESSAI POUR LA REUTILISATION DES URINES 39		
1.	MATERIEL ET METHODES	39
1.1	Préparation du sol	39
1.1.1	Caractérisation du sol.....	40
1.1.2	Echantillonnage et analyse du sol.....	40
1.1.3	Travail du sol.....	41
1.1.4	Dimensionnement des parcelles	42
1.2	Conduite des cultures	43
1.2.1	Matériel végétal.....	43
1.2.2	Conduite de la culture	44
1.3	Choix des Traitements	45
1.3.1	Témoin.....	45
1.3.2	Engrais chimique.....	45
1.3.3	Urine humaine	45
1.3.4	Analyses physico-chimique et microbiologique de l'urine.....	47
1.4	Application des fertilisants	48
1.4.1	Application de l'engrais NPK	50
1.4.2	Application de l'urine hygiénisée.....	50



1.5 Entretien des cultures	52
1.6 Observations et Echantillonnage	52
2. RESULTATS	54
2.1. Analyse du sol	54
2.2 Analyse d'urine	55
2.2.1 Analyse Physico-chimique	56
2.2.2 Analyse microbiologique	57
2.3 Evaluation agronomique	57
2.3.1 Analyse pondérale	58
2.3.2 Analyse des groupes statistiques	59
2.3.3 Analyse de la variance	60
2.3.4 Etude comparative de la productivité	61
2.4. Evaluation économique	63
3. DISCUSSION	64
CHAPITRE III. EVALUATION DE L'ACCEPTABILITE DE LA VALORISATION AGRICOLE AU VILLAGE DE DAYET IFRAH	65
1. MATERIEL ET METHODES	65
2. RESULTATS ET DISCUSSIONS	67
2.1 Séance de sensibilisation le 14 Avril 2011	67
2.2 Enquête du 28 Mai au 05 Juin 2011	67
2.2.1 Effort de sensibilisation.....	68
2.2.2 Acceptabilité de la valorisation agricole de l'urine.....	69
2.2.3 Considérations sanitaires.....	69
2.3 Enquête du 24 au 26 Août 2011	69
2.3.1 Compréhension et suivi du projet	70
2.3.2 Impact du projet sur la population	70
3. INTERPRETATION DES INDICATEURS DE PERFORMANCES DU PROJET	71
3.1 Durabilité	71
3.2 Aspects financiers et économiques	72
3.3 Difficultés relevées	72
3.4 Facteurs à risques.....	72
3.5 Apports du projet.....	73
CONCLUSION PARTIE II.....	75
CONCLUSION GENERALE.....	76
RECOMMANDATIONS.....	76
PERSPECTIVES.....	78
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	80
ANNEXES	
ANNEXE A : QUESTIONNAIRE	
ANNEXE B : AUTRES RESULTATS DE VALORISATION AGRICOLE	
ANNEXE C : PHOTOTHEQUE	



AVANT PROPOS

Dans le but de promouvoir le développement durable, les gouvernements du Maroc et de l'Allemagne ont convenu de mettre en place, depuis 1975, une coopération technique ; La GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), basée sur trois axes prioritaires, à savoir :

- Processus de développement qui soit à la fois économiquement performant, écologiquement viable et socialement équitable.
- Utilisation et gestion des ressources en eau
- Environnement et changement climatique, y compris la promotion des énergies renouvelables

La GIZ est une entreprise de coopération internationale qui déploie ses activités sur tous les continents. À l'heure de la mondialisation, elle propose des solutions porteuses de développement dans les domaines politique, économique, écologique et social. Son objectif est d'améliorer de manière durable les conditions de vie des hommes et des femmes.

L'approche ecosan est une solution très soutenue par la GIZ qui gère le processus de sa mise en œuvre depuis la planification des différentes phases du projet jusqu'à la mise en service des systèmes ecosan.

Le programme maroco-allemand « Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau –AGIRE » de la GIZ vise à améliorer le cadre organisationnel et institutionnel du secteur de l'eau au Maroc et mettre en œuvre des actions concrètes afin d'assurer une meilleure protection des ressources en eau et son utilisation rationnelle, économique et durable, en considérant les principes de l'équité sociale.

Dans le cadre de ses prérogatives, le programme AGIRE apporte sa contribution, en collaboration avec la chaire UNESCO « Eau, Femmes, et Pouvoir de Décision », à la planification d'un projet pilote d'assainissement écologique dans la région du Moyen Atlas. La GIZ a été chargée de la mise en place effective des systèmes ecosan au profit des habitants du village de Dayet Ifrah dans la région d'Ifrane.

C'est dans ce contexte que s'est déroulé ce stage de fin d'étude faisant l'objet de ce rapport intitulé : « **Valorisation agricole des produits de l'assainissement écologique : *Projet pilote du douar DAYET IFRAH*** » en collaboration technique et scientifique entre la GIZ, L'ONEP et la Faculté des Sciences de Rabat.





INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, dans de nombreuses villes et zones rurales du monde, les populations vivent et élèvent leurs enfants dans un environnement hautement pollué. Ceci est d'autant plus vrai que la situation mondiale en termes d'assainissement est manifestement très préoccupante.

Selon les différents rapports sur les OMD¹ (Objectifs du Millénaire pour le Développement), dans bien de pays en voie de développement, le taux de couverture en ouvrages d'assainissement adéquats est relativement faible. Quant aux systèmes conventionnels (du tout-à-l'égout, ou fosse septique), ils ont prouvé leur incapacité à répondre aux besoins des populations en assainissement ; en plus d'être trop onéreux pour être fournis à tous, ces systèmes déversent environ 90% des effluents dans l'environnement sans aucun traitement préalable (ESREY, 1998).

Cette situation favorise, vraisemblablement, l'infiltration d'importantes quantités de polluants et de micropolluants divers dans les écosystèmes eau et sol. La prolifération de ces polluants dans l'environnement immédiat des populations est à l'origine de la recrudescence et, de la persistance des maladies diarrhéiques au sein de la population, maladies dont les enfants et les femmes sont particulièrement exposés; chaque jour 6 000 décès sont dus à des maladies diarrhéiques, affectant principalement des enfants de moins de cinq ans (OMS, 2004).

En outre, la croissance démographique accrue au cours de la dernière décennie cause une augmentation de la demande alimentaire dans le monde et concerne presque entièrement les pays en voie de développement. Cette augmentation a pour conséquence une diminution de la superficie cultivée par habitant. Chose qui compromettra d'avantage l'autosuffisance alimentaire des populations. Parallèlement, certaines pratiques agricoles réutilisatrices des rejets se trouvent de plus en plus répandues, à cause du faible pouvoir d'achats des engrais chimiques devenus trop chers pour la plupart des agriculteurs. Ces pratiques, bien que contribuant à l'approvisionnement des villes en produits alimentaires, utilisent des eaux usées et excréta non traités pour la fertilisation des sols. Il en ressort un produit potentiellement vecteur de maladies.

¹ Les OMD ont été adoptés par l'essentiel des pays d'Afrique en 2002 à Johannesburg, pour le développement durable.



Bref, dans une situation d'insalubrité, d'insécurité alimentaire et de hausse des prix des engrais sur les marchés mondiaux, il urge de trouver une stratégie pour faire face à cette double problématique, qui met au devant le lien fort entre l'assainissement et l'agriculture.

Dans ce sens, depuis quelques années déjà, on note la genèse d'une nouvelle approche de l'assainissement 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 mais aussi assoir une stratégie en mesure de garantir la sécurité alimentaire au population les plus appauvris.

Basé sur des aspects fondamentaux, l'assainissement écologique (ecosan ; ecological sanitation en anglais) est une solution qui s'avère prometteuse. L'ecosan, à travers des efforts de sensibilisation et de vulgarisation auprès des populations, permet de mieux appréhender les relations « *Assainissement – Santé -- Environnement* » et améliorer les conditions de vie des populations surtout des zones rurales en construisant des systèmes d'assainissement simples, peu coûteux, mais indispensables pour garantir « la santé pour tous ».

Au Maroc, la mise en œuvre de l'ecosan a démarré principalement en projet de démonstration. Le village d'Ait Daoud Ou Moussa (dit de Dayet Ifrah) dans la région d'Ifrane a été choisi comme site pilote pour la promotion de l'assainissement écologique rural (ABERGHAZ, 2009).

Ce projet, basé sur une approche participative, tend à corriger les carences en matière d'assainissement et traiter les excréta humains en ressources de valeurs agronomique et économique importantes.

Le projet du village de Dayet Ifrah s'est décliné en cinq étapes :

1. Sensibilisation de la population
2. Elaboration des études de base et de faisabilité
3. Conception et construction des systèmes ecosan
4. Evaluation et Suivi du bon fonctionnement
5. Réalisation d'un jardin pédagogique d'essai et de démonstration sur les bénéfices de la réutilisation des fertilisant biologiques en agriculture.

D'où l'objet de la présente étude intitulée « **Réalisation d'un jardin d'essai pour la valorisation agricole des produits ecosan- projet pilote au Douar de Dayet Ifrah** » dont l'objectif général est de



montrer que la mise au point d'un système de valorisation ecosan performant et adapté au contexte socioculturel du village « *Ait Daoud O Moussa* » est possible et peut servir de modèle au Maroc rural.

Faisant suite à l'objectif général, les objectifs spécifiques qui s'y rattachent sont :

- ✓ Faire l'état des lieux de l'assainissement au village;
- ✓ Organiser des séances de sensibilisation portant sur l'ecosan et la valorisation agricole.
- ✓ Analyser les résultats obtenus après réalisation du jardin d'essai pour la réutilisation des produits d'assainissement écologique (urine, Digestat) ;
- ✓ Apprécier l'appropriation de l'approche ecosan auprès des villageois et relever leurs impressions par rapport aux résultats du jardin de démonstration ;
- ✓ Apporter des recommandations à la stratégie de mise en œuvre du concept ecosan.

Les finalités sont : la promotion de l'assainissement rural par le recours à des technologies simples et qui tiennent compte de la faible capacité contributive de la population rurale ; l'évaluation des déterminants agronomiques, économiques, et socioculturels ayant contribué au succès constaté sur le terrain.

C'est dans ce sens, que le présent rapport de mémoire a été élaboré. Il s'agit de la synthèse des investigations menées dans le cadre du projet pilote ecosan. Il se structure en deux parties majeures :

-Partie I : Compilation Bibliographique qui aborde le concept de base de l'ecosan.

- ✚ **Chapitre 1 :** Présentation des systèmes d'assainissement écologique et le choix des technologies.
- ✚ **Chapitre 2 :** Apport de l'ecosan dans l'agriculture via l'assainissement productif.

-Partie II : Méthodologie d'approche et de conception de l'étude ; mettant l'accent sur l'ensemble des travaux de terrain effectués.

- ✚ **Chapitre 1 :** Présentation de la zone d'étude ; Village Ait Daoud Ou Moussa.
- ✚ **Chapitre 2 :** Description des étapes de réalisation du jardin d'essai pour la valorisation des produits ecosan (urine, Digestat) et analyse des résultats obtenus.
- ✚ **Chapitre 3 :** Appréciation du degré d'acceptabilité de l'intégration de cette technique par la population locale en procédant à une enquête-ménage.



PARTIE I :

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

SUR

L'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE RURAL

GENERALITE SUR L'ASSAINISSEMENT RURAL AU MAROC

Chaque année, quelques 3,4 millions de personnes, essentiellement des enfants, meurent de maladies liées à une insuffisance d'alimentation en eau, d'assainissement et d'hygiène. Plus de la moitié des lits d'hôpitaux dans le monde sont occupés par des personnes souffrant de maladies associées à l'eau et à l'assainissement (PNUD, 2005).

Selon le rapport publié conjointement par l'UNICEF et l'OMS sur les progrès en matière d'assainissement, le taux de couverture, au niveau mondial, concernant le traitement des eaux usées et la gestion des excréta humains est passé de 49% en 1990 à 61 % en 2010.

Néanmoins, un total de 2,6 milliards de personnes ne dispose pas d'un assainissement amélioré, soit plus de la moitié des habitants des pays en développement (*voir figure 1*).

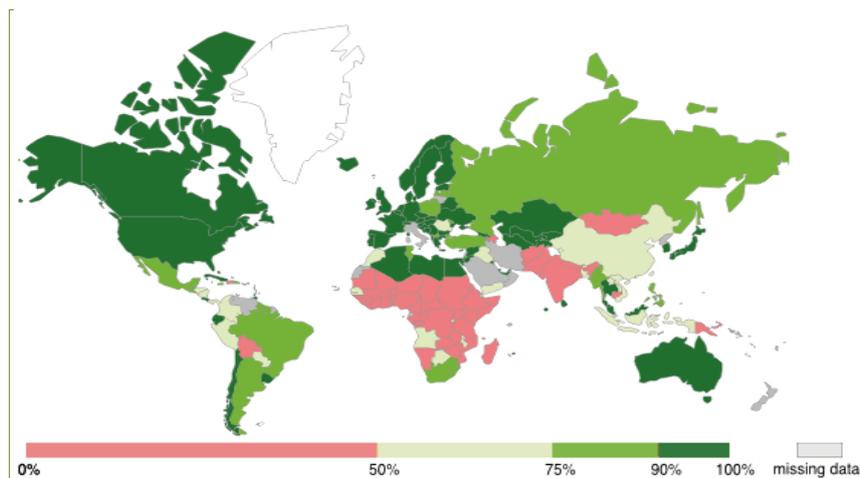


Figure 1. Couverture en assainissement dans le monde (UNICEF, OMS. 2008)

Doté d'une population qui s'élève à 35.3 million, soit 57% urbain et 43% rural, le Maroc a étendu l'accès à l'assainissement amélioré de 62% en 2006 à 69% en 2008 (BM, 2006) (UNICEF, OMS, 2010).

Que ce soit en zone urbaine ou rurale, le Maroc est classé 17^{ème} pays d'Afrique en matière de couverture d'assainissement, ce qui est sensiblement moins développé comparé aux autres pays de l'Afrique du nord (5^{ème} Tunisie, 4^{ème} Algérie, 1^{ère} Egypte) classés tous au même niveau de revenu moyen. (UNICEF, OMS. Rapport Afrique 2010).

Le graphe ci dessous résume les taux d'accès respectifs, en faisant la distinction entre raccordement à un réseau d'assainissement et accès à une forme d'assainissement améliorée. Il relate que 3% des résidents



urbains (environ 500 000 personnes) et 57% de la population rurale (environ 7,7 millions de personnes) n'ont accès à aucune forme d'assainissement amélioré.

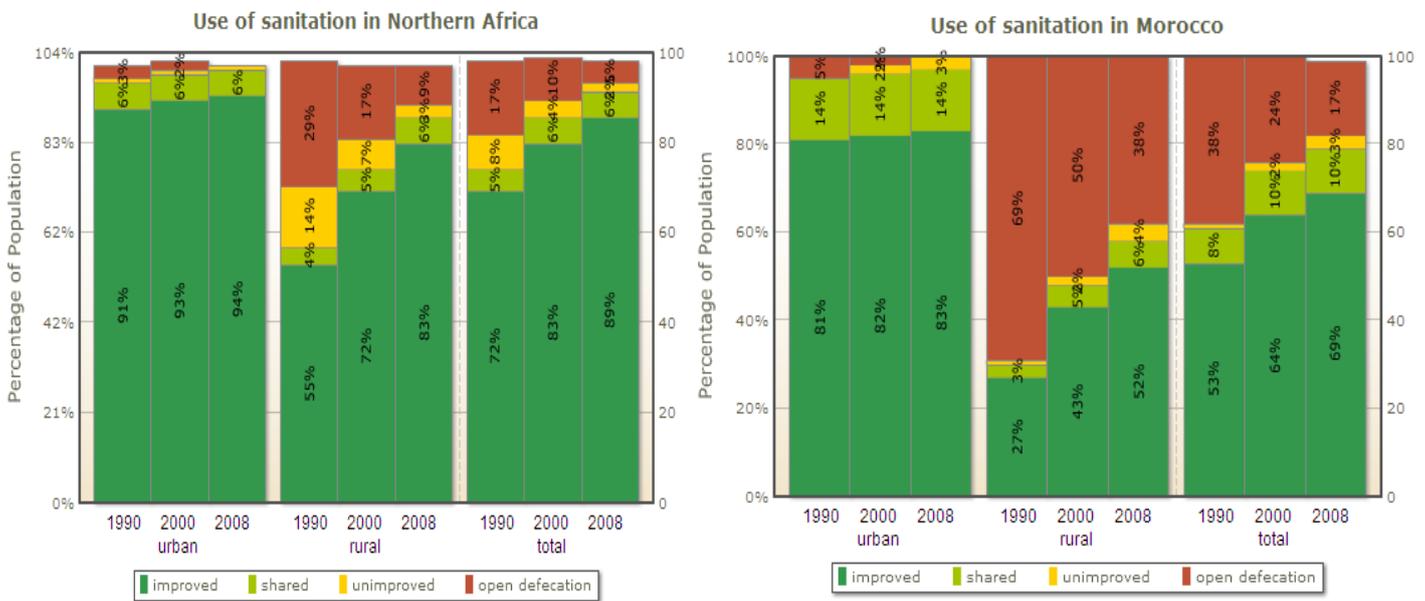


Figure 2. Disparité des taux d'assainissement entre zones urbaines et rurales pour les pays de l'Afrique du Nord (à droite) et pour le Maroc (à gauche) (UNICEF, OMS. 2010)²

Le taux de couverture de 70% représente un acquis d'infrastructure très important pour le Maroc. Cet acquis est hélas en mauvais état. Les réseaux sont généralement mal entretenus, souvent vétustes et saturés dans les centres-villes et les médinas, et parfois construits dans le non-respect des normes. L'insuffisance hydraulique qui en résulte se traduit par des débordements fréquents notamment par temps de pluie (PNA, 2008).

Au déficit de couverture des réseaux s'ajoute le besoin de réhabilitation et de renouvellement des réseaux existants, ce qui coûte au pays plus de 4.3 milliards DH/an (RIFKI, 2009).

En plus, le retard du Maroc en ce qui concerne l'épuration des eaux usées est particulièrement flagrant. On estime que 8% seulement des débits collectés subissent un quelconque traitement avant rejet dans le milieu naturel. Aucune grande ville marocaine n'étant encore équipée d'épuration, la grande majorité des 600 Mm³ générées par an sont directement rejetées dans les oueds, thalwegs ou à la mer (Figure 3). Les pôles économiques de Casablanca et du Nord-Ouest (Rabat-Tanger) génèrent plus de 60% du volume total. (PNA, 2008)

² -Installation améliorée (**Improved**) : elle garantit une séparation hygiénique des excréta de tout contact humain ;
-Installation partagé (**Shared**) : installations d'assainissement partagées par deux ou plusieurs familles ;
-Installation non améliorée (**Unimproved**) : elle ne garantit pas une séparation hygiénique des excréta ;
-Défécation en plein air (**Open defecation**) : quand les excréta sont déposés dans les champs, les forêts, les buissons, les eaux de surface, les plages ou d'autres espaces ouverts, ou bien quand elles sont éliminées avec des déchets solides.

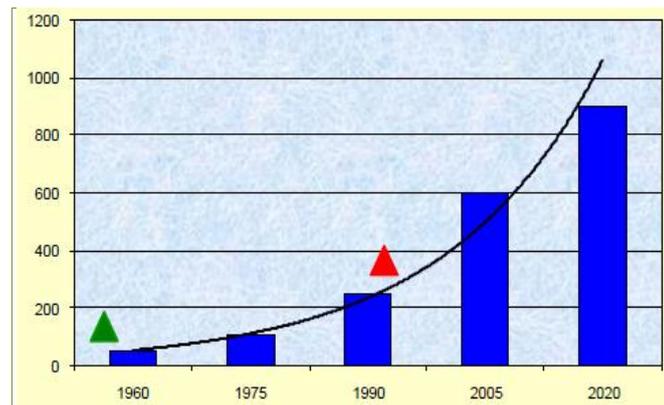


Figure 3 Evolution des volumes d'eaux usées rejetées sans traitement préalable (mm³/an) (RIFKI, 2009)

Il devient évident que la grande partie de cette pollution conduit à des taux élevés de maladies, de malnutrition et de décès, engendrés par des transmissions oro-fécales (diarrhée, typhoïde, hépatites, choléra), ou liées à un vecteur (paludisme, filariose, dengue). D'autres maladies, telles que la bilharziose, nématodes sont également liées à un mauvais assainissement de base et en particulier à des latrines défectueuses ou inexistantes (PNUD, 2005).

Aujourd'hui, le Maroc se trouve face à deux options : étendre les systèmes d'assainissement existants (PNA³), avec toutes leurs limites et leurs contraintes, ou chercher des solutions complètement nouvelles. Sachant très bien que les approches actuelles de l'assainissement ne sont ni viables ni adaptables à la grande majorité des populations, elles n'offrent de ce fait aucune alternative de développement durable, tout au contraire elles sont dans l'incapacité de pourvoir aux besoins de la génération actuelle et compromettent davantage les ressources nécessaires aux générations futures.

L'assainissement, tel que nous l'envisageons dans ce rapport, est basé sur trois aspects fondamentaux: réduire les rejets, 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 agricole.

Il s'agit d'une nouvelle vision, une approche systémique conçue dans la perspective de répondre à la problématique de l'assainissement. Cette approche, appelée «assainissement écologique» ou «ecosan», est un cycle durable en boucle fermée qui traite les rejets humains comme ressources et non déchets.

³ Le PNA inaugure un réengagement de l'état dans le secteur de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement et vise à donner accès à l'assainissement collectif à 80% de la population urbaine et à épurer 60% de la pollution des eaux usées d'ici 2020, tout en renforçant et réhabilitant les réseaux existants. (PNA, 2008)

CHAPITRE I. ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE

L'assainissement écologique est une nouvelle démarche qui vise à améliorer la situation sanitaire globale et la préservation de l'environnement dans ses différentes composantes. Fondé sur une gestion intégrée, écologique et économique, de l'eau, des nutriments et de l'énergie en circuit fermé, l'ecosan apparaît comme une alternative à la résolution durable des problèmes d'assainissement.

Ainsi, dans un système de tout à l'égout, une quantité relativement faible de matière dangereuse - excréta humains - est capable de polluer une quantité importante d'eau. Sur une année, chaque individu évacue 400 à 500 litres d'urine et 50 litres d'excréta dans 15 000 litres d'eau pure. S'y ajoutent, à travers un système de canalisations, les eaux usées de salles de bain, de cuisine et de lavage, souvent appelées « eaux grises». De plus, en aval, les eaux de ruissellement des rues et des toits, et les eaux lourdement polluées des usines rejoignent le flux. Ceci peut atteindre jusqu'à 30 000 litres par personne et par an.

Ceci fait qu'à chaque étape du processus de tout à l'égout, le problème est amplifié: le composant le plus dangereux, les 50 litres d'excréta, est capable de contaminer une grande quantité d'eau pure utilisée dans les chasses d'eau. En aval du système, est sensée se trouver une station de traitement, mais dans de nombreux cas il n'y en a pas: plus de 90% des eaux usées dans les pays du monde en développement sont déversées sans subir aucun traitement (ESREY, 1998).

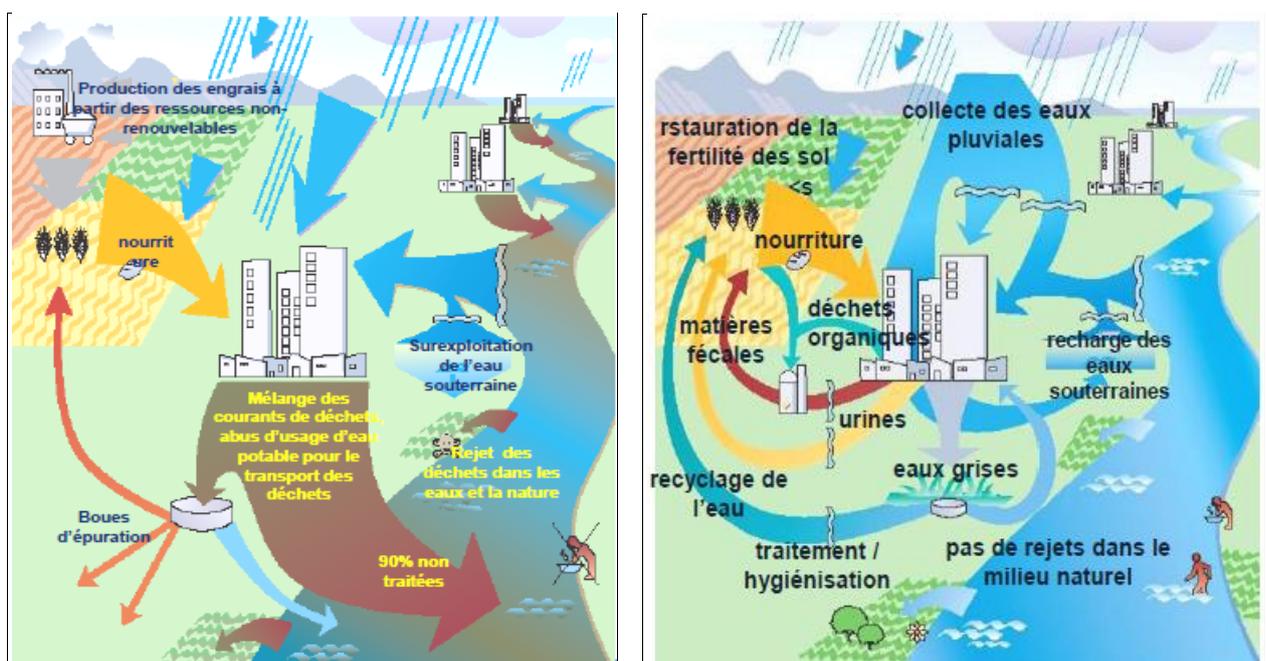


Figure 4. Comparaison entre un système classique de tout à l'égout (à gauche) et le principe « ecosan » de gestion durable des eaux et éléments nutritifs (à droite) (WERNER, 2004)



En générale, l'évacuation des eaux usées, à partir des systèmes centralisés de collecte des eaux, forme la composante majeure de la pollution de l'eau. En effet, cette concentration d'eaux usées contribue à une surcharge d'éléments polluants dans les nappes phréatiques et des eaux de surface, ce qui est en mesure de compromettre nos ressources en eau, sachant bien que 40% de la population mondiale souffrent déjà de manque d'eau à certaines périodes de l'année (UNICEF, OMS. 2010).

Le concept « ecosan » vient donc rompre avec la démarche classique du « tout à l'égout ». Il soulève la question de l'assainissement dans tout son ensemble, et, de ce fait ferme la boucle du processus cyclique qui existe entre les aliments (les intrants) et les déchets (les extrants) pour ainsi préserver l'environnement. Ce procédé estime que les différents rejets de l'assainissement, solides et liquides, comportent en eux des potentialités de valorisation, susceptibles de générer des revenus (figure 4).

1. DEFINITION DU CONCEPT 'ECOSAN'

Le concept ecosan peut être défini en deux mots : «**assainir et recycler**». Il est basé sur le fait que les problèmes d'assainissement peuvent être résolus plus durablement et plus efficacement si les nutriments contenus dans les excréta et les eaux usées étaient recyclés et utilisés plutôt que d'être rejetés dans l'environnement (nappe phréatiques, rivières et autres exutoires). Ceci implique une réintégration au cycle naturel des flux de matériaux, en ce sens que les excréta ne sont plus considérés comme des déchets mais comme des ressources. Il s'agit de les traiter afin de pouvoir les utiliser dans la fertilisation des sols et par conséquent à produire de la nourriture à long terme tout en réduisant la consommation d'énergie et la pollution des ressources en eau.

1.1 Notion d'assainissement

L'assainissement comprend généralement la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments. Littéralement « action d'assainir », désignant l'ensemble des techniques et méthodes visant à traiter les divers rejets.

L'ecosan, plus particulièrement, repose sur les principes suivants:

- La collecte séparée des matières fécales d'une part et les urines d'autre part.
- L'hygiénisation complète et séparée des excréments par déshydratation ou par compostage,
- L'hygiénisation complète des urines par des processus biochimiques,
- L'utilisation de ces produits comme engrais dans l'agriculture.

Ainsi, l'assainissement écologique, ne se suffit pas au simple traitement- déversement, mais y additionne la notion de recyclage productif et sain des divers rejets que ça soit : Eaux usées, fèces, urines et résidus organiques.

1.2 Notion de recyclage

Les principes sous-entendant l'ecosan ne sont pas nouveaux. Voilà des centaines d'années que les systèmes d'assainissement, basés sur les principes écologiques, étaient largement utilisés surtout en Asie de l'Est et du Sud-Est. Ces systèmes faisaient en sorte de reproduire le cycle naturel. Ainsi, au lieu de polluer l'environnement, on ramenait les excréta des animaux vers le sol pour améliorer sa structure et l'approvisionner en nutriments (KAMENI NGANDJON, 2010).

L'idée que ces excréta soient des déchets sans utilité est un malentendu d'actualité, car il n'existe pas de déchets dans la nature : tous les produits d'organismes vivants peuvent être utilisés comme matière première (figure 5).



Figure 5. Principe de base : *Système circulaire classique existant pour les déchets animaux* (WERNER, 2008)

Il en est de même pour les excréta humains considérée comme une ressource qui doit être recyclée plutôt que d'être évacuer comme un déchet. Ceci est vrai pour bon nombre de raisons ; d'une part, le recyclage ramène les nutriments au sol et aux plantes, et réduit ainsi le besoin en engrais chimiques. Il restaure les organismes du sol nécessaires à la protection des plantes. D'autre part, les excréta humains étant de riches sources en nutriments peuvent être utilisés pour accroître la productivité de l'agriculteur dans les jardins et les fermes (figure 6).

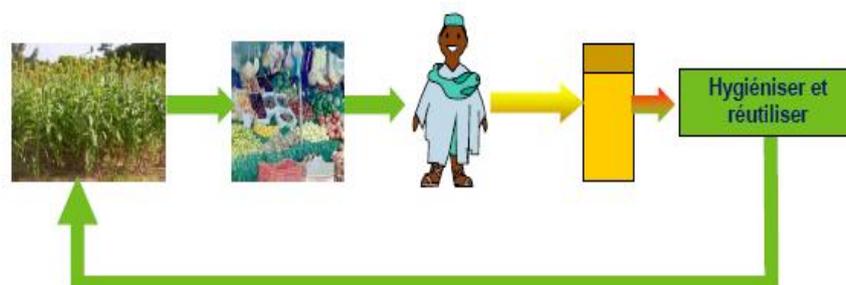


Figure 6. *ecosan : système d'assainissement des excréta humains qui vise à valoriser nos urines et nos fèces* (WERNER, 2008)

2 SYSTEME ECOSAN

2.1 Technologies ecosan

Les technologies ecosan employées dans le domaine de l'assainissement restent multiples. La détermination des systèmes ecosan n'est pas chose évidente puisque l'ecosan n'est pas une technologie spécifique, mais une nouvelle approche écosystémique axée sur des flux de matières.

De ce fait, les installations sanitaires durables, qui s'y rapportent, peuvent être construites en fonction des besoins, avec des techniques de pointe ou des techniques plus simples, pour des installations centralisées ou décentralisées, ce qui permet une grande flexibilité des dispositifs. Actuellement, des centaines de milliers de toilettes à déshydratation et à compostage sont en service dans le monde, la plupart dans les zones rurales et les petites communautés (**KAMENI NGANDJON, 2010**).

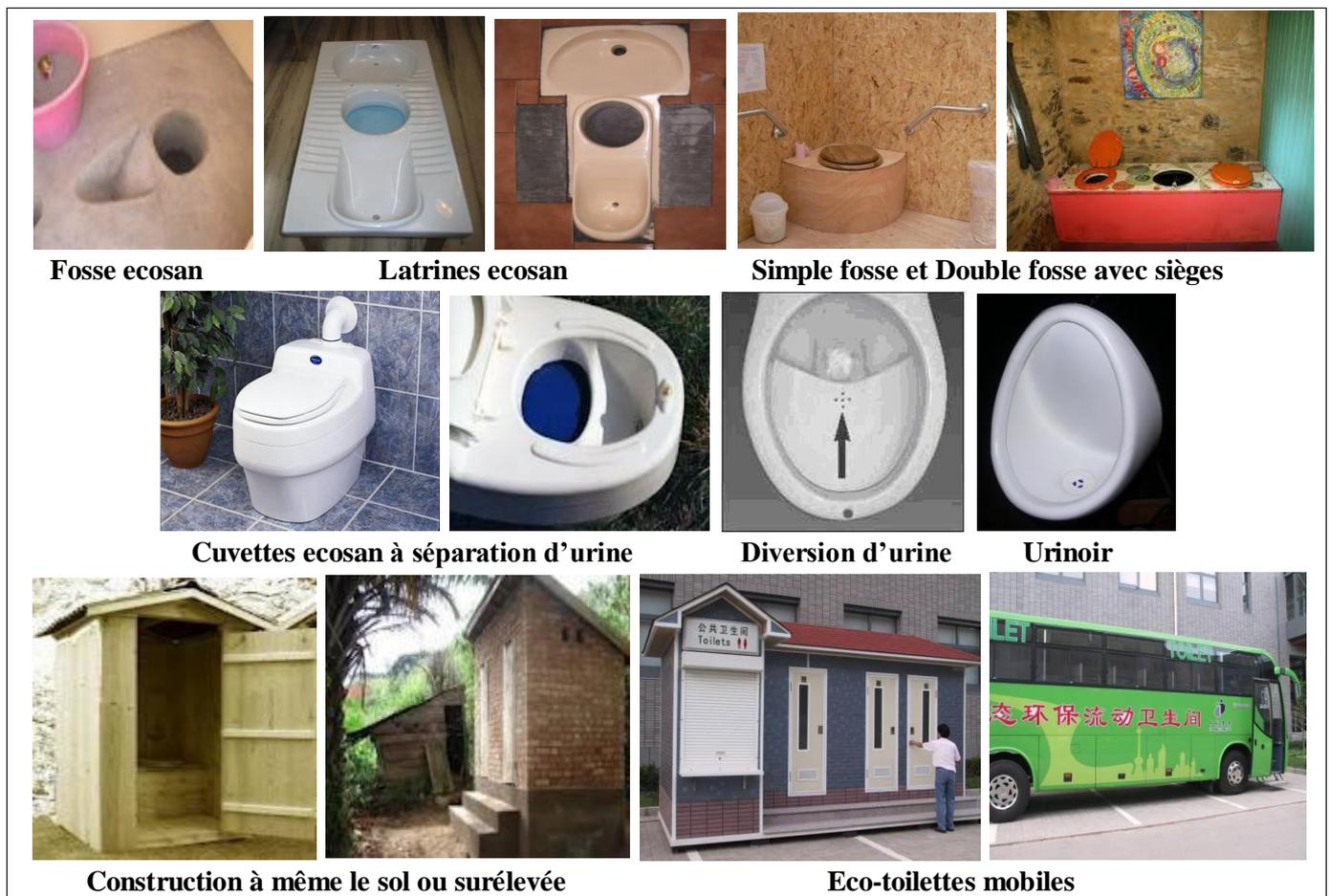


Photo 1. Illustration des différentes technologies de toilettes sèches « ecosan »

Quoique nombreux, tous les systèmes ecosan doivent intégrer dans leur composante : la nature, la société et les dispositifs techniques afin de satisfaire les critères ci après :



- ✓ Prévention des maladies, préservation des ressources en eau et réduction des nuisances causées à l'environnement ;
- ✓ Simplicité d'installation, accessibilité aux populations les plus démunies surtout dans les zones rurales où la capacité contributive de la population est faible ;
- ✓ Intégration du système en respectant les valeurs socioculturelles locales.

2.2 Critères de choix du système ecosan

Idéalement, un système d'éco-assainissement doit empêcher la pollution, stériliser les nutriments provenant des excréta et les ramener à la terre par leur utilisation comme engrais sans exiger d'eau pour le transport ou le traitement.

Cependant, De nombreuses variables locales peuvent influencer le choix d'un système d'assainissement approprié :

- ✓ **Climat** : Température, humidité et précipitation.
- ✓ **Topographie et type de sol** : Difficulté à placer le système dans le sol, la rapidité et la direction de l'infiltration de l'eau et des polluants dans le sol.
- ✓ **Abondance et rareté de l'eau** : Importance de la conservation de l'eau.
- ✓ **Proximité/fragilité des ressources en eau et des systèmes aquatiques** : Niveau et disponibilité de l'eau souterraine, proximité des lacs, des rivières et des courants, ou eaux côtières.
- ✓ **Energie** : Disponibilité de sources d'énergie locale, telles que le rayonnement solaire.
- ✓ **Conditions sociales et culturelles** : Habitudes, croyances, valeurs et pratiques qui influencent l'acceptabilité du système ecosan au sein de la communauté
- ✓ **Economiques** : Ressources financières, à la fois individuelles et communautaires, pouvant supporter ensemble le système d'assainissement.
- ✓ **Capacité technique** : Capacités et les outils locaux
- ✓ **Densité de la population et type d'habitat** : Espace disponible pour le traitement sur place, le stockage et le recyclage local.
- ✓ **Agriculture** : Caractéristiques de l'agriculture locale et du maraîchage familial.

La nature de ces facteurs définira la finalité du système : Pour certaines collectivités le besoin d'une source de nutriments pour les cultures peut être la force motrice de développement de l'ecosan, alors qu'il est plus important à d'autres de protéger leurs ressources en eau fragiles.

Autrement dit, les uns vont porter une attention particulière au développement d'un système qui permettra l'utilisation des urines comme engrais, pour les autres elles pourront sacrifier la récupération



complète des nutriments d'origine fécale s'ils estiment que les modèles favorisant le compostage et la perte de l'azote dans l'atmosphère sont plus faciles à mettre en place.

Il est à noter, que dans les zones sèches, il est plus facile d'assainir les fèces par la déshydratation, alors que le compostage est plus approprié dans les lieux très humides (ESREY, 1998).

3 ENJEUX DE L'ECOSAN

L'assainissement écologique présente un nombre d'enjeux à dimensions fondamentales interdépendantes sanitaires, économiques et environnementales.

3.1 Enjeux Environnementaux

L'assainissement écologique vise à protéger nos eaux souterraines, nos cours d'eau, de la contamination par les excréta. La réutilisation de ces derniers mène à une utilisation minimisée d'engrais conventionnel commerciaux, dont une bonne partie est lavée par les pluies et pollue l'eau.

Le recyclage des excréta humains peut aider à réduire l'effet de serre s'il est pratiqué à grande échelle en tant que partie d'un programme d'ensemble visant à augmenter la teneur du sol en carbone.

Beaucoup d'efforts visant à résoudre le problème de l'augmentation de l'anhydride carbonique (CO₂) dans l'atmosphère, qui est la cause des changements climatiques, se sont focalisés sur la réduction des émissions de CO₂ provoquées par la combustion de carburant fossile et la destruction des forêts tropicales. Cependant, les scientifiques ont, récemment, commencé à s'intéresser aux capacités du sol à agir comme un évier pour absorber l'excès de carbone dans l'atmosphère (dans les sols, le carbone est stocké sous forme d'humus et de matière organique en décomposition). La réutilisation des excréta humains assainis sur des terres dégradées jouerait un rôle significatif dans l'amélioration de la fertilité du sol, en augmentant la croissance des végétaux et ainsi la quantité de CO₂ absorbée de l'atmosphère par la photosynthèse. Un modeste doublement de la quantité de carbone dans les sols non forestiers, permettant de passer du faible niveau actuel de 1% (résultat de l'érosion) à 2% sur 100 ans peut équilibrer l'augmentation annuelle de la teneur en carbone de l'atmosphère pendant la même période.

Concernant les systèmes d'éco-assainissement, s'ils sont correctement gérés et entretenus, présentent un grand avantage sur les toilettes ordinaires à fosse. En effet, les urines et les fèces n'y sont pas en contact et donc ne produisent pas d'odeur et les niveaux d'humidité sont trop bas pour générer des mouches (ESREY, 1998).

3.2 Enjeux Socio-économiques

Les ménages individuels peuvent améliorer considérablement leurs conditions de vie en adoptant un système d'éco-assainissement. Le dispositif étant relativement bon marché et pas difficile à construire,



les ménages peuvent, dès lors, bénéficier des avantages de l'intimité, de la commodité et de l'esthétique avec une toilette sans odeur et sans mouche, près ou dans leur maison.

Les avantages sanitaires seront perceptibles après adoption du système. Il s'agit de l'élimination de la défécation en air libre, ce qui est en mesure de réduire les infections liées aux diarrhées et aux vers et permettre ainsi une hausse du niveau de santé pour tout le monde.

Le niveau de nutrition des familles s'améliorera aussi si les urines et les fèces sont recyclées afin de favoriser la croissance des légumes dans les jardins, sur les toits ou les balcons ou même sur les murs.

Outre, le marché pour les systèmes d'assainissement est énorme et la demande existe. Aussi, des emplois peuvent être créés pour des constructeurs et des collecteurs d'urines et de fèces assainies. Ces produits peuvent être vendus aux fermiers qui peuvent les utiliser pour des cultures vivrières. Une mini-économie complète pourrait se développer autour des systèmes d'assainissement écologique, spécialement dans les zones urbaines (ESREY, 1998).

3.3 Enjeux Agronomiques

L'éco-assainissement permet d'une part d'utiliser l'urine comme engrais de haute valeur azoté. L'urine contient 90% de la valeur en engrais des excréta humains et permet aussi de récupérer les fèces humaines pour les transformer en un excellent conditionneur de sol.

Le recyclage à grande échelle rénoverait l'agriculture rurale et urbaine. La réutilisation de l'urine humaine assainie dans les zones rurales de manière régulière permettra le réapprovisionnement du sol en nutriments jusqu'au niveau où la productivité s'élèvera de façon spectaculaire. On parle d'assainissement productif (ESREY, 1998).

CHAPITRE II. ASSAINISSEMENT PRODUCTIF

Généralité sur le secteur agricole au Maroc :

Au Maroc, le secteur agricole est vital pour l'économie, sa contribution dans le PIB a atteint les 14 % soit 74 Milliards de DH par rapport au PIB global de 779 Milliards de DH. Le secteur participe à hauteur de 15 à 21 % dans le revenu des exportations et crée 4 millions d'emplois pour 41 % de la population totale et 75,5 % du monde rural⁴.

Pourtant ce secteur, clé de l'économie du pays, a longtemps demeuré sous forme d'une agriculture de subsistance siégeant sous d'énormes défis, entre autre ; le faible rendement des exploitations agricoles et le déficit hydrique dus aux sécheresses répétées.

La précarité du dit secteur a incité le Maroc à concevoir une stratégie de développement agricole basée sur l'emploi des engrais de synthèse, élément déterminant de la productivité.

Cette stratégie a vu évoluer la consommation des engrais grâce aux subventions de l'état, ce qui a permis d'améliorer la productivité agricole.

Cependant, aussitôt après suppression des subventions, les prix d'engrais se sont enflés (de 1,47 DH/kg en 1980 à 5,26 DH/kg en 2004) induisant une chute de consommation.

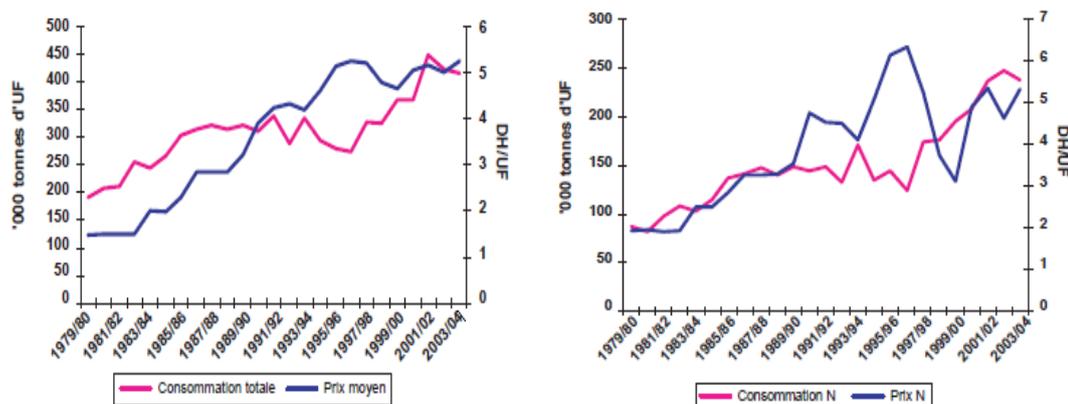


Figure 7. Evolution de la consommation totale des unités fertilisantes (A gauche) et l'azote (à droite) et du prix de vente moyen ; (MADRPM/DPV/SAFP, 2005)

L'analyse de la situation actuelle en matière d'utilisation d'engrais montre une sous utilisation (50 % des exploitations agricoles n'utilisent pas d'engrais) par rapport aux besoins réels du pays qui s'élèvent à environ 2,5 millions de tonnes (ONU, 2006).

⁴ Source : Ministère de l'agriculture, Ministère de l'économie et des finances, Haut commissariat au plan, statistiques des années 2009-2010.

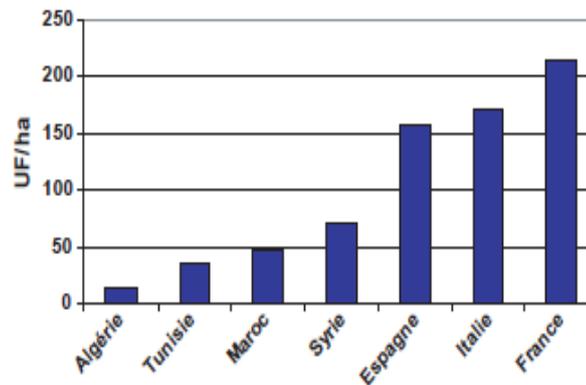


Figure 8. Comparaison de la consommation en UF par rapport à d'autres pays Méditerranéens ; (MADRPM/DPV/SAFP, 2004)

De plus, l'utilisation des engrais chimiques pour augmenter les rendements des cultures fait l'objet de nombreuses préoccupations d'ordre écologique. Des études menées au cours de ces dernières années ont démontré leurs effets néfastes sur l'environnement (MOUGHLI, 2000), parmi ceux-ci :

- Pollution de sol par des métaux lourds et toxique, tel que le cadmium
- Infiltration dans les eaux souterraines, ce qui affecte la potabilité de l'eau et augmente les risques sanitaires ;
- Ruissèlement dans les rivières et les eaux côtières, ce qui peut entraîner l'eutrophisation et exposer la vie aquatique au danger de suffocation.
- Pollution de l'atmosphère à travers la dénitrification et la volatilsation de l'ammoniac contribuant ainsi au réchauffement global de la terre.

Dans une situation d'accroissement continu de la population (2% taux d'accroissement annuel) (BM, 2006), l'insécurité alimentaire plane sur le pays, surtout dans le milieu rural où l'on dépend énormément d'une agriculture qui reste notoirement traditionnelle. Il devient donc urgent de trouver des alternatives permettant d'améliorer la productivité sans risquer de compromettre nos ressources naturelles.

L'Assainissement Productif (AP) se présente comme un système complet qui permet d'associer l'assainissement et l'agriculture pour améliorer le cadre de vie et garantir la sécurité alimentaire des populations. Le principe est simple, l'AP cherche à renouer avec des pratiques anciennes en tirant profit des produits naturels tels les produits d'assainissement.

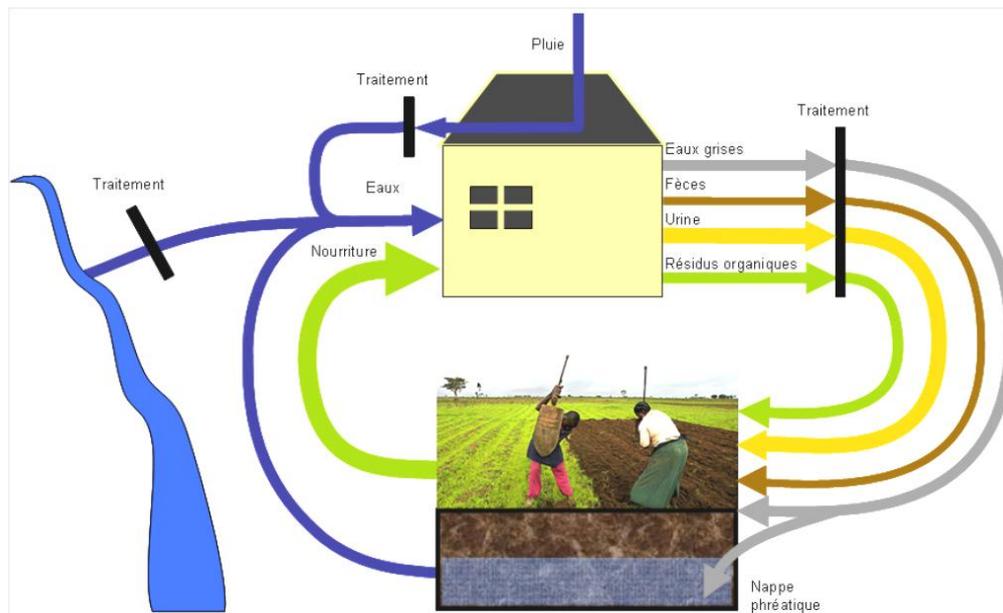


Figure 9. Schéma globale de l'assainissement productif (FIDA, 2010)

L'AP est jugée à triple objectifs :

- ✓ Apport de nutriments pour les cultures: enrichit les sols pauvres, fournit les éléments essentielles pour la croissance des plantes et entretient une bonne productivité ;
- ✓ Préservation de la salubrité humaine et réduction des nuisances causées à l'environnement par les rejets de l'assainissement ;
- ✓ Economie des coûts lourds dépensés pour l'achat des engrais chimiques, d'ailleurs source de contamination : c'est d'autant plus vrai chez les petits agriculteurs à faible revenu pour qui la dépense de telles sommes sur des fertilisants chimiques n'est qu'une corvée rajoutée.

Aujourd'hui, l'AP a fait ses preuves. Partout dans le monde, le Maroc y compris, on adhère nombreux à cette technique ; la réutilisation des produits de l'assainissement écologique pour la fertilisation des plantes trouve écho chez les agriculteurs, d'autant plus que ces produits renferment tout ce dont les cultures ont besoin en matière de nutriments.

1. BESOINS DES PLANTES EN NUTRIMENTS

Comme tous les êtres vivants, les plantes ont besoin de nourriture pour croître, se développer et se reproduire. L'Homme et les animaux ne vivent que d'aliments sous forme organique. Les plantes, au contraire, bâtissent leur biomasse en tissus organiques directement à partir d'éléments minéraux. Elles puisent l'eau et les substances minérales à partir du sol, la lumière (énergie solaire), le carbone et l'oxygène de l'air.

Les éléments nutritifs apportés aux plantes sont essentiels pour produire des aliments sains. D'ailleurs, l'intensification de l'agriculture requiert un accroissement des flux nutritifs aux cultures, ainsi qu'une plus forte absorption de ces nutriments par la culture.

Par contre une application excessive de nutriments, ou encore une gestion inefficace de ces applications, peut causer des pertes d'importantes quantités de nutriments du système sol/culture dans l'eau et l'air, accompagnés de sérieux problèmes de dégradation environnementale observée dans de nombreux pays en développement (FAO, 2005).

1.1 Eléments nutritifs

Pour leur croissance les plantes ont besoin de nutriments (NPK) et d'autres éléments en trace. Ces éléments se retrouvent dans la composition des tissus végétaux et sont indispensables à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes.

Les éléments nutritifs sont répartis en deux groupes :

- 1) le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui proviennent de l'air et de l'eau du sol ;
- 2) les 16 autres, que la plante trouve sous forme minérale dans le sol, sont appelées *éléments fertilisants*.

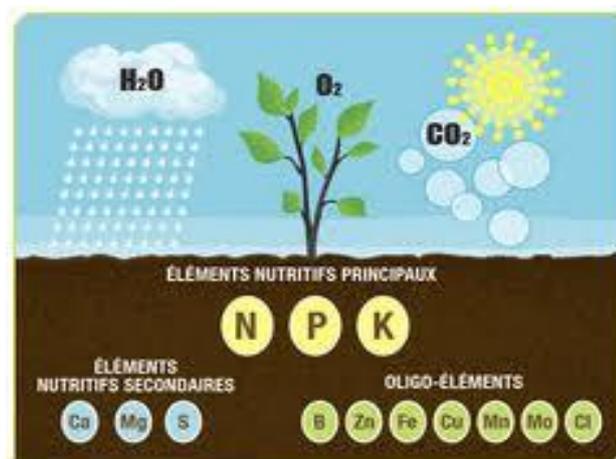


Figure 10. Les différents éléments nutritifs fournis selon leurs importances pour la plante

La plante trouve tous ces éléments essentiels dans deux milieux : l'air et le sol. L'air fournit le carbone (assimilé sous forme de CO₂) et l'oxygène, fixé grâce à la photosynthèse. Le sol fournit les éléments minéraux et l'eau. Seules les légumineuses (haricot, niébé, arachide, etc) peuvent tirer une partie de leur azote dans l'air, grâce à une symbiose bactérienne au niveau de leurs racines (nodosités). Il n'est de ce fait pas nécessaire d'apporter de fertilisation azotée à ces cultures (FAO, 2005).

Parmi les minéraux essentiels, six (6) sont nécessaires en grandes quantités, ce sont les *éléments majeurs* : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le soufre (S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg).



Les trois premiers, N, P et K, sont les éléments minéraux dont la plante a besoin en surcroît, c'est pourquoi ces 3 éléments sont intégrés dans la composition de la majorité des engrais chimiques (FAO, 2005).

Tableau 1. Corrélation entre la consommation d'élément NPK et les rendements des cultures (IAV Hassan II, 2001)

Produit	Céréales	Légumineuses	Betterave	Canne à sucre	Cultures oléagineuses	Cultures maraichères	Plantations fruitières
N	0,33	0,18	0,85	-0,33	0,02	0,68	0,71
P ₂ O ₅	0,04	0,09	0,43	-0,46	0,04	0,52	0,65
K ₂ O	0,24	0,12	0,69	-0,56	-0,03	0,61	0,67
Tous	0,26	0,17	0,79	-0,46	0,02	0,70	0,78

*Le coefficient de corrélation est significatif à 0,44 à $\alpha = 0,05$

Les *éléments mineurs*, dits *oligo-éléments*, sont également nécessaires quoique en quantité moindre, il s'agit du : fer, zinc, cuivre, bore, manganèse, silicium, molybdène, sodium, cobalt et chlore (FAO, 2005).

1.2. Mécanismes de nutrition :

Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous une forme assimilable. Autrement, la croissance de la plante sera limitée et le rendement final plus faible.

Dans le cas d'une plante se développant sur place et non récoltée, les éléments minéraux sont prélevés au cours de la croissance de la plante, mais restitués au sol lorsque la plante meurt. Il n'y a donc pas réellement de pertes d'éléments minéraux.

En revanche, lors de la culture d'une espèce à fins agricoles, une partie, ou parfois presque la totalité, de la plante n'est pas restituée au champ mais exportée. Toute une partie des éléments minéraux prélevés dans le sol, ne le réintègrent pas, et ne sont ainsi pas disponibles pour la culture suivante. Les éléments nutritifs manquant pour les cultures ultérieures peuvent alors être apportés sous forme de produits fertilisants.

Afin de garantir à la fois une disponibilité suffisante pour la plante, et ne pas apporter plus que le nécessaire (perte financière et risque écologique), il est utile de connaître exactement le montant exporté (c'est-à-dire utilisé) par la plante. C'est ce qu'on appelle un *bilan d'exportation* (figure 11). Ce bilan indique la quantité de fertilisants qu'il faut apporter aux cultures (FAO, 2005).

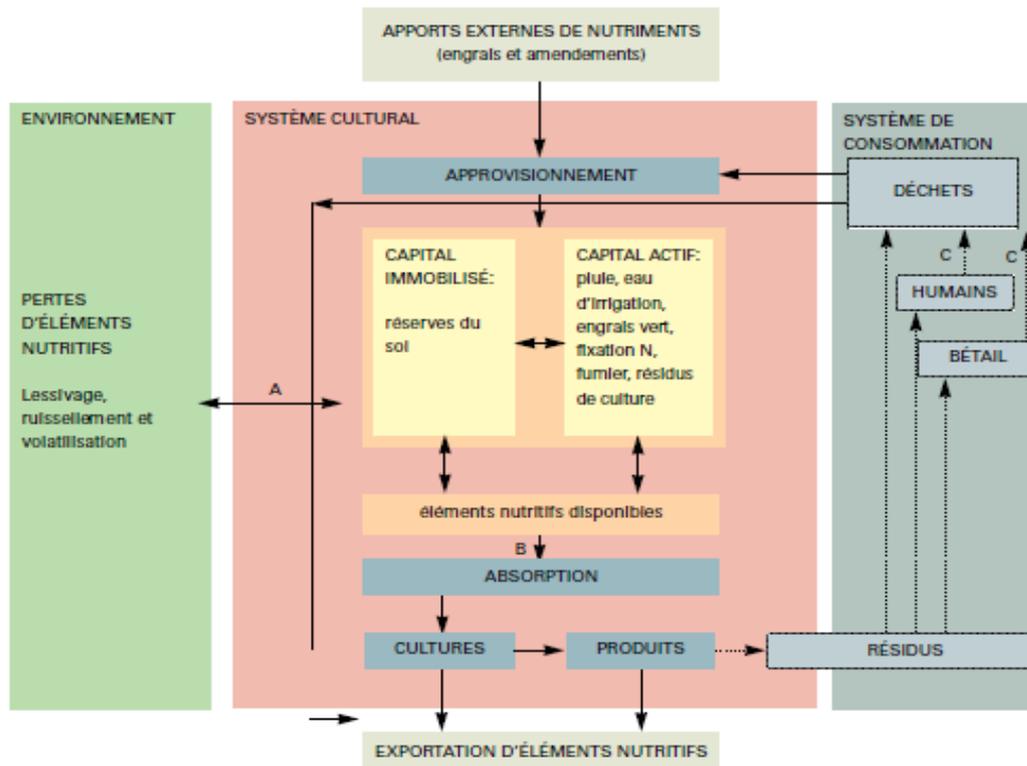


Figure 11. Bilan minéral des éléments nutritifs des plantes (ONU, 1999)

Le bilan minéral ci dessus met en valeur trois manières par lesquelles les agriculteurs peuvent améliorer l'emploi de nutriments:

- **A:** réduction des pertes de nutriments en limitant le ruissellement par le biais d'un investissement en drainage du sol;
- **B:** accroissement de consommation d'azote en développant des cultures de couverture;
- **C:** réduction des pertes d'azote, en améliorant la gestion des déchets organiques et excréta.

1.3 Nutrition en Azote :

De tous les minéraux, l'azote est celui dont la carence restreint le plus la croissance des végétaux et le rendement des cultures.

L'azote (N) est un élément nutritif essentiel à la croissance et au développement des végétaux et donc à la production de la biomasse pour les plantes cultivées. C'est un constituant des acides aminés, protéines, bases puriques et pyrimidiques, chlorophylles, cytochromes, phytohormones (auxines, cytokinines..) et de plusieurs vitamines.

De ce fait, la carence en azote peut constituer un facteur limitant de la croissance, provoquant la diminution marquée de la chlorophylle, d'où chlorose (jaunissement) d'abord des vieilles feuilles puis des jeunes, suivie du ralentissement et de l'arrêt de la photosynthèse (FAO, 2005).

La quantité totale d'azote mis à disposition des cultures constitue un facteur clé pour l'amélioration de la production végétale (*Figure 12*).

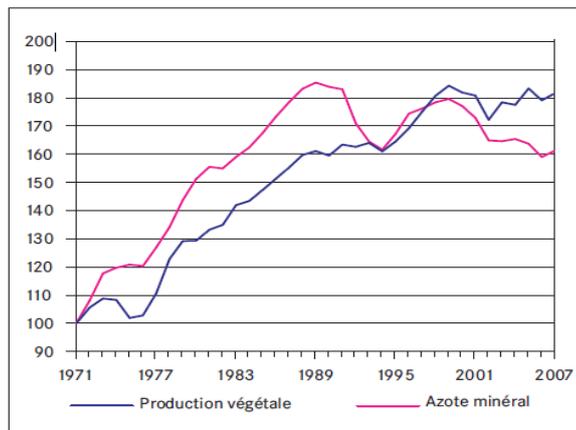


Figure 12. Évolution de l'utilisation d'azote minéral (en unités fertilisantes) et du « volume » de la production végétale entre 1970 et 2008 (moyenne triennale glissante : base 100 en moyenne 1970-71-72) Sources : Agreste (GraphAgri 2009) et Insee (compte national de l'agriculture) (BASCHET, 2009)

2. POTENTIEL DE L'URINE COMME FERTILISANT

2.1 Disponibilité de nutriment dans l'urine

L'urine est un liquide biologique composé des déchets de l'organisme. Elle est secrétée par les reins par filtration du sang, puis par récupération des molécules de l'urine « primitive » pour former l'« urine définitive », qui sera expulsée hors du corps par le système urinaire.

Elle se forme par pénétration du sang artériel dans les reins par l'artère rénale, ensuite passe par l'artère inter lobulaire, puis via l'artériole afférente et finit 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. C'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, la plus grande partie de la valeur fertilisante des excréta se trouve dans l'urine. L'analyse y découvre un certain nombre de substances, dont les principaux sont : sur 1000 parties, 933 d'eau; 30,10 d'urée; 1 d'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 boissons, d'aliments consommés et des conditions physiques (LAMINO, 2006).

Compte tenu du fait que l'urine contient les trois éléments nutritifs les plus importants pour la plante et que les fermiers achètent et utilisent comme des engrais artificiels, à savoir : l'azote (80 % de l'azote organique contenu dans nos déjections se trouve dans l'urine, (ESREY, 1998)), le phosphore et le

potassium, mais également tous les huit micronutriments dont les plantes ont besoin pour leur croissance.

On comprend facilement l'importance du devenir de l'urine pour le milieu récepteur. L'urine est donc une excellente source d'azote pour les plantes.



Figure 13. Urine comme engrais vert pour la fertilisation des sols (RICHERT, 2010)

Sachant bien que la quantité d'azote (N) épandu sous forme de fumier ne peut pas dépasser 200 kg par an par hectare. Pour épandre donc avec l'urine les 10 kg d'azote que "produit" annuellement une personne (soit en moyenne 500 litres d'urine en une année), il faut un jardin d'au moins 500 m². Une famille de 4 personnes devrait donc disposer d'un jardin de 2000 m². En-dessus de cette valeur, il y a dépassement des normes (LAMINO, 2006).

2.2 Qualité microbiologique de l'urine

L'urine est en général stérile et ne constitue un danger que dans certains cas. Les organismes pathogènes connus pour être évacués par l'urine sont *Leptospira interrogans*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* et *Schistosoma haematobium* (FEACHEM, 1983).

- *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. Cependant, l'urine humaine n'est pas considérée comme une source importante pour la transmission de ce germe.

- *Salmonella typhi* et *paratyphi* sont excrétées dans les urines pendant la phase des fièvres typhoïde et paratyphoïde lorsque les bactéries sont disséminées dans le sang. Mais 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 la transmission de la bilharziose ne peut se faire dans une zone qu'en présence des hôtes intermédiaires (CAROLINE, 2004).

D'autres organismes pathogènes détectés dans l'urine ne sont pas considérés puisque leur présence n'implique pas de réel risque de transmission de maladies dans l'environnement.

2.3 Composition pharmacologique de l'urine

Les alcaloïdes, contenus dans l'urine, sont fabriqués dans le tube digestif par des organismes végétaux, agent de la putréfaction intestinale. Ces alcaloïdes, assez toxiques, sont absorbés à la surface des intestins et éliminés par les reins à la fin du métabolisme. 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 étant donnée que la finalité ici n'est pas de consommer l'urine, mais de l'utiliser comme fertilisant dans les champs, le risque d'intoxication devient dès lors négligeable (LAMINO, 2006).

3. VALORISATION DE L'URINE EN AGRICULTURE

La valorisation de l'urine, produit à valeur nutritive importante pour les cultures, débute par la séparation des excréta (Urine-fèces) au niveau de toilette spéciale. Le produit final, au lieu d'être rejeté dans la nature, est utilisé en agriculture pour la fertilisation des champs ce qui est en mesure de couvrir une part des besoins alimentaires de la population.

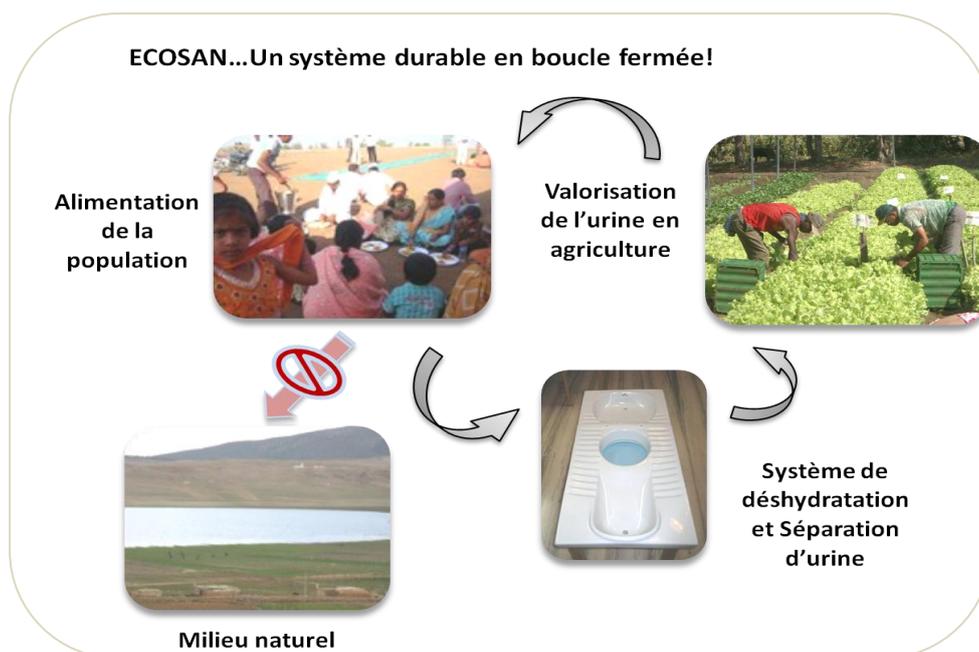


Figure 14. Processus cyclique fermant la boucle entre l'assainissement et l'agriculture

3.1 Toilette de Déshydratation à Séparation d'Urine

3.1.1 Description du Système TDSU :

Une toilette de déshydratation à séparation d'urine dite TDSU est une cuvette ou un siège spécialement conçus pour séparer l'urine et la stocker dans un récipient.

Une TDSU est constituée de trois cellules individualisées :

- Un premier compartiment où cheminent les urines, collectées dans un deuxième temps.
- Une fosse profonde qui recueille les fèces et les cendres utilisés juste après défécation pour l'hygiénisation des excréta solide et éliminer les odeurs.
- Un dernier compartiment qui récolte les eaux de lavage anal à part entière, puisque peu chargé en matière organique.

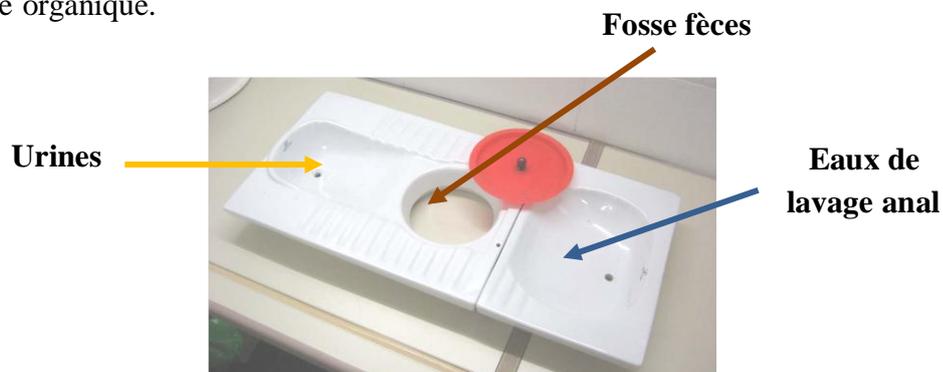


Photo 2. Latrine à séparation d'urine (WERNER, 2009)

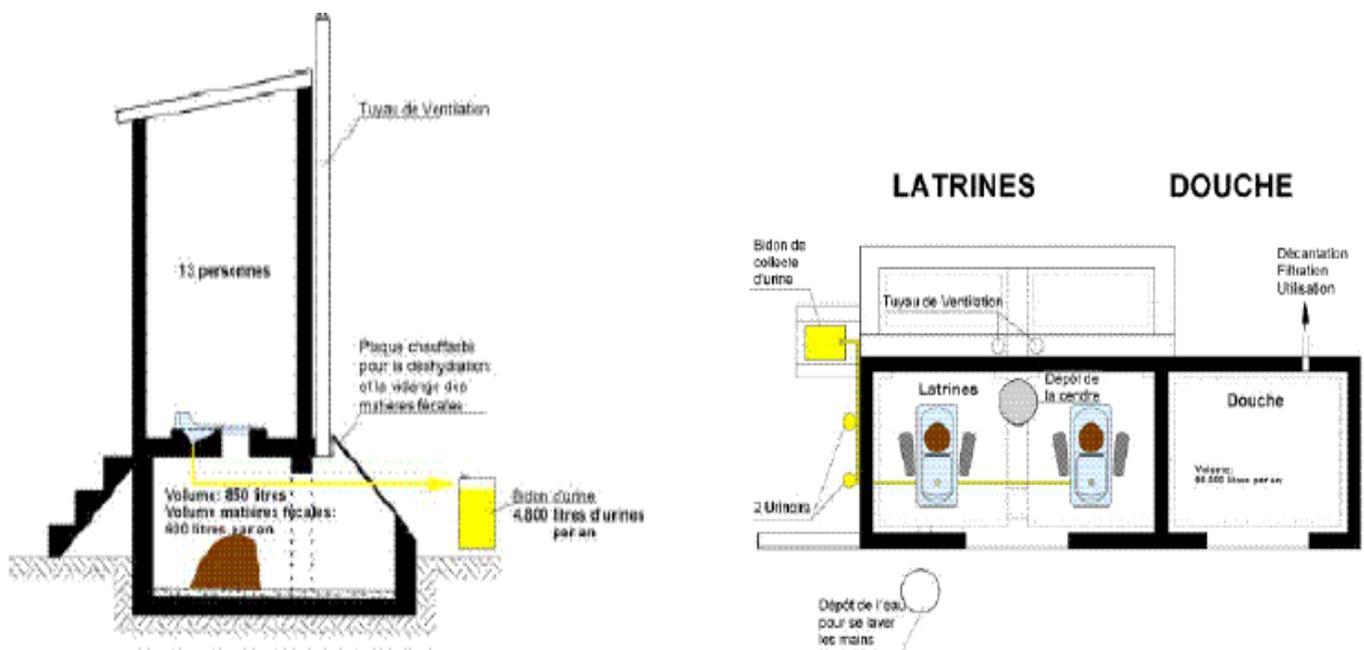


Figure 15. Toilettes de déshydratation à séparation d'urine vue de profil (à gauche), vue de haut (à droite) (WERNER, 2009)

Le principe des latrines ecosan est basé sur la séparation des urines et des matières fécales. Les urines canalisées puis collectées hors de la toilette est recueillie dans un réservoir de stockage ; un bidon en plastique où elle est stockée en conditions d'anaérobiose pour éviter les pertes en azote.

Le traitement essentiel le plus commun dans un système TDSU est la déshydratation. Le but en est de détruire les organismes pathogènes, d'empêcher les nuisances que peuvent générer ces produits ainsi manipulés (mouches et mauvaises odeurs), de faciliter leur transport ultérieur et l'utilisation finale (CREPA, 2005).

3.1.2 Produits TDSU :

Dans le réservoir, l'urine subit une réaction de transformation d'azote organique grâce à l'action d'une enzyme produite naturellement dans l'urine ; l'*uréase* (enzyme qui catalyse la réaction de transformation de l'urée en dioxyde de carbone et ammoniac.). L'azote contenu dans l'urée est spontanément convertit en ammoniac puis en nitrites en quelques heures (MUSCULUS, 1923). C'est ce qui explique l'odeur d'ammoniac (NH₃) de l'urine qui séjourne quelques heures dans un pot ou dans un seau hygiénique (ESREY, 1998).

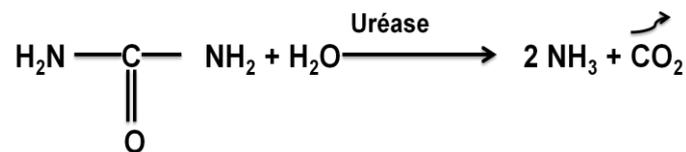


Figure 16. L'Uréase est une enzyme qui catalyse la réaction de transformation de l'azote organique en ammoniac (LARCHER, 1923)

Dans la nature, sous forme ammoniacale, l'azote ne peut suivre que le chemin de l'oxydation. Il se transforme ainsi en ions nitreux (NO₂⁻) particulièrement toxiques qui s'oxydent en nitrates (NO₃⁻). L'urine stockée dans le réservoir de la toilette devient un concentré d'ammonium contenant des ions de nitrites et de nitrates. D'où l'intérêt de la dilution poussée pour l'irrigation des plantes (LARCHER, 1923).

Plusieurs chercheurs avancent que le temps de stockage recommandé pour les urines est de 2 mois avant utilisation. Après 1 mois de stockage, seuls les virus survivent et après 6 mois de stockage, il n'y a probablement plus de virus dans les urines (OMS, 2006).

Tableau 2. Temps de stockage permettant une hygiénisation de l'urine pour une fertilisation agricole

T°C de Stockage	Temps déstockage	Pathogènes potentiellement contenus dans l'urine	Cultures recommandées
4 °C	>1mois	virus, protozoaires	Cultures alimentaires et des fourrages, qui doivent être traitées
4 °C	>6 mois	Virus	
20 °C	>1mois	Virus	
20 °C	>6mois	Probablement aucune	Toutes cultures

Source : OMS, 2006

Pour le réservoir de stockage d'urine, il est directement ajusté à un compresseur et une valve, d'où l'urine sera pompée pour ensuite être réutilisée comme engrais liquide.

3.2 Application de l'urine en fertilisation agricole

Après stockage, l'urine hygiénisée peut être utilisée au champ comme engrais liquide riche en éléments nutritifs, surtout en azote.

3.2.1 Technique d'application d'urine

Une méthode d'application proche du sol est recommandée pour minimiser la formation d'aérosol. A grande échelle, on utilise souvent un équipement agricole spécial (*photo3*) alors qu'à petite échelle l'application s'effectue souvent manuellement.



Photo 3. Epannage de l'urine mécaniquement (WERNER, 2010)

a. Matériel d'application

A petite échelle, l'urine peut être appliquée avec un arrosoir, seau et gobelet ou directement avec le bidon (*figure 16*). Le matériel métallique cours des risques de rouille, donc il faut bien le laver après utilisation. Quant aux récipients utilisés, ils doivent être à capacité maîtrisée afin d'apporter les doses exactes recommandées (FIDA, 2010).

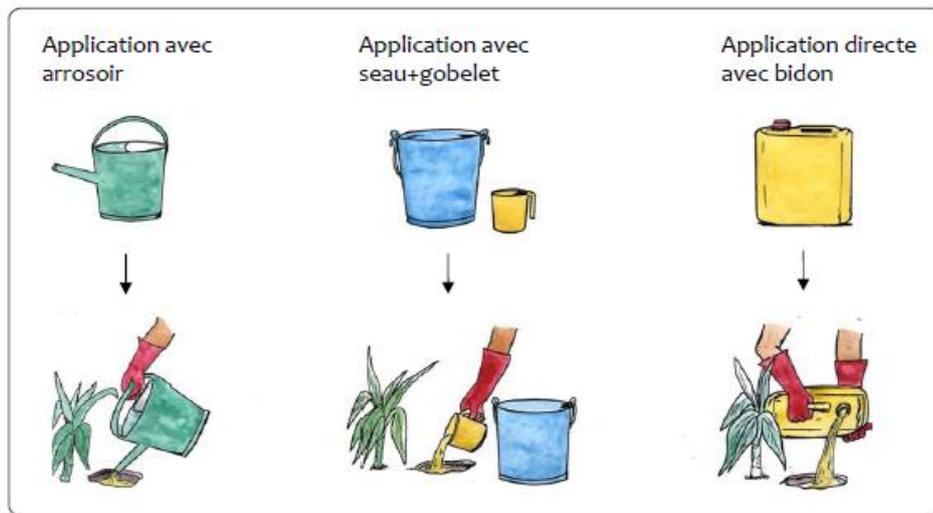


Figure 17. Matériel utilisé pour l'application d'urine comme engrais liquide

b. Méthode d'application

Pour une meilleure fertilisation, l'urine est aussitôt incorporer au sol afin d'éviter les pertes en ammoniac. Pour l'application de l'urine par poquet, il faut faire une raie à coté ou autour du plant à l'aide d'une binette ou tout simplement un trou à une distance judicieuse du plant (trop près, une toxicité est prévisible, trop éloigné il reste sans effet). La dilution de l'urine avant son application est recommandée; sinon, l'urine risque de brûler les racines de nombreuses espèces (LAMINO, 2006).

Après incorporation d'urine, la raie ou le trou est fermée suivie d'un arrosage avec de l'eau pour éviter des effets de toxicité (FIDA, 2010).

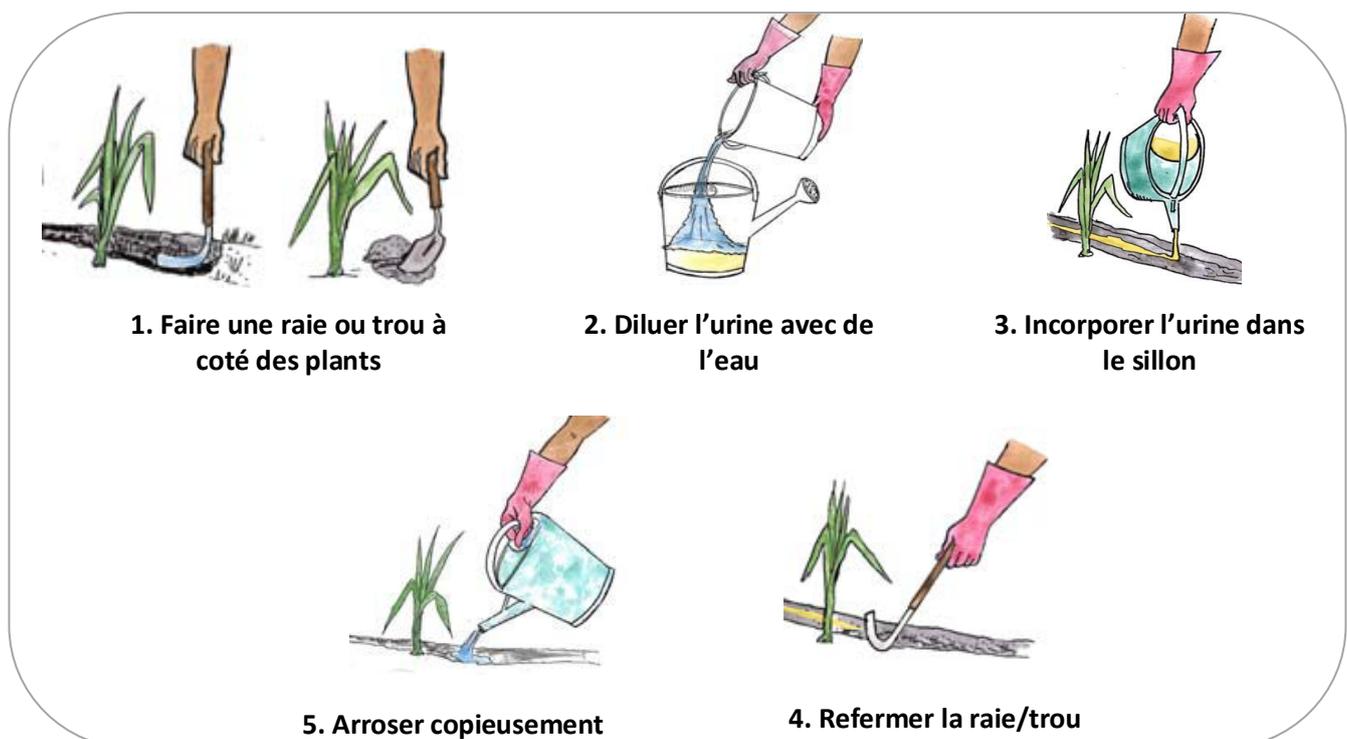


Figure 18. Etapes d'application d'urine au champ (FIDA, 2010)



L'irrigation par aspersion est non recommandée car elle cause la perte en ammoniac par contre l'irrigation au goutte-à-goutte est favorable.

3.2.2. Fréquence et dose d'application de l'urine

Au premier stade d'exploitation, il faut une bonne disponibilité de tous les nutriments importants. Pour cela une 1^{ère} application est favorisée avant les semilles/au semis, ensuite une 2^{ème} application doit avoir lieu environ ¼ de temps entre les semilles et la récolte, enfin une application antérieure peut être programmé selon les besoins de la plante.

Concernant le taux d'application, il varie selon la nature du sol, des plantes cultivées et de la saison. Ce taux est principalement régi par : la quantité de nutriments disponibles, spécialement l'azote; le souci d'éviter toute inhibition de la germination et de la croissance des jeunes pousses ; les limites pratiques du volume qui peut être répandu dans les champs ou incorporé au sol (CREPA, 2006).

3.3 Concept de Barrières multiples

Un corps humain sain produit une urine totalement stérile. L'important dans la réutilisation de cette urine dans l'agriculture est d'éviter sa contamination par des matières fécales.

Quoique le potentiel de l'urine dans la production agricole reste de loin supérieur au risque sanitaire encouru., l'OMS a vu juste de mettre en place un système de barrières flexible pour mieux gérer le risque associé à l'utilisation des urines comme fertilisant.

Le concept de barrières multiples est donc une approche qui permet de déceler les zones conduisant à l'exposition, prévenir les éventuels vecteurs de transmissions de maladies et de là appliquer des barrières sous forme de mesures de sécurité basées essentiellement sur :

- Le traitement adéquat pour l'aseptisation (séparation urine-fèces, stockage et hygiénisation...);
- Le respect des bonnes conditions de manipulation ;
- Le respect du choix des cultures et des périodes d'épandage.

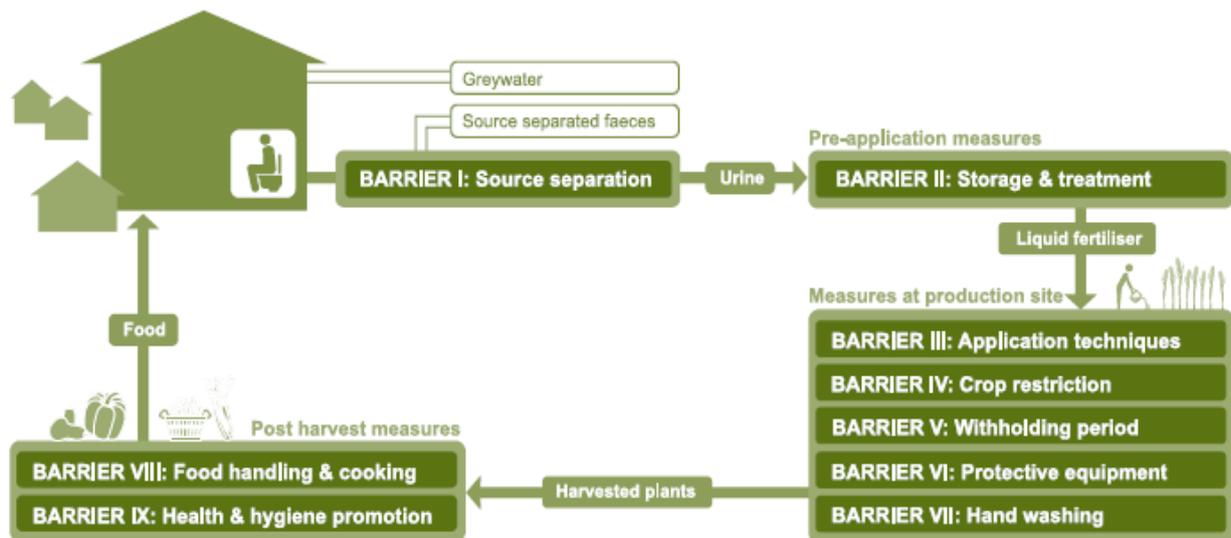


Figure 19. Concept de Barrière multiple pour l'utilisation saine de l'urine comme fertilisant (RICHERT, 2010)

Ce concept comprend une série de barrières partant des systèmes ecosan jusqu'à atteindre la table à manger. Chacune de ces barrières a un potentiel pour minimiser le risque d'utilisation d'urine à un seuil acceptable.

Ces barrières incluent trois zones majeures d'exposition : Système TDSU ; Application au champ ; Post récolte.

1) Toilettes de déshydratation à séparation d'urine :

- *Barrière I* : Séparation urine-fèces au niveau des latrines de TDSU
- *Barrière II* : Stockage et traitement pour l'hygiénisation de l'urine

2) Au Champ

- *Barrière III* : Application technique au champ qui tient compte des spécificités du sol à fertiliser.
- *Barrière IV* : Restrictions sur les plantes à cultiver
- *Barrière V* : Période d'attente entre application et récolte
- *Barrière VI* : Equipements de protection pour les manipulateurs
- *Barrière VII* : Mesures d'hygiène recommandées en fin d'application

3) Produit agricole

- *Barrière VIII*: Manipulation et consommation du produit agricole
- *Barrière IX* : Promotion et sensibilisation sur les questions d'hygiène et santé

Ces barrières font l'objet de mesures sécuritaires visant à réduire le risque de contamination tout en tirant profit du potentiel fertilisant de l'urine.



3.4 Mesures de sécurité

Les mesures de sécurité portent sur deux aspects qui sont : la sécurité sanitaire des manipulateurs et des consommateurs aussi bien que la protection de la plantule.

3.4.1 Sécurité des manipulateurs et des consommateurs :

L'OMS (2006) a publié des directives pour réduire les risques sanitaires concernant la valorisation des excréta humains en agriculture. Depuis la collecte jusqu'à l'application d'urine et la consommation des produits cultivés, c'est autant de barrières qui nécessitent des mesures de précaution afin de minimiser le risque de contamination.

a. Au niveau de l'hygiénisation :

L'urine est en général saine lors de l'excrétion du corps humain, mais peut être contaminé par la matière fécale si les latrines ou les urinoirs qui permettent la collecte d'urine ne sont pas bien utilisés. Le processus d'hygiénisation de l'urine (élimination des germes éventuels) est pourtant assez facile. Une fois le récipient rempli, celui-ci est hermétiquement fermé et conservé pendant au moins 30 jours.

Durant cette période de conservation, l'urée contenue dans l'urine est dissocié pour former l'ammonium/ammoniac. Cette réaction s'accompagne par un changement de pH (qui devient basique) permettant ainsi l'élimination des éventuels germes infectieux. On obtient ainsi l'urine hygiénisée.

Néanmoins, pour les ménages individuels, l'utilisation directe après la collecte est acceptable. Mais, le stockage demeure nécessaire pour les grands systèmes.

b. Pendant l'application :

En répandant l'urine, il est nécessaire de prendre les précautions liées aux managements de matières potentiellement infectieuses. Parmi ces précautions, il y'a lieu de :

- Utiliser le matériel de protection tel que des gants et des cache-nez;
- Éviter le contact direct avec les sources d'eau de consommation pendant la manipulation ;
- Appliquer l'urine proche du sol ;
- Se laver après avoir fini la manipulation ;
- Garder au moins un mois de délai entre l'application et la récolte des légumes consommés crus ;
- Récolter tous les fruits mûrs avant l'application, pour les cultures à récoltes échelonnées.

3.4.2 Sécurité des plantes :

Il s'agit de protéger la plante pour rendre la production plus rentable. Ces mesures sont essentiellement:

- N'apporter l'urine que sur des plants ayant définitivement repris ;
- Appliquer l'urine selon les modes et doses recommandés ;



- Il est préférable de diluer l'urine au moins 100% si possible ;
- Appliquer l'urine au sol et non sur les plantes ;
- Dans le cas où c'est inévitable d'appliquer l'urine sur le feuillage, une dilution d'au moins 200% suivie par un arrosage copieux est nécessaire;
- Intensifier l'arrosage durant les deux premiers jours suivant l'application;

Le non respect de ces mesures peut entraîner une perte de culture par surdosage ou une phyto-toxicité par contact.

CONCLUSION PARTIE I

L'ecosan est un système à double portée. Il joint l'assainissement à l'agriculture de façon à détourner la principale contrainte du premier (rejets) au profit de la deuxième (engrais vert).

Ce système se porte garant de la :

- Sécurité alimentaire pour les populations;
- Salubrité public (élimination des maladies liées aux mauvaises conditions d'hygiène) ;
- Gestion rationnelle des ressources en eau (système sans chasse d'eau);
- Préservation de l'environnement (nappes souterraine, cours d'eau, sol...) par réduction des rejets dans le milieu naturel et substitution des apports en engrais chimiques.



PARTIE II :

EXPERIENCE DE VALORISATION AGRICOLE DES PRODUITS D'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE AU DOUAR DAYET IFRAH



APERÇU GENERAL SUR LA MISE EN ŒUVRE DE L'ETUDE

L'ecosan est une approche qui implique un recyclage productif et sain des divers rejets de ménages que ça soit : Eaux usées, fèces, urines ou résidus organiques. Ceux-ci sont transformés jusqu'à ce qu'ils soient exempts d'organismes pathogènes et réutilisés dans l'agriculture.

Concrètement, dans une vision plus globale de solidarité, d'équité et de développement durable, le projet intervient au sein du milieu rural, précisément au village Ait Daoud O Moussa dit 'Dayet Ifrah'. Ce village passe pour être un site caractérisé par un manque d'infrastructures d'assainissement adéquates.

Les étapes de cette étude s'annonçant comme suit :

- Mener une campagne de sensibilisation sur la thématique de « Assainissement rural », en faveur des villageois, des associations et des agriculteurs, pour :
 - Rendre les habitants conscients de la problématique de dégradation de leur environnement proche et la contamination des ressources en eau dont ils disposent.
 - Proposer des solutions à travers la valorisation des produits ecosan.
 - Impliquer la gente féminine à la mise en œuvre du projet.
- Tester l'efficacité des produits ecosan dans l'amélioration de la productivité agricole comparée aux engrais chimiques.
- Analyser et présenter les résultats de l'enquête-ménage chez 60 familles et juger de l'impact du projet sur la population du douar Dayet Ifrah.

L'étude ainsi menée comprend deux volets majeurs :

- 1) Un volet agronomique qui s'occupe des modalités de collecte, d'hygiénisation et de valorisation des produits d'assainissement écologique (urines) dans un jardin d'essai réalisé à cet effet ;
- 2) Un volet social qui assure :
 - D'une part la sensibilisation des paysans quant au concept d'assainissement productif,
 - D'autre part l'appréciation du degré d'acceptabilité de l'ecosan par la population locale en menant deux enquêtes-ménage.

CHAPITRE I. PRESENTATION DE LA STATION EXPERIMENTALE :

Village Ait Daoud Ou Moussa

Le village « *Ait Daoud Ou Moussa* » a été désigné site pilote pour la mise en œuvre d'une nouvelle approche d'assainissement ; l'ecosan.

1. Description du site du projet

1.1. Situation géographique

Le village de Dayet Ifrah est situé dans la région du Moyen Atlas sur une altitude d'environ 1700 mètres. Il se situe dans la province d'Ifrane et est située à environ 17 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. (EI KASMI, 2009)



Figure 20. Situation géographique du village de Ait Daoud Ou Moussa (google map)

1.2. Situation météorologique

1.2.1. Climat :

Concernant le climat, l'été est chaud malgré l'altitude, et les orages assurent une humidité et diminuent la sécheresse. L'hiver par contre est froid et pluvieux, de novembre jusqu'à mars, marqué par le gel et la neige.

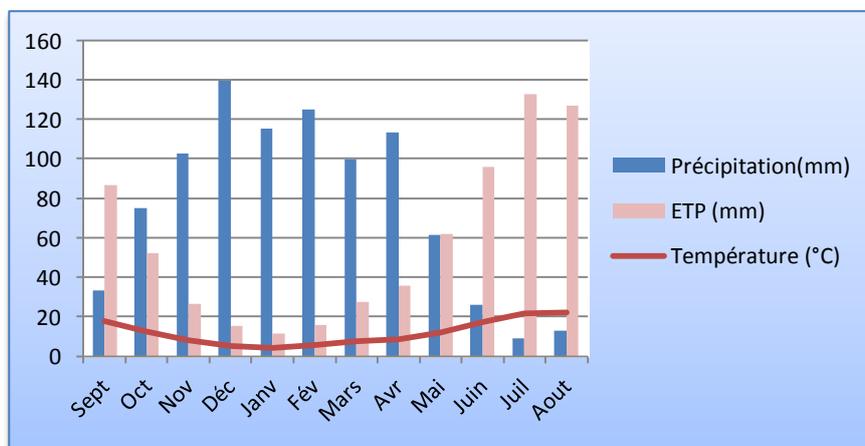


Figure 21. Variation de la moyenne mensuelle des précipitations, température et évapotranspiration ; Données de la station climatologique de la région d'Ifrane Aéroport (Période 1973 : 2003) (DRPE, 2009)

1.2.2 Hydrologie :

Les oueds du Moyen Atlas forment quantités de lacs naturels et artificiels. Depuis Ifrane, une route conduit à Dayet Aoua, établi au cœur d'une réserve naturelle d'oiseaux, puis Dayet Hachlaf, Ait Sidi Mimoune, et Ait Hamou Lhaj, puis se poursuit jusqu'à Dayet Ifrah, l'un des plus grands lacs de la région où l'on peut contempler des hérons cendrés, des aigrettes ou des grues.



Photo 4. Lac Dayet Ifrah faisant partie de l'aire « parc naturel d'Ifrane » à protéger.

1.3 Situation socio-économique

1.3.1. Population

La population berbère est estimée à 1 500 habitants avec une moyenne de sept personnes par ménage (*Enquête, 2011*)⁵. Le taux d'analphabétisme est assez élevé ; il est de 68 %. Il atteint chez les âgées de plus de 50 ans 55,6 % chez les hommes et 81,4 % chez les femmes. Ces dernières s'occupent des travaux domestiques principalement cuisiner, ramener l'eau ainsi que le bois pour le chauffage. Pendant leurs temps libres elles exercent l'artisanat du tapis.

1.3.2. Habitat et infrastructures

L'habitat est de type dispersé et les constructions sont traditionnelles en pierre dure. Les accès aux différents douars se font par des pistes. Le village dispose de quelques infrastructures tel que:

- Trois écoles d'enseignement primaire
- Trois mosquées
- Un dispensaire qui n'a jamais repris ses activités par absence de l'autorisation du ministère de la santé
- Un club des femmes et une maison de jeunesse réalisés dans le cadre de l'INDH.
- Trois forages réalisés dans le cadre du PAGER.

Le village a accès à l'électricité et à l'eau potable via des bornes fontaines constituées d'un forage de 102m relié à un petit réservoir et desservent 7 bornes fontaines. Ce système d'alimentation en eau potable,

⁵ Donnée de l'enquête-ménage effectuée à Dayet Ifrah du 28 Mai au 5 Juin 2011.

géré par une association d'usagers d'eau, couvre les besoins de l'agglomération Dayet Ifrah (EL KASMI, 2009).

On note, toutefois, que le village manque d'infrastructure de collecte et traitement des produits d'assainissement. Ainsi, plus de 30% des ménages sont dépourvu de tout système d'assainissement, le reste des villageois quant à eux disposent de puits perdus (*Enquête, 2011*).



Photo 5. Illustration de la situation précaire de l'assainissement à Dayet Ifrah

1.3.3 Agriculture

L'agriculture et l'élevage constituent la seule source de revenu du village. L'agriculture concerne le maraîchage, le blé et l'orge, les vergers (pommiers) mais surtout la culture de la pomme de terre.

Les cultures telles : Menthe, Persil, Aubergine, Piment... sont utilisées pour la consommation personnelle.

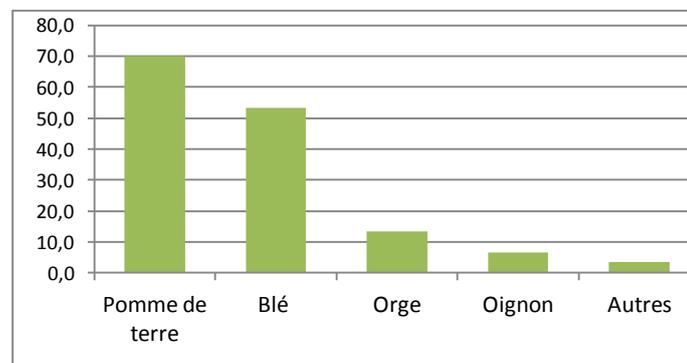


Figure 22. Cultures dominantes au village de Dayet Ifrah (Enquête, 2011)

Cependant la qualité des terres et les pierres qui les couvrent rend difficile l'exploitation agricole. En effet, seulement 30 % des terres sont actuellement exploitées (EL KASMI, 2009). Pour combler ce manque, les villageois recourent à l'élevage, activité importante dans la région et concerne les ovins et les bovins.

1.3.4 Autres activités

L'artisanat du tapis, l'exploitation forestière le transport et le tourisme (limité par le faible réseau routier) constituent des ressources complémentaires. Dayet Ifrah fait partie du circuit touristique des



Dayats dans la région. Cependant, le manque d'infrastructure empêche son développement (EL KASMI, 2009).

2. Projet pilote du village de Dayet Ifrah

2.1. Genèse du projet

Appuyé par la Chaire UNESCO « Eau, Femmes et Pouvoir de Décisions », l'ONEP et l'Université Al Akhawayn à Ifrane (AUI), le programme AGIRE du SEEE et de la GIZ a initié la planification et la mise en œuvre du projet pilote d'assainissement écologique dans la perspective d'améliorer les conditions de vie au village de Dayet Ifrah.

En 2009, une enquête a été élaborée pour la collecte de données utiles à la réalisation du projet sur le site de Dayet Ifrah. Les villageois ont été tenus informés du projet, à travers des séances de sensibilisation. Les données recueillies ont été analysées afin de déterminer les ménages qualifiés et engagés à recevoir un ouvrage pilote d'assainissement écologique.

En 2010, les travaux de réalisation des ouvrages ecosan ont démarré. Les résultats Les résultats font état de l'aménagement au village de quatre TDSU, deux digesteurs et cinq filtres plantés ont été aménagés au village.

En 2011, vient la phase d'évaluation du bon fonctionnement des installations aménagées au village et la valorisation des produits ecosan.

2.2 Choix d'implantation du projet

Le village de Dayet Ifrah pour le projet pilote ecosan a été choisi pour les raisons suivantes :

- Le besoin en assainissement existe dans le village : la majorité de la population disposant d'un assainissement n'a pas d'installations sanitaires adéquates, le reste de la population défèque dans la nature ;
- 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 des produits ECOSAN en agriculture car environ 95% de la population pratique l'agriculture comme activité principale.
- L'intégration du volet assainissement dans le cadre du programme AGIRE ainsi que du projet global de développement durable à Dayet Ifrah initié par la Chaire UNESCO et l'Université Al Akhawayn (ABERGHAI, 2009).

CHAPITRE II. REALISATION D'UN JARDIN D'ESSAI POUR LA VALORISATION AGRICOLE DES PRODUITS ECOSAN

Le projet du jardin de démonstration, consiste en la valorisation des produits collectés par un système de TDSU (toilettes de déshydratation et séparation d'urines). Ces produits sont stockés et hygiénisés pour éliminer les éventuels pathogènes faisant atteinte à la salubrité humaine.

Le principe de la valorisation est simple : l'urine utilisée comme engrais liquide permet de nourrir les plantes en azote, en phosphate et en potassium, chose qui présente plusieurs avantages :

- ✓ C'est gratuit, alors que pour les NPK il faut en acheter
- ✓ On substitue l'urine aux produits chimiques qui polluent les eaux souterraines
- ✓ Le sol en est plus fertile et le rendement meilleur à long terme

Ainsi, la réalisation du jardin d'essai permet de tester l'intérêt de la réutilisation de l'urine en fertilisation agricole, les résultats obtenus feront l'objet d'une évaluation de rendement agro-économique.

1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude permettra d'évaluer l'effet de l'application de l'urine sur la croissance d'une culture, le Navet, faisant figure d'exemple.

1.1 Préparation du terrain



Photo 6. Site d'expérience



Figure 23. Situation du jardin d'essai lieu l'expérience de valorisation agricole au village Ait Daoud ou Moussa

1.1.1 Caractérisation du sol :

Il s'agit d'un sol calcaire, on le perçoit nettement à sa couleur blanchâtre, d'aspect crayeux. La terre, légère et claire, se dessèche rapidement surtout en été, avec des craquelures caractéristiques. Aussi caractérisé par la présence abondante de cailloux, qui remontent en permanence à la surface.



Photo 7. Prise au jardin d'essai donnant une appréciation visuelle du type du sol

Le sol calcaire est caractérisé par sa grande perméabilité à l'eau ce qui favorise la pénétration des gelées. En outre, le calcaire permet la décomposition de la matière organique, et favorise l'assimilation des engrais.

1.1.2 Echantillonnage et analyse du sol⁶ :

Le sol, dont la composition est inconnue, doit être pris en considération lors de la détermination des apports à faire. A cet effet, une analyse pratiquée sur un échantillon de terrain permet d'apprécier les caractéristiques du sol du jardin, notamment sa fertilité en matière d'azote.

Ainsi, la richesse du sol en nutriments doit être appréciée afin d'y remédier par l'apport d'engrais et d'amendements en qualité et quantité convenables.

a. Prélèvement

Le prélèvement de l'échantillon détermine en partie les résultats de l'analyse. Il faut que l'échantillon soit représentatif. Le mélange est constitué d'environ 200 g de terre prélevée.

Le nombre de prélèvements à effectuer dépend de la superficie du terrain : l'échantillonnage s'est effectué sur tout le terrain, à raison de six échantillons recueillis à plusieurs endroits en surface et en profondeur.

b. Préparation de l'échantillon

On a recouru au tamisage de l'échantillon pour éliminer les grosses particules. Ensuite on laisse sécher l'échantillon.

⁶ Laboratoire de pédologie, Centre de recherche forestière. Rabat (Mai 2011)

c. Minéralisation

L'échantillon préparé est pesé et 2g de sol transvasés dans un matras de 100ml. Environ 1g de catalyseur de minéralisation et 10ml de H₂SO₄ concentré sont rajoutés. Le tout est bien homogénéisé.

Le matras est ensuite porté sur la rampe et chauffé à 6°C et agité jusqu'à destruction de la matière organique (2heures jusqu'à coloration vert pale). Après quelques minutes de refroidissement, 25 ml d'eau distillée sont ajoutés.

d. Distillation

Durant ce procédé, on ajoute 50ml de solution de NaOH à 40% et on fait en sorte d'adapter le matras à l'appareil de distillation. L'ammoniaque dégagée est dosé dans un bécher de 250ml contenant environ 50ml d'eau distillé, avec la solution de HCl N/70, en présence de 2 à 3 gouttes d'indicateur de Tashiro. L'indicateur vire de la couleur verte à une coloration violette en fin de titrage.

En parallèle, on effectue un témoin avec le catalyseur de H₂SO₄ concentré, la distillation et le dosage se font dans les mêmes conditions que sur le sol.



Photo 8. Echantillonnage, conditionnement et analyse du sol

1.1.3 Travail du sol

Il est à signaler que la surface octroyée est estimée à 700m² soit (7mx100m). Le labour du sol, essentiel pour l'élimination des pierres et cailloux et aération des couches superficielles pour faciliter l'incorporation des engrais, a été effectué mécaniquement à l'aide d'engin tracteur, avec des disques racleurs de près de 50cm de diamètre.



Photo 9. Prise lors du labour du sol au village de Dayet Ifrah avec un engin tracteur

Après cette première phase, le sol restant dur, est exposé au soleil pour assécher les roches et faciliter le second labour.

Le sol est nivelé, dans un deuxième temps, en couvrant les creux et les bosses qui ont été créés au passage de l'engin et en brisant toutes les mottes de terres indésirables, pour le rendre parfaitement plat et faciliter ainsi l'obtention d'une levée homogène. Une fois le terrain aplati, la surface a été affinée pour permettre aux graines de germer dans une terre légère. Aussi, un terrassement des parcelles a-t-il été réalisé afin de contrecarrer l'effet pente.

Ces interventions visent à :

- L'ameublissement du sol d'où une meilleure circulation de l'eau et l'air et un meilleur développement des racines des cultures.
- L'augmentation de la rétention en eau du sol suite à l'application de matière organique, ce qui contribue à une alimentation hydrique des plantes.

1.1.4 Dimensionnement des parcelles :

Le dimensionnement des parcelles est établi en fonction des traitements envisagés. Des répétitions au nombre de trois sont considérées pour une analyse statistique des résultats obtenus. L'effet de bordure est important à respecter pour éviter les interférences entre les traitements établis.

Ainsi, l'organisation du terrain en parcelles s'est effectuée par :

- La mise en place des limites de parcelles et blocs ;
- Le dimensionnement optimal des parcelles dépendamment des cultures envisagées ;
- L'alternance et la répartition de différents traitement au sein d'un bloc de parcelles (en gardant en vue l'effet parcelle et éviter de même l'effet bordure) ;
- Le positionnement des entrées de champs pour permettre un accès facile.



Photo10. Travaux de dimensionnement et délimitation des parcelles

Tableau 3. Exigences culturelles du Navet (SKIREDJ, 2003)

CULTURES	NAVET BLANC 
Classification Botanique⁸	Plante bisannuelle à racines, appartenant à la classe des <i>Magnoliopsida</i> ; l'ordre des <i>Capparales</i> ; la famille des <i>Brassicacées</i> ; le genre <i>Brassica</i> , l'espèce <i>Brassica rapa</i> .
Préférence climatique	Résistant au gel à saison froide, le Navet présente une bonne croissance entre 10°C et 20°C avec un optimum à 27°C.
Préférence au sol	Large adaptation à différents types de sols, avec une légère préférence au sol sablo-limoneux, bien drainant et sans obstacle en profondeur. La culture ne tolère pas la forte salinité, le pH optimal du sol est de 6-6,8.
Exigence en eau	Cultures peu exigeantes (200-300 mm eau/cycle)
Besoins en nutriments (NPK)	En apport de fond : 70Kg N+ 90 kg P ₂ O ₂ + 120 K ₂ O kg /ha. En couverture de 20kg N+ 50kg P ₂ O ₂ + 30 K ₂ O kg /ha.
Durée du Cycle	45 jours
Consommation	La partie consommable est la racine charnue, riche en calcium et vitamine K.

1.2.2 Mise en culture

Le semis est réalisé directement et prend place définitivement. Le navet est dispersé sur toute la surface du bassin à une densité de 40 000 à 60 000 pieds/ha.(SKIREDJ, 2003).Le roulage du sol permet d'avoir une bonne uniformité d'humectation des graines et de leur germination.



Photo 11. lors des travaux de mise en culture du Navet

⁸ Carl Von Linné, 1753

1.3 Choix des traitements

En tenant compte de la variable de l'étude qu'est l'urine, on a pu identifier un certain nombre de traitements à exécuter. Les plantes ayant des besoins nutritifs précis, on doit satisfaire ces besoins par des doses qui les encadreraient : **50%, 75%, 100%, 150%, 250%** et qui permettrai de visualiser les différents états d'évolution de la culture allant de la carence vers la toxicité.

Ces traitements ainsi déterminés seront mis en confrontation avec la situation réelle entre autre ; les pratiques agricoles au Douar.

1.3.1 Témoin absolu

Le témoin absolu permet d'évaluer l'intérêt des apports en urines. Il s'agit de la référence choisie : le témoin passera par les mêmes étapes d'expérience sauf qu'il sera privé de tout apport externe en fertilisants.

1.3.2 Engrais chimique

Le fertilisant chimique utilisé dans l'étude est l'engrais ternaire complexe granulé NPK (7-12-7 C) dont l'utilisation est répandue au Maroc.

L'application des engrais chimiques sert à comparer leur effet en parallèle à l'usage d'urine en tant que fertilisant écologique.

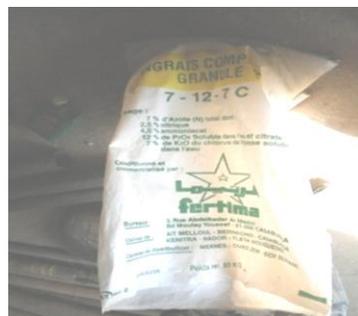


Photo 12. Engrais NPK 7-12-7 utilisé pour fertilisation au jardin d'essai

1.3.3 Urines humaines

a. Séparation et collecte :

La collecte d'urine se fait via des latrines ecosan ; cuvette conçue pour faciliter la séparation de l'urine et des matières fécales.



Photo 13. Ouvrage TDSU construit à Dayet Ifrah (à gauche) et Latrine ecosan (à droite)

b. Stockage et hygiénisation :

L'urine collectée est stockée pour une période d'hygiénisation d'un à deux mois au niveau des TDSU implantées dans le village de Dayet Ifrah.



Photo 14. Bidons de stockage d'urines collectées

c. Récupération du stock

Pour les besoins d'application au niveau du champ, l'urine est récupérée, dans des bidons de 60 litres, à partir des quatre TDSU aménagées au village. Aussi, des bidons de 20 litres remplis d'eau ont été envisagés pour la dilution de l'urine avant son application. Ces récipients à capacité maîtrisée permettent de contrôler les doses exactes à apporter.



Photo 15. Récupération d'urine à partir du stock des quatre TDSU installées au village

1.3.4 Analyse physico-chimique et bactériologique d'Urine ⁹:

a. Prélèvement :

Afin d'apprécier la qualité de l'urine, des échantillons ont été obtenus à partir du stock d'urine, produit d'un ménage disposant de TDSU au douar de Dayet Ifrah. A cet effet, une pompe a servi d'outil pour l'homogénéisation et le prélèvement des échantillons.

b. Analyse Physico-chimique :

L'urine, a fait l'objet d'un dosage des NPK pour une application qui tient compte des besoins des plantes en nutriments :

-Azote (N)

Le dosage de l'azote se fait par la méthode *Kjeldahl*, qui permet de déduire l'azote organique à partir de la mesure de l'azote Kjeldahl et de l'azote ammoniacal.

-Phosphore et Potassium (P, K)

La mesure de phosphate P et potassium K est assurée par une technique de spectrométrie d'émission atomique.



Photo 16. Prélèvement et analyse des éléments nutritifs contenus dans l'échantillon d'urine

c. Analyse bactériologique d'urine

Les indicateurs de pollution fécale pris en compte dans l'analyse sont : les coliformes (dits coliformes totaux (CT)), les coliformes thermo-tolérants (CTT) et les streptocoques fécaux (SF).

Les méthodes classiques utilisées pour la détermination des indicateurs de pollution fécale sont :

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

Les critères de choix d'une technique dépendent de l'origine, de la nature du produit à examiner et du coût des analyses relatives.

⁹ Laboratoire central. Office National d'eau potable (ONEP), Rabat. Juin 2011.



1.4 Application des fertilisants

1.4.1 Application d'engrais NPK

Pour retrouver la dose d'engrais à fournir, les nombres imprimés sur le sac de 50 kg sont divisés par 2. En utilisant l'engrais (7-12-7), nous aurons les quantités suivantes d'éléments nutritifs :

-7/2 : 3,5 kg N (quantité d'azote)

-12/2 : 6 kg P (quantité de phosphore)

-7/2 : 3,5kg K (quantité de potassium)

Au total 13 kg d'élément dont 3,5 kg N pour un sac de 50 kg soit **70g /kg de NPK**.

L'apport de NPK tient en compte des besoins des plantes en zote, il est appliqué après semis par dissémination sur la surface parcellaire (6m²).

Tableau 4. Apport d'engrais établi en fonction des besoins spécifiques du Navet

Culture	Besoin réel en N (kg/ha)	Quantité d'engrais (g /m ²)	Quantité d'engrais (g/parcelle)
Navet blanc	90	128,6	771,6

1.4.2 Application d'urine

L'application de l'urine prendra en considération trois paramètres :

1. La méthode d'application : se fera de manière à éviter l'application directe et respecter les règles de sécurité alimentaire.
2. Le taux d'application : quantité d'urine ajoutée dépendamment des besoins de la plante, sa densité par unité de surface et la composition du sol en nutriment.
3. Le temps d'application : la quantité d'urine ainsi déterminée sera fractionnée dans le temps, pour répondre aux besoins des plantes à différents stades, mais aussi pour se faire une idée du degré d'assimilation des nutriments par la plante.

a. Techniques d'application :

Pour une meilleure fertilisation, l'urine doit être incorporé dans le sol (peu profond) aussitôt que possible, cela permet d'une part d'éliminer les odeurs et d'éviter la génération d'aérosols.

L'application se fait le long de sillons, à 20cm des plantes suivi d'un arrosage copieux. Ensuite, ces raies sont couvertes avec de la terre. L'apport d'azote est réalisé de manière à éviter l'application sur les

feuilles ; chose qui peut causer des brûlages foliaires ou encore l'aspersion d'urine, chose qui peut générer des pertes en ammoniac. (CREPA, 2006)



Photo17. Méthode d'application d'urine. A gauche : réalisation de sillons, à droite : Croissance après la 2^{ème} application d'urine

b. Taux d'application

Dans cette étude, les apports en nutriments se résument à l'azote. C'est un élément indispensable pour assurer un bon développement foliaire et une croissance des tubercules chez les plantes (FAO, 2005).

L'optimisation de la dose d'azote à apporter passe par la réalisation d'un bilan à la parcelle, en ayant connaissance du reliquat et des besoins (*fonction de la variété et de la destination*). Ce bilan est nécessaire pour concilier "rendement et qualité " et pour éviter les conséquences d'une « sur fertilisation ».

Le bilan est décrit comme suit :

Besoin total en azote - fournitures du sol = Dose bilan —→ Apport d'urine (TERNYNCK, 2008)

Tableau 5. Apports d'urine en fonction des traitements réalisés.¹⁰

Traitements d'urine	50%	75%	100%	150%	250%
Apports d'urine (l/m ²)	0,75	1	1,5	2,25	3,75

Ainsi, le besoin du Navet en Azote étant de 90kg/ha (A. SKIREDJ, 2003), la quantité d'urine nécessaire pour sa fertilisation est de 1,5 litres/m²; soit **9litres** au niveau de la parcelle (6m²). Ceci correspond à un apport répondant à 100% des besoins du Navet en azote.

La dilution utilisée pour la fertilisation des cultures est **1:2** soit 2 volumes d'eau pour un volume d'urine (FIDA, 2010).

¹⁰ Basé sur les résultats calculés à partir de l'analyse d'urine et du reliquat azoté dans le sol.

c. Temps d'application

Aux premiers stades d'exploitation, il est indispensable de veiller à la bonne disponibilité de tous les nutriments importants tout au long de la croissance des plantes. Ainsi l'application est répartie sur deux périodes:

- ✓ 1^{ère} application: une semaine après semis
- ✓ 2^{ème} applications: à environ une semaine de la 2^{ème} application

L'application définitive d'urine a été accomplie avec une période d'attente d'un mois entre les semilles et la récolte; calendrier surtout recommandé pour les cultures consommées crues (CREPA ,2006).

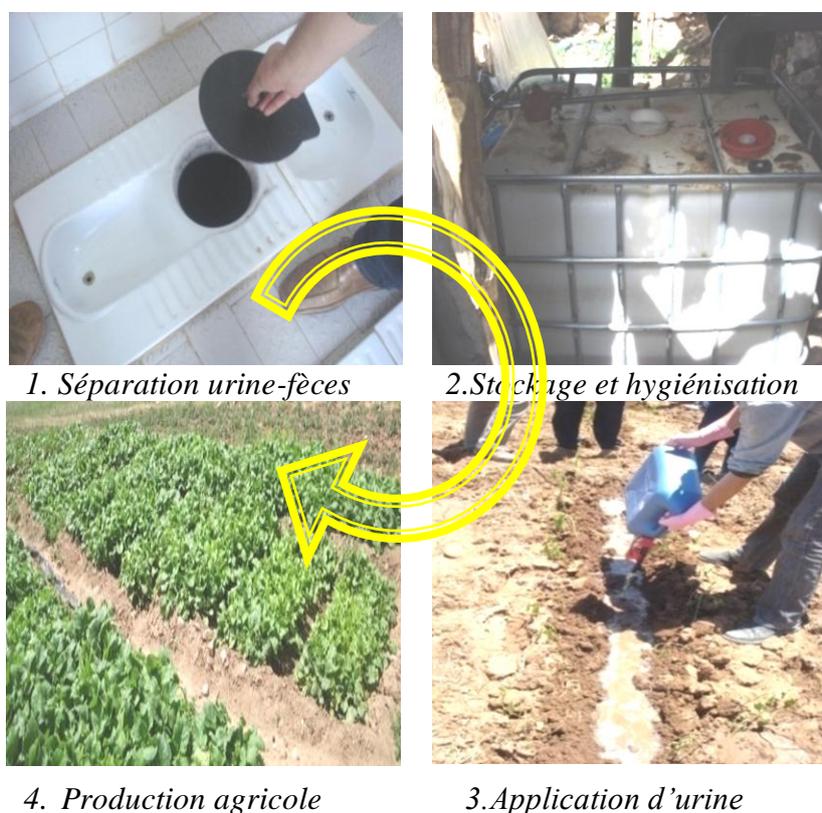


Photo 18. Cycle de mise en œuvre de la valorisation agricole

Le cycle ci-dessus, présente succinctement, les étapes de réutilisation des urines en fertilisation et ce à partir de leur séparation et stockage au niveau des TDSU, jusqu'à leur collecte et application au niveau du champ (les détails de l'application sont reprises dans le **Tableau 6**).

Tableau 6. Procédé d'application d'urine au Navet

Plante	Application d'urine	Volume total d'urine	Nombre d'applications	Dose par application	Période d'application
Navet	-Tracer sillon. -Appliquer l'urine et fermer sillon. -Diluer 1 part d'urine contre 2 parts d'eau. -Bien arroser après application.	1,5 litres / m ²	2	0,75 litres / m ²	Première application 1 semaine après semis et au début de la montaison

d. Mesures de protection pour l'application de l'urine (CAROLINE, 2004) (CREPA, 2006).

Au cours de la manipulation de l'urine, certaines mesures de précautions ont été prises en considération afin de ménager les éventuels risques qui peuvent découler de l'utilisation des produits ecosan en agriculture.

Ainsi l'urine a été :

- Appliquée, diluée à l'eau ou arrosée après application ;
- Introduite à ras du sol afin d'éviter la formation d'aérosol ;
- Incorporée en l'enterrant dans le sol et arrosé ensuite avec de l'eau.

En ce qui concerne les Pratiques additionnelles quant aux agriculteurs, il leur a été recommandé de :

- ✓ Porter des gants et cache-nez lors de la manipulation ;
- ✓ Impliquer le moins de contact possible avec les produits ecosan ;
- ✓ Bien laver les mains après l'application ;
- ✓ Laver le matériel utilisé pour éliminer les traces d'urine.



Photo 19. Agriculteur œuvrant à l'application d'urine en prenant en adoptant les mesures de sécurité (Combinaison, port de gants et cache nez)

1.5 Entretien des cultures

1.5.1 Irrigation :

L'aspersion est utilisée pour arroser les cultures et ce jusqu'à obtention de levée, après quoi l'irrigation se fait par gravité, via tuyaux qui longeront les bassins par alternance et permettront des apports réguliers à une fréquence de 1 à 2 fois par semaine selon les conditions ambiantes.



Photo 20. Arrosage du terrain après mise en culture

1.5.2 Démariage :

Après l'application d'urine, la densité des cultures au niveau des poquets a été réduite pour garder un niveau de croissance optimale.

1.5.3 Désherbage :

Les mauvaises herbes constituent un refuge aux pucerons vecteurs de virus (ILLIASSOU, 2009). Il a été donc question de procéder au désherbage, manuellement, pour favoriser une bonne croissance des cultures et prévenir d'éventuelle contamination par des insectes ravageurs ou autres.

1.6 Observations et Echantillonnage

L'échantillonnage des cultures traitées préalablement par les produits d'assainissement écologique permet de déterminer l'efficacité de ces produits Eco dans la fertilisation agricole.

1.6.1 Modalités d'observation :

Basées sur :

- ✓ Hauteur du pied
- ✓ Poids frais
- ✓ Rendement en biomasse totale

1.6.2 Prélèvement :

A la récolte, les mesures des composantes du rendement se fait sur la même base d'échantillonnage : on mesure la biomasse totale sur une placette représentant environ $0,25\text{m}^2$ dans une parcelle de 6m^2 tout en évitant les bordures (GUERIF, 1990).

L'échantillon ainsi prélevé est classé en fonction du traitement effectué et de son appartenance à un bloc donnée.



Photo 21. Délimitation de la surface à prélever lors de l'échantillonnage du Navet

Le rendement en biomasse sèche est évalué après récolte. Les échantillons des 27 parcelles sont prélevés selon les traitements effectués, ils sont séchés au soleil pendant une semaine à dix jours (ILLIASSOU, 2009). Le pesage est fait par échantillon et par traitement.

Le rendement est exprimé en nombre de plants/m² corrigé par la densité des pieds/m² et la surface de prélèvement de l'échantillon, le tout ramené au kg/ha (VANDENDRIESSCHE, 2007).

1.6.3 Récolte :

La récolte est réalisée au terme du cycle de culture. La production a été distribuée en faveur des familles des ouvriers-agriculteurs qui ont assisté aux travaux du jardin depuis le démarrage du projet en récompense de leurs efforts.



1. Une semaine après semis 2. Lors de la 2ème application 3. Au moment de la récolte

Photo22. Evolution de la croissance du Navet après utilisation des produits d'assainissement écologique (Urine)



2. RESULTATS

Le projet de valorisation agricole a pour vision non seulement la préservation de l'environnement et la salubrité publique mais contribue de même à l'amélioration de la productivité agricole tout en réduisant les coûts d'exploitation.

Les analyses physico-chimique et bactériologique effectuées sur les échantillons d'urine permettent de juger de la qualité du produit en matière de nutriments (NPK) mais aussi dénoter de l'utilité du stockage comme processus d'hygiénisation donnant lieu à un produit sain.

Quant à l'analyse agro-économique, c'est un outil indispensable pour apprécier la valeur ajoutée des produits ecosan en agriculture. Cette démarche permet de :

- Evaluer le coût de montage du projet et afficher le gain qui en ressort ;
- Chiffrer la production agricole du projet ;
- Comparer le rendement issu des différents traitements effectués ;
- Dégager les doses d'urine qui donnent des résultats optimaux ;
- Etablir le coefficient d'équivalence permettant d'estimer la quantité d'urine nécessaire à partir des quantités d'engrais généralement employées ;
- Tirer des conclusions quant à l'apport d'urine en fertilisation agricole par rapport aux engrais conventionnels ;
- Sortir avec des recommandations pour l'optimisation du système en matière de charges et techniques déployées.

2.1 Résultats d'analyse d'azote dans le sol ¹¹

En fonction de la prise d'essai de sol, le taux d'azote est exprimé en N% de la façon suivante :

$$\% N (g) = (n-T) \times (0.014/70) \times 1000 \times N / p$$

Avec :

N% = pourcentage d'azote total

n = Volume de HCl (N/70) utilisé pour doser l'échantillon

T = Volume de HCl (N/70) utilisé pour le témoin.

0,014 = quantité de N (en g) correspondant à 1ml de HCl 1N

1/70 = Normalité de HCl utilisé pour le dosage

1000 = Coefficient pour ramener le résultat à 1000g de sol

P= prise d'essai de sol (en g) = 2g

¹¹ Laboratoire de pédologie, Centre de recherche forestière. Rabat (Mai 2011)

Tableau 7. Résultats obtenus après dosage d'azote dans le sol par la méthode de Kjeldahl

Echantillons	Dosage d'azote	
	Volume de titrage (ml)	N pour mille
Ech 1.S (surface)	1,90	0,19
Ech 1.P (Profondeur 30cm)	2,90	0,29
Ech 2.S	3,00	0,30
Ech 2.P	3,50	0,35
Ech 3.S	2,50	0,25
Ech 3.P	5,40	0,54

NB : N% = pourcentage d'azote total et volume de titrage = Volume de HCl (N/70) utilisés pour doser l'échantillon.

	Moyenne (g de N /kg de sol)	Ecart-type
En surface	0,25	0,06
En profondeur	0,39	0,13

Pour le terrain de Dayet Ifrah : On considère que l'azote total mesuré en profondeur est celui dont puisent les plantes leur besoin en fertilisant. On peut conclure que la teneur en azote total du sol ne dépasse pas les 0,39 g de N/kg de sol.

La concentration d'azote ainsi obtenue permet de comptabiliser le reliquat du sol pour faire le bilan des apports en fonction des besoins des plants considérés.

2.2 Résultats des Analyses d'Urine¹²

2.2.1 Analyse physico-chimique

Les paramètres analysés sont l'azote, le phosphore et le potassium. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

¹² Laboratoire central. Office National d'eau potable (ONEP), Rabat. Juin 2011.

**Tableau 8. Résultats d'analyses NPK dans l'urine (Juin 2011)**

<i>Paramètres</i>	<i>PHOSPHORE</i>	<i>AZOTE</i>	<i>POTASSIUM</i>	<i>SODIUM</i>	<i>CALCIUM</i>
<i>Doses (g/l)</i>	0,36	5,6	1,09	2,52	0,324

Le dosage a concerné l'azote total et les résultats obtenus sont fortement liés aux habitudes alimentaires des villageois. L'azote est connu pour avoir un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. C'est un constituant majeur des protéines, composants essentiels de la matière vivante. Il s'agit donc d'un facteur de croissance, mais aussi de qualité (teneur en protéines) (FAO, 2005)

Quant au taux de phosphore, il pourrait être lié aux apports par des traces des fèces et les cendres qui passent dans les bidons à travers les eaux de nettoyage.

Le phosphore intervient dans les transferts énergétiques (ATP), dans la transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), la photosynthèse et la dégradation des glucides. Cet élément est essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines (FAO, 2005).

Les concentrations du potassium, calcium et sodium présentent des valeurs proches de celles retrouvées dans l'étude de CREPA, 2006.

- Le potassium est très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans le développement racinaire, dans l'absorption des cations (ions positifs, p.ex. NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cu^{++} , Fe^{++}), dans l'accumulation des hydrates de carbone, dans l'activation des enzymes de la photosynthèse, dans le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante (régulation des stomates). C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. (FAO, 2005)

- Le calcium est un constituant important des membranes cellulaires, il joue également un rôle dans la division cellulaire (mitose) et dans le maintien de la structure des chromosomes. Enfin, il est un activateur important d'enzymes et un neutralisant des acides organiques.

-Le sodium joue un rôle mineur dans l'alimentation de la plante mais 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. La concentration du sodium retrouvée après analyse justifie l'élévation de la conductivité dans l'urine (**41925 $\mu\text{s/cm}$**). (FAO, 2005)

En général, la qualité agronomique de l'urine est dépendante du régime alimentaire des villageois.



2.2.2 Analyse bactériologique

L'analyse des échantillons avant et après traitement de 2 mois de stockage est réalisée afin d'apprécier la qualité microbiologique du produit hygiénisé. Les pathogènes recherchés sont les *Streptocoques fécaux (SF)* et les *Coliformes fécaux (CF)*.

Tableau 9. Résultats des analyses microbiologiques

(UCF/100ml)	Echantillon 1		Echantillon 2	
Pathogènes recherchés	SF	CF	SF	CF
Urine fraîche	$2.2 \cdot 10^3$	$3.0 \cdot 10^4$	$2.2 \cdot 10^3$	$3.3 \cdot 10^4$
Après traitement	$1.2 \cdot 10^1$	$1.25 \cdot 10^2$	$0.9 \cdot 10^1$	$1.2 \cdot 10^2$
Taux d'abattement (%)	99.45	99.58	99.59	99.6

Le traitement de l'urine par stockage donne lieu à un taux d'abattement des pathogènes très élevé. Cet abattement est dû à l'alcalinité du milieu ($\text{pH} > 9$), la salinité élevée ($41925 \mu\text{s/cm}$) et la toxicité de l'ammoniac.

A titre d'exemple, pour les normes réglementaires des eaux destinées à l'irrigation, on retrouve : un taux de Coliformes fécaux inférieur à 1000 CF/100ml (**Loi n°10-95 sur l'eau**). Dans notre cas, le produit de fertilisation (urine) hygiénisé affiche des valeurs relevant des normes (120 CF/100ml).

2.3 Evaluation agronomique

Après échantillonnage, les données prélevées ont permis de mener une analyse agronomique basée sur la mesure du poids frais. Ces paramètres ainsi obtenus, donneront lieu à une étude comparative des variables de l'étude (témoins, engrais, urine).

Le traitement des données recueillies sur terrain se fera par le biais de méthodes analytiques, généralement choisies dans la recherche, à savoir :

- Analyse pondérale** : permet de comparer les moyennes pondérales des échantillons, récupérés du jardin d'essai, par type de traitement ;
- Analyse des groupes statistiques** : permet de relever les groupes en commun (affichant des valeurs statistiquement proches) et donne la tendance générale (d'où la plage optimale) ;
- Analyse de variance** : permet de dire si la différence retrouvée entre les différents traitements est significative ou non ;
- Analyse du rendement agricole** : donne une idée sur la productivité des parcelles fertilisées par l'urine par rapport aux témoins.

2.3.1 Analyse pondérale

A partir des échantillons prélevés au champ, des données de poids frais ont été obtenus, ces résultats établis en trois répétitions sont exprimés sous forme d'une moyenne pondérale relevant de chaque traitement. Une fois calculée, la biomasse de chaque traitement sera analysée et comparée pour chaque culture à part.

Le navet récolté a fait l'objet d'application de produits ecosan, les résultats sont illustrés sur la figure ci-dessous :

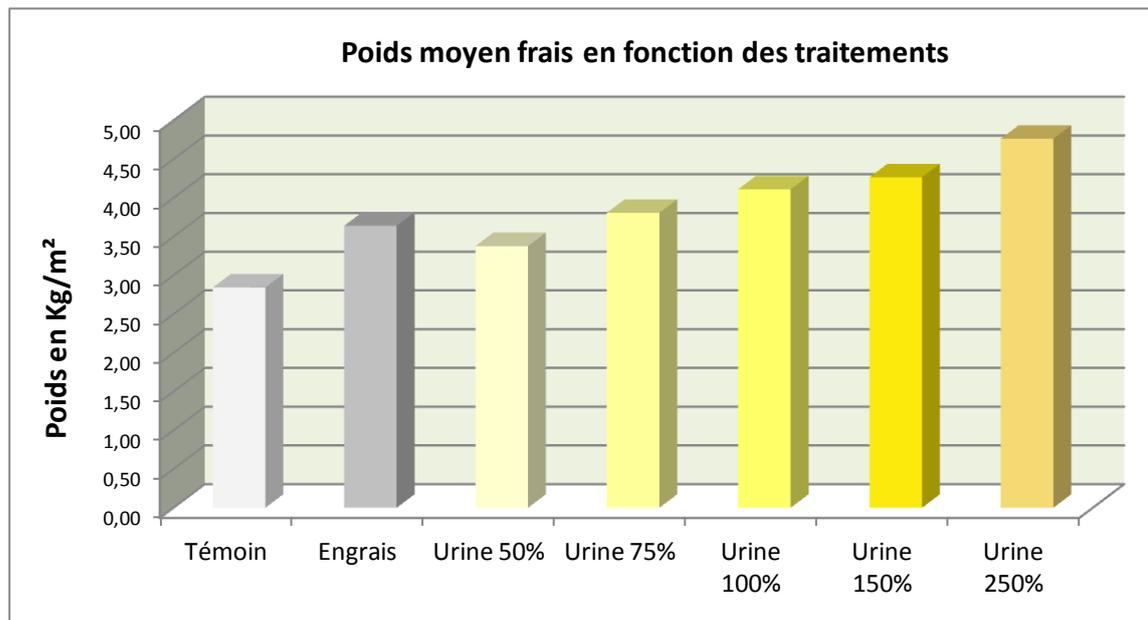


Figure 25. Comparaison de la biomasse obtenue chez le Navet en fonction du traitement correspondant

Comme le démontre le graphe, l'application de l'urine a fait preuve d'une amélioration significative du rendement d'autant plus que la dose administrée se voit croître. Ainsi plus l'apport d'urine est important plus le rendement du navet augmente considérablement.

L'engrais donne de bon résultat ; la biomasse résultante coïncide avec la dose 75% relative à l'urine, chose principalement du aux exigences nutritives de la culture et qui dépassent les simples éléments NPK. Ceci est d'autant vrai, puisque l'urine contient les oligo-éléments qui peuvent, en cas de carence, constituer un facteur limitant pour le développement de la culture (**ESREY, 1998**).

On remarque que déjà à 100% d'urine, le rendement en biomasse est au-delà du seuil qu'affiche la part d'engrais, et à 50% d'urine, largement supérieure au témoin absolu.

Au-delà de 50% d'urine, la croissance du Navet est en constante hausse jusqu'à atteindre les 250%.

2.3.2 Analyse des groupes statistiques

L'analyse des groupes statistiques relève de la statistique de décision qui permet de déterminer si une éventuelle différence existe entre les paramètres de traitements des trois séries d'échantillons à savoir : Urine ; Engrais ; Témoin.

Les graphes ci-dessus, montrent les courbes de tendance ; courbe de Gauss, affichant les groupes homogène présentant des valeurs pondérales 'statistiquement' proches.

La zone qui affiche le plus d'agglomération en matière de traitements est la plus favorable à la croissance de la culture et donc l'effet des doses utilisées y est plus important sur le rendement en biomasse.

Variable	Statistiques Descriptives (Feuille)				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Poids frais (Kg)	7	3,829476	2,842500	4,763500	0,626645

Variable	Statistiques Descriptives (Feuille)				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Poids frais (Kg/m ²)	5	4,064900	3,378000	4,763500	0,516891

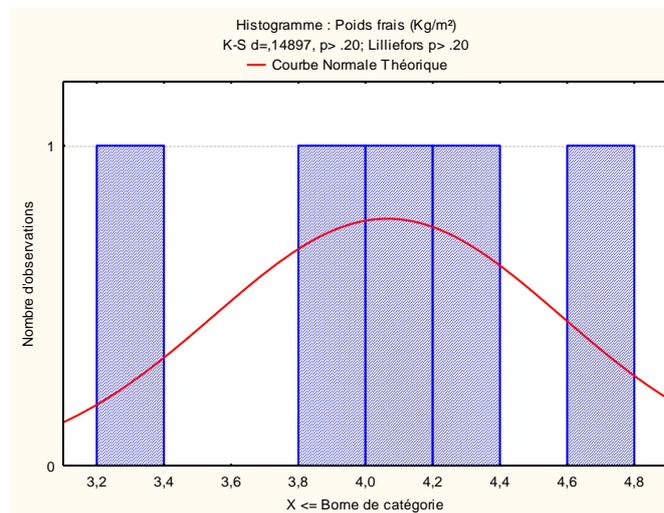
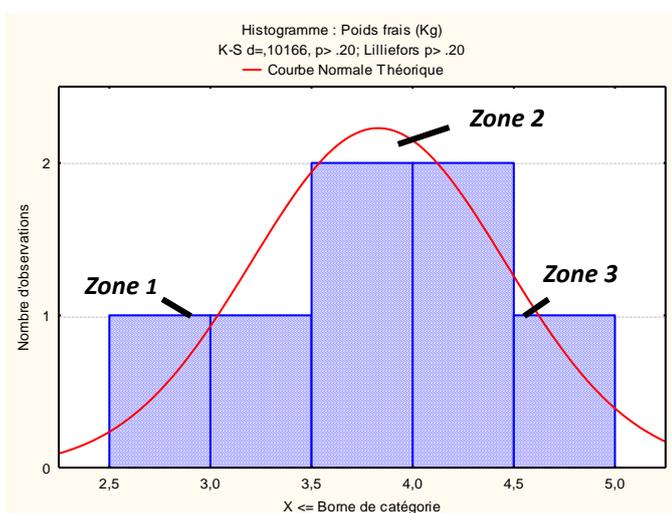


Figure 26. Courbe de tendance montrant l'évolution du rendement du Navet à travers les différents produits traités (A gauche) et des doses d'urine uniquement (Adroite)¹³

On observe trois zones de divergence :

-Zone 1 : Production modérée correspondant aux groupes de traitement encadrant les valeurs 2,5 - 3,4kg/Echantillon, il s'agit du Témoin-Urine 50%.

-Zone 2 : Production importante vacillant entre une moyenne 3,5-4,4Kg/Echantillon avec le nombre de traitement le plus élevé à savoir Engrais-Urine 75%-Urine 100%-Urine 150%.

-Zone 3 : Production importante due au seul traitement Urine 250%, ceci peut être expliqué par la tolérance de la culture du Navet à des doses nutritifs qui dépassent son besoins réel.

Ainsi la plage optimale en dose d'urine pour le Navet se trouve au sein du groupe 2 : **Urine 75%,100%, 150%** et reste à préciser lors d'une expérience plus approfondie.

¹³ Logiciel de traitement des données ; STATISTICA Version 6.0

2.3.3 Analyse de la variance

Avant d'entamer l'analyse de la variance proprement dite, il est nécessaire de définir les principaux paramètres de la série de statistique descriptive, il s'agit des:

➤ **Paramètres de positions :**

- Moyenne* : Somme des valeurs de la variable quantitative (poids frais) sur l'effectif totale (21 Echantillons)
- Minimum* : la plus grande valeur de poids frais obtenus.
- Maximum* : la plus faible valeur obtenue.
- Incertitude sur la moyenne* : renseigne sur la valeur précise de la moyenne.

➤ **Paramètres de dispersion :**

- Etendu de variation* : La différence entre la valeur « max » et la valeur « min »
- Ecart-Type* : Racine carrée de la variance
- Variance* : Moyenne de la somme des carrée des écarts ; mesure la dispersion de la variable de l'étude autour de la moyenne. (BAZAIRI H., 2010)

Tableau 10. Paramètres de statistiques descriptives¹⁴

	Poids Frais_Navet en kg/m ²
Nombre d'échantillon	21
Minimum	2,842
Maximum	4,763
Etendu de la variation	1,921
Moyenne arithmétique	3,829
Erreur type sur la moyenne	0,236
Limite supérieure de confiance à 95%	4,409
Limite inférieure de confiance à 95%	3,249
Ecart-type	0,626
Coefficient de Variation	0,392

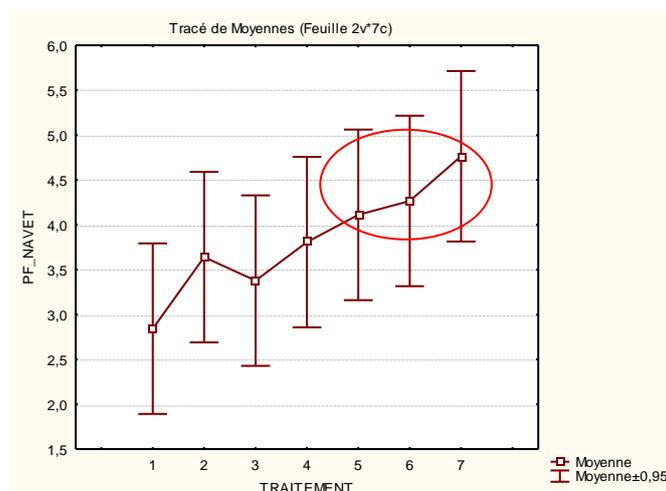


Figure 27. Représentation de la variance des moyennes pondérales en fonction des traitements¹⁵

¹⁴ Logiciel BIOSTAT 6.0

La courbe ci-dessus montre :

-Un accroissement du poids de culture dû à l'accentuation de l'effet urine (Doses graduelles) et par conséquent une amélioration notable en biomasse produite chez le Navet.

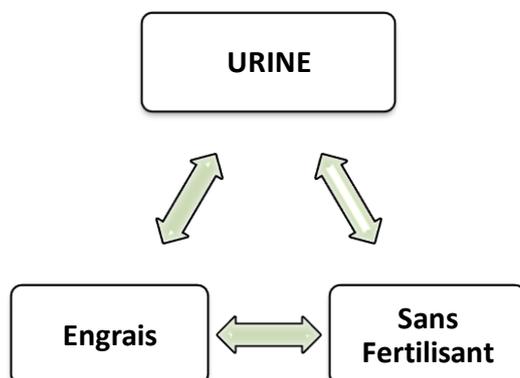
- Le témoin reste notoirement faible, ceci est expliqué par des fournitures restreintes de part le sol et qui ne satisfassent pas les besoins spécifiques du Navet en éléments nutritifs. D'ailleurs, l'appréciation visuelle au champ montre une densité moindre et des feuilles à couleur jaune ; chlorose justifié par le manque d'azote ($0,39\text{gN/kg sol}$) en mesure de provoquer la diminution marquée de la chlorophylle, d'abord des vieilles feuilles puis des jeunes, suivie du ralentissement et de l'arrêt de la photosynthèse. Cela démontre l'importance de la fertilisation azotée en nutrition végétale (FAO, 2005).

- Les valeurs de poids affichant une certaine similitude sont enregistrées pour les traitements : NPK, 75%. On peut dire que déjà à une dose de 75% d'urine on se retrouve avec la même productivité que chez l'engrais. De même, pour les apports croissants d'urine qui donnent une production améliorée par rapport à ceux traités à l'engrais ou n'ayant subi aucun apport (témoin absolu).

-L'augmentation des valeurs pondérales est particulièrement visible à partir de 100% d'urine -150% avec un pic à 250% (zone encadrée en rouge).

Cependant, il est à signaler que la variance de l'ensemble des résultats semble forte ($0,39 > \alpha$ avec $\alpha=5\%$)¹⁶, d'où des écarts-types assez serrés et qui de ce fait ne permettent pas de trancher quant à une différence statistiquement significative entre les traitements au seuil de 5%.

2.3.4 Etude comparative des productions



L'étude de ces trois traitements est basée sur l'apport de la variable principale de l'étude : l'urine.

Ainsi, on compare l'effet-urine à différentes doses par rapport à deux témoins :

-Témoin absolu (sol pauvre en azote)

-Témoin Engrais (NPK)

¹⁵ Les traitements (1, 2, 3...) font référence aux sept traitements (témoin, engrais, urine 50%, 75%, 100%, 150%, 250%) faisant l'objet de cette étude.

¹⁶ α ; représente la probabilité de tomber sur des résultats à différence majeure si je refais le test n fois pour des échantillons de même taille.

a. Production spécifique

La part de la production globale est répartie sur les trois traitements principaux comme suit :

Tableau 11. Production agricole par type de traitement¹⁷

PRODUCTION CULTURE	TEMOIN	Engrais-NPK	URINE 100%
NAVET (T/ha)	28	36	40

Seuls les trois traitements ont été considérés dans le but de comparer leur effet. L'urine 100% est traitée comme la dose la plus représentative de la plage optimale.

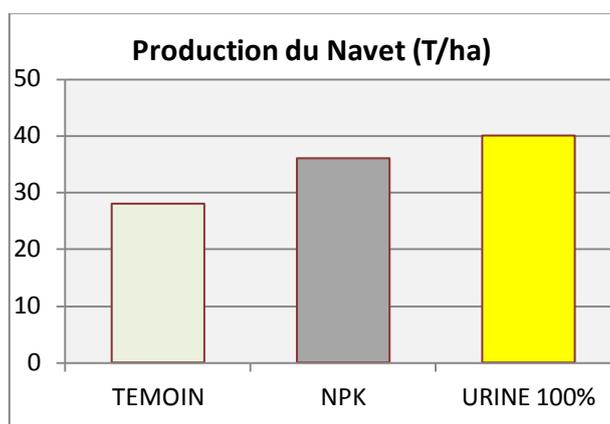


Figure 28. Graphe représentant le rendement en T/ha en fonction des trois traitements majeur : Témoin absolu, Témoin NPK, Apport d'Urine à 100%

La production en biomasse estimée chez les cultures, présente une différence quant aux trois traitements principaux de l'étude ;

-L'urine et l'engrais affichent des taux de production plus importants que chez le témoin absolu, au même titre l'appréciation visuelle des plantes permet de constater une vigueur de croissance plus faible chez le témoin dont témoigne le graphe des hauteurs ci dessous:

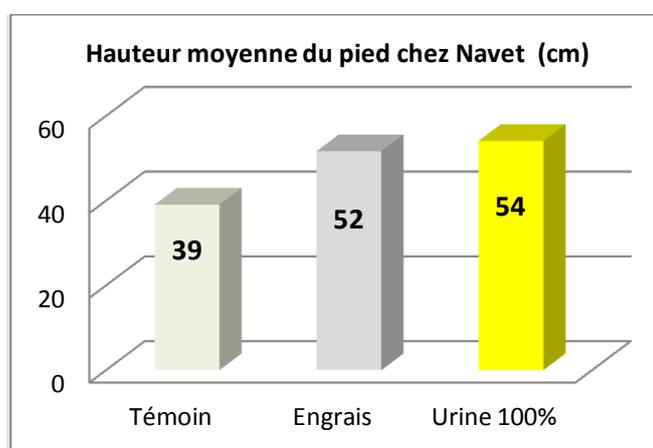


Figure 29. Moyenne¹⁸ des hauteurs des pieds des échantillons de Navet prélevés

¹⁷ Le rendement à l'hectare est le poids de la récolte obtenue sur la surface de la parcelle utile multipliée par 10000m² et divisée par la surface parcellaire.



-L'urine apporté à 100% et l'engrais NPK présentent des valeurs relativement proches, avec une marge de prépondérance pour la dose d'urine 100%. Ceci peut être justifié par le fait que l'urine, en plus de contenir les éléments NPK, renferme d'autres nutriments indispensables à la plante pour sa croissance (LAMINO, 2006).

b. Coefficient d'équivalence :

Le coefficient d'équivalence permet de déterminer la quantité d'urine nécessaire à l'activité de fertilisation agricole à partir des quantités d'engrais généralement utilisées.

Tableau 12. Calcul du coefficient d'équivalence

Quantité d'azote moyen en urine (g N/l)	Quantité d'azote dans Engrais (7-12-7) en g N/kg	Coefficient d'équivalence
5,6 ¹⁹	70	12

Si l'on prend en considération l'engrais utilisé NPK (7-12-7), le coefficient d'équivalence-urine sera de l'ordre de 12. Ainsi, par exemple, lors de l'emploi d'un kilogramme d'engrais par unité de surface, la quantité équivalente d'urine est de 12 litres.

2.4 Evaluation économique

L'estimation économique tend surtout à ressortir le gain que les produits ecosan garantissent par rapport aux fertilisants chimiques.

Sachant qu'une personne produit entre 400 et 500 litres annuellement (ESREY, 2009) et d'après l'analyse d'urine de la population de village on a une valeur proche de 6g d'azote par litre d'urine. Ainsi un ménage (selon l'enquête) composé en moyenne de 6 personnes, produit en conséquence 18 kg d'azote annuellement. Ce qui équivaut à une production de 257 kg d'engrais NPK 7-12-7.

Selon le marché d'*Azrou*, un sac de 50 kg d'engrais coûte 150 Dh soit 3Dhs/kg, dans ce cas le dit ménage peut épargner $257 \times 3 = 771$ Dh/an ; soit 128,5 Dh/personne/an, en réutilisant l'urine comme fertilisant au lieu de l'engrais chimique.

¹⁸ Cette moyenne est obtenue par mesure de la hauteur de pied pour un ensemble de dix échantillons de Navet prélevés sur trois blocs à raison de 30 pieds/bloc réparties par traitement correspondant.

¹⁹ Valeur obtenue au village de Dayet Ifrah,



3. DISCUSSION

Au terme de l'expérience du jardin d'essai et au vu des résultats obtenus, on ne peut que juger de l'importance des produits ecosan en fertilisation agricole mais aussi de part leur gain économique.

En effet, la productivité en biomasse fraîche demeure importante pour les parcelles fertilisées par l'urine et ceci est vrai pour les deux cultures étudiées (Navet, Courgette).

Quant à l'étude comparative des différents traitements, on peut retenir que :

- La production s'améliore avec l'accroissement des apports en urine.
- La différence entre production via urine et production sans apport (témoin) fléchit favorablement vers la première avec une différence s'élevant à 12T /ha.
- Les échantillons fertilisés chimiquement donnent un rendement assimilable aux doses 50% et 75% d'urine.
- A partir de 100%, l'effet de l'urine fait augmenter la production considérablement.
- L'urine renferme bien des éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Na...) qui font qu'elle a plus de valeur agronomique que l'engrais NPK (**LAMINO**, 2006).
- 1kg d'engrais 7-12-7 équivaut à 12litres d'urines gratuites.
- Les valeurs pondérales analysées statistiquement affichent une forte variance au seuil de 5% d'où des moyennes assez proches et présentant des écart-types qui se chevauchent.

L'évaluation économique reposant sur le calcul des bénéfices de l'utilisation de l'urine démontrent que justement, l'urine peut épargner au petit fellah jusqu'à **770 DH** annuellement et ceci contenu de la seule unité fertilisante « Azote ».



CHAPITRE III. EVALUATION DE L'ACCEPTABILITE DE LA VALORISATION AGRICOLE A DAYET IFRAH

Le présent projet repose sur une approche participative avec des fins d'amélioration des conditions de vie des habitants du village. Il s'agit essentiellement d'instaurer le concept ecosan et démontrer que la valorisation agricole est faisable dans le contexte rural. Ainsi, des efforts de sensibilisation ont été déployés pour amener la population à repenser ses habitudes puis agir pour le développement durable de la région.

Au cours de cette étude, une enquête ménage a été menée pour apprécier le degré d'acceptabilité de l'ecosan au sein de la population, cette enquête est basée sur un questionnaire qui relate trois axes majeurs du projet:

- Les efforts de sensibilisation ;
- L'acceptabilité de l'intégration de la valorisation agricole des produits ecosan par :
 - La prédisposition de la population à construire des TDSU*
 - L'utilisation des produits TDSU comme éco-engrais*
 - L'estimation de l'impact du projet sur la population après réalisation du jardin d'essai et obtention des premiers constats ;*
- Le respect des règles d'hygiène et des considérations sanitaires.

Dans ce sens, l'enquête cherche à:

- ✓ Vulgariser l'information à l'égard des villageois en menant des séances de sensibilisation.
- ✓ Recueillir suffisamment de renseignements sur les usages agricoles et les adapter au cadre du projet ;
- ✓ Démontrer la faisabilité du projet au village de Dayet Ifrah par la réalisation du jardin d'essai;
- ✓ Dégager des recommandations et optimiser l'expérience dans le cadre AGIRE ;
- ✓ Etendre l'étude vers d'autres villages.

1. METHODES ET MATERIEL

Une mise au point des préalables à l'enquête est requise, à savoir :

- Elaboration d'un questionnaire répondant aux objectifs précités.
- Etablissement d'une liste des ménages à enquêter, les seuls critères retenus sont leur disponibilité et coopération.
- Contact avec les chefs de familles hôtes et éventuellement les femmes du ménages.



Pour commencer, une première séance de sensibilisation s'est tenue au centre des jeunes le **14 Avril 2011**. Cette séance visait, d'une part, à introduire l'équipe du projet à la population locale mais aussi leur faire part de l'étude à mener au village de Dayet Ifrah.

La séance de sensibilisation organisée a fait l'objet d'une stratégie d'approche où il était question de relever :

- ✓ *Les objectifs du projet*
- ✓ *Le concept ecosan*
- ✓ *L'intérêt du projet pour la population de Dayet Ifrah*

 Les **objectifs** du projet d'assainissement Ecologique :

- Introduire le projet d'assainissement écologique dans la perspective de promouvoir la valorisation agronomique et énergétique des excréta ;
- Répondre aux Besoins de la population en matière d'assainissement et adopter, en concertation avec celle-ci, des solutions en adéquation avec le contexte rural ;
- Informer les jeunes sur le mode d'emploi des différents ouvrages d'assainissement écologique installés au village et les règles d'hygiène à adopter ;
- Présenter le mode de valorisation des produits ecosan au niveau des jardins de démonstrations ;
- Sensibiliser les jeunes quant aux ressources naturelles dont ils disposent et les assister pour en tirer profit.

 Le **concept ecosan** = **Assainir et hygiéniser** :

- L'intérêt de la valorisation des produits ECOSAN en remplacement des engrais chimiques dans l'agriculture.
- L'efficacité des TSDU dans la séparation des urines et fèces, la collecte et l'hygiénisation pour une utilisation ultérieure en agriculture.

 **L'intérêt du projet pour le Douar** :

Le projet représente une opportunité pour le Douar, non seulement il propose des solutions en matière d'assainissement, en adéquation avec le contexte rural, mais y rajoute une nouvelle composante celle de la valorisation agricole qui est en mesure de suffire aux besoins alimentaires et économiques de la population.

Quant à l'enquête, proprement dite, elle a démarré le **28 Mai** et s'est prolongée jusqu'au **05 Juin 2011**. Suivi d'une seconde enquête ayant lieu du **24 Aout au 26 Aout 2011**, en vue d'évaluer la réponse des villageois après réalisation du jardin et obtentions de résultats tangibles.

2 RESULTATS ET DISCUSSION :

2.1 Séances de sensibilisation :

A grand effectif (60), les jeunes hommes se sont présentés au centre de jeunes. Après introduction de l'équipe, on a pu :

-Informer la population sur projet en question, à travers des présentations explicatives et des documents visuels (photos, schéma...)

- 💧 Exposition des réalisations en 2009 : Aménagement des ouvrages ecosan ;
- 💧 Exhibition de l'importance de cette initiative pour soutenir le village, préserver ses ressources naturelles ;
- 💧 Ecosan: Source de revenu avec les moyens de bord

-Sonder les impressions générales de l'assistance quant au projet ecosan.

-Relever les points importants et les éventuelles carences d'information.

-Exploiter les rejets en tant que ressources pour l'agriculture en remplacement des engrais au prix coûteux.



Photo 23. Séance d'information et sensibilisation des jeunes garçons quant au projet ECOSAN

Quant à la tranche féminine, une dizaine de filles ont pu participer à la séance de sensibilisation qui s'est déroulé en plein air. Les jeunes filles qui ont assisté à la séance de sensibilisation, semblent comprendre le concept « ecosan » et l'approuver, le seul inconvénient est leur situation sociale : difficulté à s'impliquer dans le projet (par peur ou honte des hommes du Douar : le mot « *Tabou* » était d'ordre d'autant plus qu'elles n'ont pas accepté de prendre des photos). Toutefois, leur aide a été sollicité pour discuter du projet dans le contexte familial.

2.2 Analyse de l'enquête du 28 mai au 5 juin 2011:

L'échantillon considéré comprend 30 ménages, soit environ 30% de la population du village²⁰. Parmi eux, quatre ménages disposent des installations TDSU.

²⁰ Pour des raisons de difficultés d'accès à certaines agglomérations, l'enquête n'a pas couvert tout le village d'Ait Daoud o Moussa.



Photo 24. Enquête-ménage avec un habitant du village de Dayet Ifrah

2.2.1 Efforts de sensibilisation

a. Quant à l'approche ecosan et le projet pilote de Dayet Ifrah

Depuis le lancement du projet d'assainissement écologique à Dayet Ifrah en 2009, les efforts de sensibilisation se sont poursuivis et les habitants du village commencent peu à peu à s'affranchir de leurs anciennes habitudes et cherchent à comprendre ce qu'est l'ecosan.

Dans cette enquête, la part de la population au courant du déroulement du projet d'assainissement dépasse les **deux tiers**, les informations sur le projet ont été assemblées à partir des séances de sensibilisation organisées au centre, mais, principalement à travers des discussions entre villageois. Chose qui prouve l'intérêt porté au projet par les habitants du village.

b. Quant à l'utilisation des fertilisants chimiques en agriculture

La fertilisation se fait par l'apport de fumier et l'Ammonitrate 33 % en couverture pour plus de la **moitié** de l'échantillon. L'engrais de fond (NPK) est utilisé en début de semis par **40%** des agriculteurs sachant bien que le prix au quintal est de **350Dhs**, coût élevé pour la plupart des agriculteurs du village.

Concernant danger environnemental que représente les fertilisants chimiques, il est variablement perçu par les agriculteurs du village : seuls **30%** ont affirmé qu'effectivement les engrais chimiques réduisaient la fertilité du sol et au fil des ans diminuaient la productivité agricole, **90%** d'entre eux avaient assisté à des séances de sensibilisation tenues au centre.

c. Quant à la valorisation agricole de l'urine

Plus de **60%** des enquêtés ont témoigné du gain qu'apporterai la valorisation agricole des urines. Parmi ceux là, **80%** ont assisté à des séances de sensibilisation relatant des expériences semblables dans d'autre pays et dont les résultats s'avéraient concluants.



2.2.2 Acceptabilité de l'appropriation de la valorisation agricole des produits ecosan

a. Accepter la construction et l'utilisation de TDSU: Parmi ceux qui ne disposent d'aucune installation (30%), plus de **90%** ont fait preuve d'un réel intérêt de s'approprier des TDSU.

-Pour ceux qui disposent de puits perdus (70%), **82%** veulent se convertir au système TDSU au lieu de la fosse septique puisque c'est moins coûteux.

b. Accepter l'utilisation d'urine en agriculture : **90%** sont pour l'utilisation des urines en fertilisation agricole surtout que c'est un moyen pour épargner les lourdes dépenses en engrais. Seuls **10%** semblent à l'encontre du projet justifiant la chose comme étant « Tabou » ou non rentable.

c. Accepter la vente d'urine comme substituant à l'engrais (pour ceux disposant ou entendant disposer de TDSU) : **95%** sont prêt à vendre leur stock d'urine à des fins agricoles, **5%** restent indécis.

d. Accepter la consommation/vente du produit traité par l'urine : L'unanimité des enquêtés ont approuvé la consommation voir la commercialisation des produits traités par l'urine dans le marché.

2.2.3 Hygiène et considération sanitaire

-L'entretien des toilettes est une responsabilité rattachée aux femmes, les produits utilisés pour le nettoyage des toilettes sont : l'eau, détergeants (Javel et des fois Tide).

- La protection lors de l'épandage des produits chimiques est quasi absente chez plus de la **moitié** des agriculteurs.

- Les enquêtés semblent tous avoir de bonnes habitudes hygiéniques : après manipulation des produits fertilisants au champ, ils prennent le soin de se laver et se changer.

2.3 Analyse de l'enquête du 24 au 26 aout 2011:

Après réalisation du jardin d'essai, les villageois ont pu tirer leur propre conclusion quant à l'effet de l'utilisation des produits de TDSU comme fertilisant.

Cette enquête permet de relever les différentes impressions de la population locale quant à l'expérience ainsi achevée.

Au sein de l'échantillon (30 personnes) :

-5 femmes (**17%**) ont été enquêtées pour intégrer l'avis de la tranche féminine sur le projet de valorisation agricole.

-25 hommes (**83%**), agriculteur pour la plupart.



2.3.1 Compréhension et suivi de l'expérience du jardin d'essai

a. Compréhension de l'intérêt de la valorisation pour les personnes enquêtées ayant :

-Assistées aux travaux du jardin : **47%** (aucune femme n'a pu assister, vu le cadre rural caractérisé par son attachement aux traditions)

-Entendues parler dans le village ou au cours de séance de sensibilisation : **40%** (parmi ceux là 4 femmes sont au courant du projet)

-Aucune idée : **13%** (soit 3 hommes et une femme)

-Assimilées le concept de valorisation agricole et ses finalités : **87%** estiment la valorisation des produits ecosan comme étant un moyen d'améliorer la productivité tout en préservant l'environnement.

b. Suivi du projet

50% ont indiqué avoir suivi de près la progression des travaux au niveau du jardin d'essai parmi les quels **90%** ont contribué aux travaux du jardin (Labours, semis, récupération et déplacement des bidons au champ, application d'urine, irrigation...)

c. Suggestions apportées par les villageois :

-Difficultés recensées : **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 incommodités de prélèvement, déplacement d'urine des toilettes vers le champ et les dilutions effectuées sur place.

-Suggestions présentées par ceux-ci :

- Utiliser l'urine fraîche pour éviter l'inconvénient de l'odeur ;
- Travailler avec des bidons de collecte surélevés et récupération gravitaire par robinet ;
- Diluer l'urine dans des conteneurs à grande capacité ;
- Installer un système de goutte à goutte où urine et eau seront mélangées.

2.3.2 Impact des résultats obtenus au jardin d'essai sur la population de Dayet Ifrah

a. Impressions générales

90% de l'échantillon (dont **14%** des femmes) avaient des impressions positives quant aux résultats obtenus (bon rendement, mieux qu'engrais) ;

Les **10%** restant désapprouvaient entièrement le concept d'utilisation d'urine en fertilisation agricole.

b. Prédilection à reproduire l'expérience de valorisation agricole

Après visualisation des résultats sur terrain, dénotant d'une amélioration perceptible du rendement, **70%** (dont **13%** sont des femmes) de l'échantillon étaient prédisposés à refaire l'expérience sous réserve de disposer d'une TDSU et ce pour des raisons de salubrité mais aussi à des fins de valorisation agricole.

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
- TDSU exigée pour faire de la valorisation agricole, condition onéreuse pour le petit fellah.
- Odeur et charges lors de l'application
- Réputation du Douar ternie au marché, profits incertains.
- Manque de texte religieux approuvant l'usage des excréments humains en agriculture.



Photo 25. Des villageois entrain de consommer le Navet le jour de la récolte

3. INTERPRETATION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DU PROJET :

Au cours des campagnes de sensibilisation et des enquêtes ménages menées, nous avons essayé de relever les avis des villageois quant au projet de valorisation agricole.

Ces investigations ont permis de mettre l'accent sur cinq facteurs importants ; indicateurs de la performance du projet.

- 1) *Durabilité du projet*
- 2) *Aspects financier et économique*
- 3) *Difficultés relevées*
- 4) *Facteurs à risques*
- 5) *Impact du projet*

3.1 Durabilité du projet

En générale, la durabilité d'un projet tient compte des conditions de sa mise en œuvre, de son coût de réalisation, de la technologie employée et de l'utilisation du produit fini. Dans notre cas, où la population représente l'entité clé de l'approche, il est difficile, voir impossible, d'évaluer la durabilité de ce projet indépendamment de son acceptation/appropriation ou son autogestion par la population du village de Dayet Ifrah.

A ce sujet, le comportement général des villageois, vis-à-vis du nouveau concept ecosan, a visiblement changé depuis son introduction en 2009. A présent, les villageois manifestent une réelle volonté



d'adopter un système ecosan en vue d'améliorer leurs conditions d'hygiène et d'assainissement. Cette attitude positive est en mesure de garantir la durabilité du projet ecosan au sein du village.

3.2 Aspects financiers et économiques du projet

Il est à noter que les aspects financiers du projet ne sont pas suffisamment perçus, ils sont, en effet, dus aux frais qui incombent à un projet pilote dont les variables, internes ou externes, ne sont pas complètement délimitées : mains d'œuvre engagées dans le cadre des travaux relevant du projet ecosan, matériaux indispensables au transport des produits et à la réalisation du jardin, implication et coopération de la population du douar.

Sur le plan économique, le projet contribue à :

- L'amélioration de la qualité du sol, de la production agricole s'ajoute à cela les revenus générés par la valorisation des produits ecosan.
- la création d'emploi pour les ouvriers-agriculteurs du village et l'amélioration des conditions de vie des ménages.

3.3 Difficultés relevées

Les difficultés liées à la mise en œuvre du projet résident au niveau des coûts de réalisation des ouvrages ecosan (TDSU) qui ne sont pas très souvent accessibles à toutes les couches sociales. Aussi, les pesanteurs socioculturelles qui mettent un frein à l'utilisation ou la manipulation des excréta hygiénisés.

D'ailleurs, depuis le début, la valorisation agricole a été sujette à bien des polémiques au sein de la population du douar ; celle-ci fortement imprégnée par les traditions, les idées reçues voir même l'appréhension d'en parler en public²¹. Ainsi, bon nombre de ménages, quoique conscients du bien fondé de l'assainissement pour leur santé, refusent de s'y prêter faute de moyens et des tabous.

Pour y remédier, la sensibilisation, moteur du projet, doit être programmée de manière continue en vue d'aider la population rurale à s'imprégner davantage du concept ecosan et à acquérir de nouvelles habitudes dans ce sens.

3.4 Facteurs à risques

Comme facteurs à risques liés au projet, il y'a :

- Le désengagement de certaines familles bénéficiaires quant à l'entretien des installations ecosan ;

²¹ « La fortune des idées reçues vient de ce qu'il n'est nécessaire ni de les avoir cherchés ni de les vérifier. » Gérard Gondé



- Le contexte socioculturel qui constitue un obstacle à la valorisation des produits hygiénisés ;
- Les habitudes culturelles des agriculteurs du village (utilisation de fumier ou engrais chimique) ;
- L'absence de rôle bien définie pour la tranche féminine ;
- Le coût de la technologie souvent pesant pour le petit fellah (l'ecosan reste, cependant, la technologie la moins onéreuse comparée aux autres systèmes d'assainissement utilisés et à long terme la plus rentable) (EL AOUNI, 2011);
- Le changement de comportement (la défécation en plein air est chose courante), prend beaucoup de temps à s'installer et nécessite un accompagnement permanent. ;
- Les règles d'hygiène sont connues mais parfois négligés d'où les risques de contamination, surtout chez les enfants.

3.5. Apports du projet ecosan (Tableau 13)



TABLEAU 13. APPORTS DU PROJET ECOSAN SUR LE VILLAGE DE DAYET IFRAH :

Volets projet	Objectifs principaux	Approches utilisés	Points forts (+)	Points faibles (-)	Apports du projet
1. AGRONOMIQUE	Relever l'effet des urines en fertilisation agricole par rapport au témoin et à l'engrais chimique.	Jardin démonstratif à intérêt pédagogique.	<ul style="list-style-type: none"> -Amélioration de la production agricole par l'urine-Digestat. -Démonstration au jardin comme moyen d'apprentissage -Formation sur l'usage et la réutilisation saine du produit. -Respect des mesures sécuritaires d'application (OMS) 	<ul style="list-style-type: none"> -Manipulation présentant quelques désagréments (odeur, transport difficile) -Faible production d'urine au niveau du ménage par rapport aux grandes surfaces agricoles. 	<ul style="list-style-type: none"> -Productivité agricole meilleure en termes de quantité et qualité. -Réduction du besoin en engrais chimique et préservation de l'environnement (sol et ressources en eaux).
2. ECONOMIQUE	Apprécier la valeur économique du produit urine dans la production agricole.	-Calculer les recettes de la valorisation agricole (engrais exclus).	<ul style="list-style-type: none"> -Création d'emploi dans le village. -Production agricole en partie consommé et profit des ventes partagé. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coût de TDSU non accessible à toutes les couches sociales. -Pas de volonté réelle de travailler, seule la rémunération compte. 	<ul style="list-style-type: none"> -Amélioration des conditions de vie socio-économique. <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Produits ecosan = Source de revenu</p>
3. SOCIAL	Sonder les avis des villageois quant au degré d'acceptabilité/appropriation du projet de valorisation agricole.	<ul style="list-style-type: none"> -Séances de sensibilisation. -Enquêtes- ménage menées, sur deux périodes, auprès de 60 ménages. 	<ul style="list-style-type: none"> -Population motivée. -Contribution aux travaux de terrain (en bénévolat) -Dialogue participatif (toutes les tranches). -La gente féminine commence à prendre part au projet. -Organisation d'un atelier d'inauguration. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tabous & Barrière de langue et de (surtout pour les femmes). -Difficulté à atteindre certaines agglomérations du village. -Forte dépendance des villageois de l'assistance externe. 	<ul style="list-style-type: none"> -Changement notable du comportement grâce aux efforts de sensibilisation. -L'acceptation de la valorisation vérifiée par l'enquête-ménage (70% dont 13% des femmes). -Forte Demande exprimée pour s'approprier un système TDSU.



CONCLUSION PARTIE II

En guise de conclusion, cette étude met en évidence trois constats majeurs :

- ✓ Une amélioration de la production consécutive à l'application des produits ecosan avec un contraste d'effet d'un traitement à l'autre
- ✓ Une productivité moyennant un bon revenu tout en évitant le coût de fertilisants chimiques
- ✓ Une population motivée et engagée à prendre part au projet.

En effet, grâce à une sensibilisation de proximité, le projet a produit un impact positif sur l'ensemble de la population du village de Dayet Ifrah. La réalisation du jardin démonstratif pour la valorisation des produits ecosan a été un événement majeur suscitant une forte adhésion à la fois des agriculteurs, des paysans y compris des femmes du village.



CONCLUSION GENERALE

Le projet pilote de « *Valorisation agricole des produits ecosan* », mis en œuvre au Douar de Dayet Ifrah, a permis d'une part de desservir une population en manque d'assainissement mais aussi d'introduire un nouveau concept écologique adapté au contexte rural.

L'expérience menée au rural, milieu fortement ancré dans les traditions, a été l'objet de sous-entendus mais aussitôt écartées grâce à une approche participative intégrant les valeurs socioculturelles du village. La population, convaincue du potentiel de l'ecosan, a pris part à la réalisation du projet exprimant une forte demande quant à l'appropriation d'un système ecosan.

Le système ecosan, ainsi adopté, garantit aux villageois une amélioration de leurs conditions de vie sanitaire de même qu'écologique. Aussi leur offre-t-il, d'autres débouchés tels que la valorisation agricole. Celle-ci étant en mesure d'assurer la sécurité alimentaire des ménages.

RECOMMANDATIONS

Le projet ecosan a été d'un grand apport dans la vie des bénéficiaires. Cependant, à des fins d'optimisation du système de valorisation agricole, quelques recommandations s'imposent:

Sur le plan technique :

- ✓ Privilégier, à des fins de collecte, des bidons d'urines de petite capacité plus accessibles et plus facilement transportables. Ces bidons sont transvasés dans un réservoir de grande capacité disposé sur terrain surélevé et équipé d'un système de vidange gravitaire.
- ✓ Homogénéiser l'urine avant toute application afin d'éviter la sédimentation du phosphore et potassium.
- ✓ Incorporer l'urine au sol dans des sillons en arrosant ensuite avec de l'eau.
- ✓ Ménager les ressources en eau : au lieu d'utiliser l'irrigation gravitaire, faire usage de la technique de gouttes à gouttes où urine et eau seront mélangés et administrés en fonction des besoins des cultures (fertigation).
- ✓ Reconduire cette étude en appliquant différentes doses d'urine pour retenir la dose optimale.
- ✓ Faire une étude préalable du sol, et conduire les différents traitements sur une échelle plus grande (par exemple un hectare par traitement) pour non seulement retenir la dose optimale par type de sol mais aussi améliorer la fiabilité des résultats.
- ✓ Envisager une expérience de valorisation de Digestat à grande échelle et pour différentes doses.



Sur le plan hygiène et santé :

- ✓ Veiller à ce que les agriculteurs en charge de la gestion des produits ecosan aient toujours le matériel de protection requis lors des travaux de collecte et de valorisation (Combinaison, gants, cache nez...)
- ✓ Encourager le respect des règles d'hygiène après l'application des produits ecosan par l'installation de systèmes de lavage des mains au savon, ainsi que le lavage des vêtements et des équipements de sécurité, pouvant être source de contamination.
- ✓ Eviter au mieux le transport et le maniement des bidons d'urines sans protection efficace;
- ✓ Sensibiliser davantage les ménages sur les règles d'hygiène à suivre après chaque manipulation des produits ecosan;

Sur le plan économique :

- ✓ Prévoir des micro-crédits pour la construction des TDSU avec facilité de paiement par tranche.
- ✓ Faire une étude économique comparative des produits issus d'une culture fertilisée à base de produits ecosan hygiénisés et ceux issus de la même culture fertilisée ou non avec les engrais chimiques ;
- ✓ Faire une étude de rentabilité pour apprécier le temps d'amortissement de l'investissement de départ dans les ouvrages ecosan.

Sur le plan social :

- ✓ Développer le programme de sensibilisation en continu auprès de la population de Dayet Ifrah (notamment auprès des agriculteurs) via des activités d'animation et des sessions de formation sur la réutilisation saine du produit ecosan.
- ✓ Mener des campagnes aux écoles pour sensibiliser les élèves aux valeurs environnementales, sanitaires et agricoles des systèmes ecosan.
- ✓ Impliquer les femmes dans les stratégies de mise en œuvre des projets ecosan.
- ✓ Veiller à l'adaptabilité des projets ecosan au contexte rural en conduisant des prospections au sein du village objet de l'expérience.
- ✓ Choisir un bénéficiaire potentiel qui assimilera le concept ecosan et sera chargé de l'entretien des ouvrages et la gestion des produits ecosan, éventuellement un agriculteur pour mener à bien la valorisation agricole.
- ✓ Intégrer d'autres partenaires dans la vision de protection de l'environnement par le biais de l'ecosan et garantir leurs supports et contributions aux projets ecosan.



Pour la recherche :

- ✓ Introduire le concept d'assainissement écologique et productif dans les cours de formation des agronomes et les environnementaux.
- ✓ Encourager la recherche et le développement du thème de la valorisation des rejets d'assainissement.
- ✓ Approfondir la recherche sur les effets des urines hygiénisées sur les principales cultures au Maroc.
- ✓ Effectuer des analyses au niveau de l'ensemble des ouvrages ecosan pour le suivi de la qualité hygiénique et sanitaire des excréta valorisables.
- ✓ Engager une étude comparative, étalée dans le temps (au moins trois ans), sur la productivité agricole et la qualité en composantes minérales des sols ; les uns fertilisés par engrais chimique et les autres par produits ecosan.

Pour les pouvoirs publics :

- ✓ Produire des textes et réglementations, impliquer la population et le secteur privé, et instaurer des sources de financement aux projets voir des subventions.
- ✓ Assurer le suivi de l'impact et l'efficacité des projets ecosan dans le milieu rural.
- ✓ Veiller à la diffusion au niveau national des résultats et acquis du projet pour assurer sa durabilité.
- ✓ Intégrer la promotion de l'assainissement écologique dans les programmes scolaires pour une meilleure éducation à l'environnement.

PERSPECTIVES :

Après cette première expérience de valorisation agricole des produits ecosan dans le cadre du projet pilote de Dayet Ifrah. Les projets ecosan peuvent être déployés en matière de :

- L'assistance technique apportée, en matière de dimensionnement et construction de nouveaux ouvrages ecosan sur la base de l'évaluation technique réalisée, en faveur des ménages exprimant un besoin en matière d'assainissement, avec toutefois une volonté et un engagement pour l'entretien, la gestion et l'utilisation des produits finaux.
- Le renforcement des séances de sensibilisation sur les méthodes sécuritaires de la réutilisation des produits ecosan en agriculture.
- L'intégration du rôle de la gente féminine aux projets ecosan par une approche de proximité plus poussée.
- Le relancement de nouveaux projets ecosan dans le rural, là où le besoin en assainissement est fortement ressenti.



- La mise au point d'une stratégie d'approche au niveau national permettant de généraliser le concept ecosan, en tant que système performant en matière d'assainissement des eaux, dans l'ensemble des localités rurales marocaines.
- La diffusion des informations relatives aux projets ecosan dans les médias pour atteindre la population aussi bien urbaine que rural et les sensibiliser, à grand échelle, des bienfaits d'un système d'assainissement écologique durable, équitable et surtout rentable.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABERGHAZ Y. Assainissement écologique rurale- Projet pilote du douar de Dayet Ifrah. Faculté des sciences de Rabat. 2009.
- BAZAIRI H. Cours de Bio-statistique descriptive. Département de Biologie. Faculté des Sciences de Rabat. 2009.
- BASCHET Jean-François. MAAP. Centre d'études et de prospective. Service de la statistique et de la prospective. France. Décembre 2009. [[http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AE2030 Fiche-variable Gestion de l azote.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AE2030_Fiche-variable_Gestion_de_l_azote.pdf)]
- CAROLINE S. ET THOR A. S. Recommandations pour un usage sans risques de l'urine et des matières fécales dans les systèmes d'assainissement écologique, SEI. 2004.
- CREPA. Assainissement Ecologique. Utilisation des produits dérivés de l'assainissement écologique en agriculture. Burkina Faso. 2006. p9-10, p27-34.
- Décret n° 2-97-787 du 4 février 1998 relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux. Article 51 de la Loi n° 10-95, Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Maroc.
- DRPE. Direction de recherche et de planification des eaux au SEEE. 2009
- EI HATTAB L. Contribution à l'étude du secteur des engrais au Maroc. IAV Hassan II. 2001.
- EL KASMI.A. Rapport inédit sur le développement durable à Dayet Ifrah initié par la Chaire UNESCO et l'Université Al Akhawayne.2009.
- EL AOUNI M. Evaluation Economique de l'introduction des toilettes de déshydratation à séparation d'urine. Etude de cas : projet pilote d'assainissement écologique à Dayet Ifrah –Ifrane. GIZ en partenariat avec IAV Hassan II. 2011. p88-95.
- ESREY.S, GOUGH.J , RAPAPORT.D, SAWYER.R, MAYLING.S-H, VARGAS.J. Assainissement écologique traduit en français par Pari Zarrabi. SIDA, Stockholm.1998.
- FAO. Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs. Niger.2005.
- FEACHEM, R.G. et al, Sanitation and Disease-Health aspects of excreta and wastewater management. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 1983.
- FIDA, CREPA, PPLIDA, SEI. Fiche technique d'application des Urines hygiénisées (*Takin Ruwa*) dans les conditions agricole du Niger. Avril 2010.
- Fondation Hesperian en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). Assainissement et propreté pour un environnement sain. 2005.



GUERIF M. et SEGUIN B. Estimation de la biomasse et du rendement des cultures à partir du satellite SPOT : résultats d'une expérimentation sur blé dur en Camargue. Institut National de la Recherche Agronomique. France 1990. p117.

Haut commissariat au plan, statistiques des années 2009-2010. [www.hcp.ma, dernière mise à jour en 2011]

HAYEM.G. Revue de médecine en France et à l'étranger tome XXXI, recueil trimestriel, 1838 P. 1888.

ILLIASSOU Y. Evaluation de l'effet de l'application périodique de l'urine Hygiénisée sur la culture de Mil. FACULTE D'AGRONOMIE. Niamey 2009. p 22-28.

KAMENI NGANDJON J. A. Etude comparée des stratégies de mise en œuvre du concept ecosan dans divers contextes. Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement. Octobre. 2010.

LAMINOUS. 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'Aguié au Niger. 2006.

LARCHER. C. Fiche Uréase. p. 1/1 et William Robert Fearon. Urease : The Chemical Changes Involved In The Zymolysis Of Urea. Physiological Laboratory, Trinity College, Dublin. January 9th, 1923. MADRPM/DPV/SAFP. Enquête sur la consommation des engrais au Maroc. 2004-2005.

Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime au Maroc, statistiques des années 2009-2010. [www.agriculture.gov.ma, dernière mise à jour en 2011]

Ministère de l'économie et des finances, statistiques des années 2009-2010. [www.finances.gov.ma, dernière mise à jour en 2011]

MOUGHLI L. Les Engrais Minéraux. Transfert de technologie en agriculture. Bulletin Mensuel d'information et de liaison Programme national de transfert de technologie en agriculture (PNTTA), N°72. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV). Septembre 2000.

MUSCULUS, « Sur le ferment de l'urée », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. 82, 1876, pp. 333-336, consultable sur [Gallica](http://gallica). William Robert Fearon, « Urease », *Biochemical Journal*, 1923, xvii, pp. 84-93, spéc. p. 84,

OMS. Rapport sur la santé dans le monde. 2004.

OMS (WHO). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume IV - Excreta and Greywater Use in Agriculture. 2006

ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture. Utilisation des engrais par culture au Maroc. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes, Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Publié par la FAO. Rome, 2006.

ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture. Guide pour une gestion efficace de la nutrition des plantes. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Publié par la FAO. Rome, 1999.

RICHERT A., GENSH R., HAKAN J., STENSTROM T-A. et DAGERSKOG L. Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production. SEI, EcoSanRes Series, Septembre 2010.



RIFKI M. Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées. Service Planification et Programmation Direction Générale des Collectivités Locales. Direction de l'Eau et de l'Assainissement. Ministère de l'intérieur. Maroc 2009.

Royaumes du Maroc en partenariat avec BM et KFW. Revue Stratégique du Programme National d'Assainissement (PNA). Rapport No. 40298-MA. Mai 2008.

SKIREDJ A. et AL. Fiche technique IV (Navet). Transfert de technologie en agriculture. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Bulletin Mensuel d'information et de liaison Programme national de transfert de technologie en agriculture (PNTTA), N°99. Décembre. 2002. p1-2.

TANDIA. C. T. Volet technique de l'ecosan, Burkina Faso, CREPA. 2006.

TERNYNCK L. Fertilisation azotée. Message du Comité technique de la pomme de terre. Chambre régionale d'agriculture. Mars 2008. [http://240plan.ovh.net/~nord/PAGES/28_286/Fazo.doc]

UNICEF, OMS. Joint Monitoring Program for Water and Sanitation. Progrès en matière d'eau potable et d'assainissement. Spécial Assainissement : 2008 année de l'assainissement. Rapport 2008. [http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/1251795184-JMP_08_fr.pdf]

UNICEF, OMS. Joint Monitoring Program for Water and Sanitation. Aperçu de la Situation de l'Eau Potable et de l'Assainissement en Afrique. Rapport mis à jour en 2010. [http://www.childinfo.org/files/Africa_AMCOW_Snapshot_2010-French_Final.pdf]. [Morocco and North Africa 's Data at <http://www.wssinfo.org/data-estimates/introduction/>]

UNICEF, OMS. Joint Monitoring Program for Water and Sanitation. Progrès en matière d'assainissement et d'alimentation en eau dans le monde. Statistiques des années 1990-2008, Rapport 2010. [http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/1278061574-JMP_report_2010_fr.pdf]

VANDENDRIESSCHE V. Etude des facteurs de rendement d'une espèce dédiée aux bioénergies. Institut Supérieur d'Agriculture. Lille 2007. p 61-64.

WERNER.C, développements internationaux envers un assainissement écologique et durable : 2008 année de l'assainissement.2008.

WERNER.C, Rapport inédit sur l'atelier de sensibilisation et de formation à Ifrane, représentation technique de la GTZ à Rabat. 2009.

WERNER C, Introduction à l'assainissement écologique, Projet ecosan de Dayet Ifrah. Rabat. 2010.

World Bank Group (BM).Water Supply and Sanitation Feature Story. Promoting Rural Sanitation and Hygiene in Morocco. Mars 2006 [related:<http://www.worldbank.org/watsan>, dernière mise à jour en 2011]



ANNEXES

Annexe A : Questionnaire

Annexe B : Résultats MENTHE-PIMENT

Annexe C : PHOTOTHEQUE

**ANNEXE A- QUESTIONNAIRE :****ENQUETE D'ACCEPTABILITE DE LA VALORISATION AGRICOLE DES PRODUITS ECOSAN**

Nom et prénom de l'enquêteur : Ihssane EL MAROUANI

Localisation : Village de DAYET IFRAH-IFRANE

FICHE SIGNALETIQUE

Nom de famille :

Fonction :

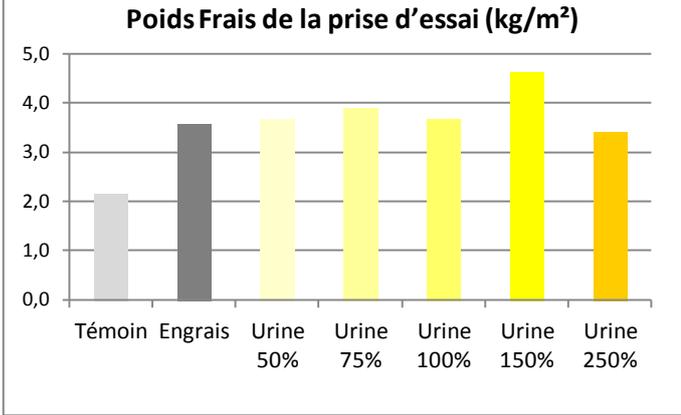
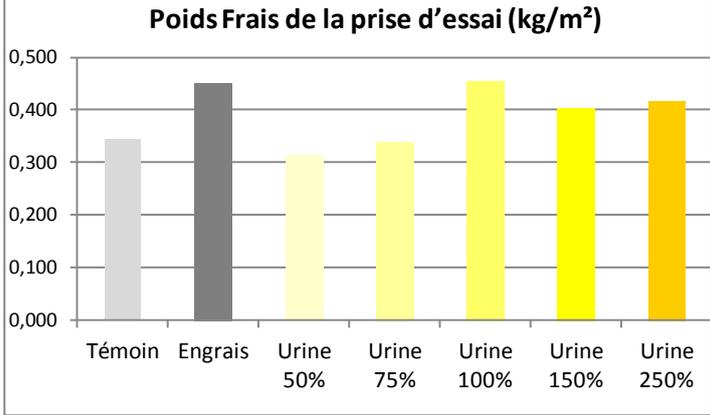
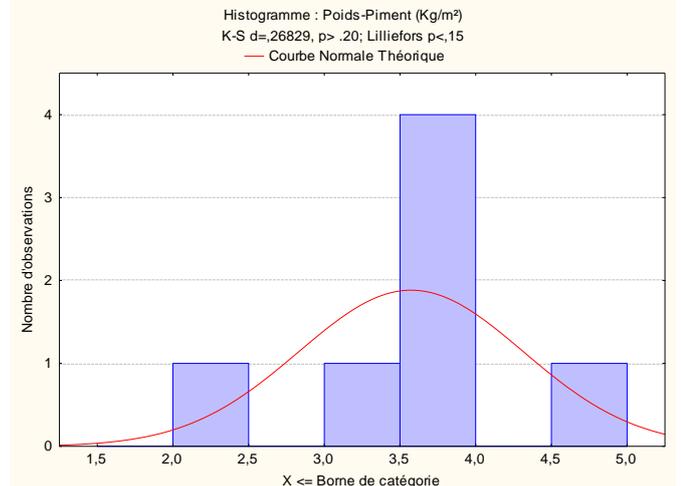
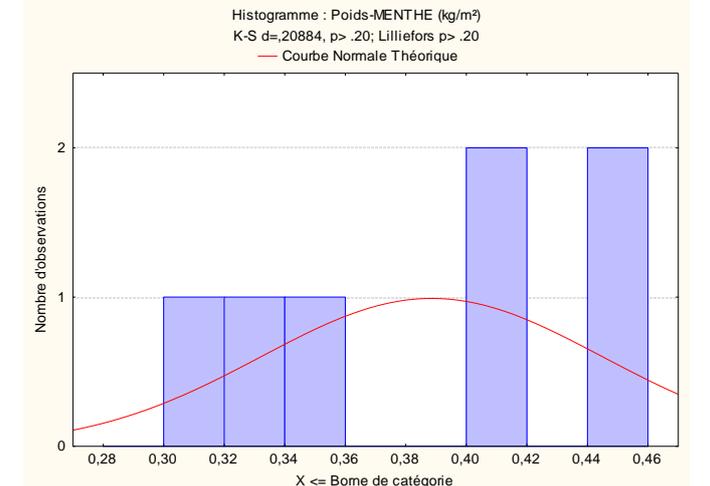
Nombre d'habitants (En chiffre): Femmes Hommes Enfants

N°	QUESTIONS	Aller à Question N°
I. Toilette de Déshydrations et Séparation d'Urine (TDSU)		
1	Connaissez-vous le mode d'utilisation des TDSUs ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Si oui (2)
2	Par quel moyen ?	<input type="checkbox"/> Séances de sensibilisation <input type="checkbox"/> Démonstration <input type="checkbox"/> Entendu parler dans le village
3	Utilisez-vous la TDSU de façon régulière ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Si non (4)
4	Veillez précisez les raisons ?	<input type="checkbox"/> Non habitué <input type="checkbox"/> Déplacement fréquent <input type="checkbox"/> Conditions de travail
5	Qui est chargé de l'entretien ?	<input type="checkbox"/> Chef de ménage <input type="checkbox"/> Femme du chef du ménage <input type="checkbox"/> Autre :
6	A quelle fréquence procédez-vous à l'entretien ?	<input type="checkbox"/> Une fois/semaine <input type="checkbox"/> Moins (...) <input type="checkbox"/> Plus : (...)
7	Pensez-vous que la TDSU doit être généralisé aux autres ménages?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Si oui (8)
8	Pourquoi ?	<input type="checkbox"/> Hygiène et propreté <input type="checkbox"/> Economie en eau <input type="checkbox"/> Valorisation du produit
II. Information général sur les pratiques des agriculteurs du village		
9	Quelles cultures vous adoptez fréquemment ?	<input type="checkbox"/> Blé & orge <input type="checkbox"/> Pomme de terre <input type="checkbox"/> Pommier <input type="checkbox"/> Autres :
10	Quel type d'engrais utilisez-vous ?	<input type="checkbox"/> Fumier <input type="checkbox"/> Engrais NPK



		<input type="checkbox"/> Ammonitrate	
11	Quel en est le prix moyen ?		
12	Savez-vous que les engrais dégradent la qualité de vos sols, et peuvent porter atteinte à votre état de santé ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	Si oui (2)
III. Réutilisation des produits TDSU en Agricultures			
13	Avez-vous été informé sur le gain économique et écologique qu'offre la valorisation agricole de l'urine ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	Si oui (2)
14	Avez-vous assisté ou entendu parler du projet du jardin d'essai ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	
15	Y'avaient-il des difficultés?	Par rapport à : <input type="checkbox"/> L'Odeur <input type="checkbox"/> Le Transport <input type="checkbox"/> La Manipulation <input type="checkbox"/> L'Application <input type="checkbox"/> Autres :.....	
16	Avez-vous des suggestions pour remédier à ces difficultés?		
17	Quelles étaient vos impressions quant aux résultats obtenus?	Positif <input type="checkbox"/> Négatif <input type="checkbox"/>	Si positif (18)
18	Songez-vous à refaire la même expérience ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	Si non (15) Si oui (19)
19	Quels seront les débouchés de la récolte ?	<input type="checkbox"/> Consommation <input type="checkbox"/> Commercialisation	
20	Pensez-vous que l'approche ecosan soit une bonne initiative au village ?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	Si non (15) Si oui (8)
21	Quant est-il de diffuser l'expérience ecosan du village de Dayet Ifrah sur les medias?	Oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	Si oui (22)
22	Quel moyen de communication vous semble approprié ?	<input type="checkbox"/> Audio-visuel <input type="checkbox"/> Internet <input type="checkbox"/> Brochures, journaux... <input type="checkbox"/> Autres :.....	
IV. Règles d'Hygiène et mesures de sécurité liée à la manipulation des produits ecosan			
23	Quels sont les mesures de sécurité lors de la manipulation des produits ecosan ?	<input type="checkbox"/> Ports de gants <input type="checkbox"/> Combinaison <input type="checkbox"/> Cache-nez <input type="checkbox"/> Autres :.....	
24	Quel sont les règles d'hygiène que vous adoptez après manipulation des produits ecosan?	<input type="checkbox"/> Lavage des mains <input type="checkbox"/> Rechange <input type="checkbox"/> Douche <input type="checkbox"/> Aucune	

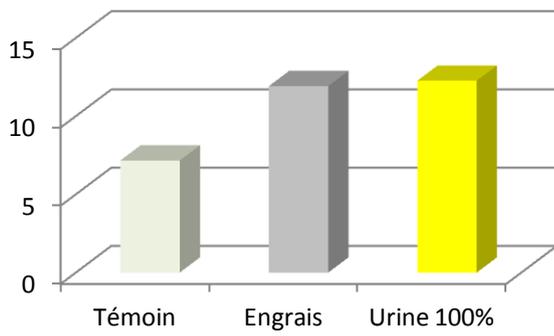
ANNEXE B- RESULTATS AGRONOMIQUES : PIMENT, MENTHE

	PIMENT	MENTHE																																		
Photo parcelle																																				
Analyse pondérale	<p>Poids Frais de la prise d'essai (kg/m²)</p>  <table border="1"> <caption>Poids Frais de la prise d'essai (kg/m²) - PIMENT</caption> <thead> <tr> <th>Traitement</th> <th>Poids (kg/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Témoins</td><td>~2.2</td></tr> <tr><td>Engrais</td><td>~3.6</td></tr> <tr><td>Urine 50%</td><td>~3.7</td></tr> <tr><td>Urine 75%</td><td>~3.9</td></tr> <tr><td>Urine 100%</td><td>~3.7</td></tr> <tr><td>Urine 150%</td><td>~4.6</td></tr> <tr><td>Urine 250%</td><td>~3.4</td></tr> </tbody> </table>	Traitement	Poids (kg/m ²)	Témoins	~2.2	Engrais	~3.6	Urine 50%	~3.7	Urine 75%	~3.9	Urine 100%	~3.7	Urine 150%	~4.6	Urine 250%	~3.4	<p>Poids Frais de la prise d'essai (kg/m²)</p>  <table border="1"> <caption>Poids Frais de la prise d'essai (kg/m²) - MENTHE</caption> <thead> <tr> <th>Traitement</th> <th>Poids (kg/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Témoins</td><td>~0.35</td></tr> <tr><td>Engrais</td><td>~0.45</td></tr> <tr><td>Urine 50%</td><td>~0.31</td></tr> <tr><td>Urine 75%</td><td>~0.34</td></tr> <tr><td>Urine 100%</td><td>~0.45</td></tr> <tr><td>Urine 150%</td><td>~0.40</td></tr> <tr><td>Urine 250%</td><td>~0.42</td></tr> </tbody> </table>	Traitement	Poids (kg/m ²)	Témoins	~0.35	Engrais	~0.45	Urine 50%	~0.31	Urine 75%	~0.34	Urine 100%	~0.45	Urine 150%	~0.40	Urine 250%	~0.42		
Traitement	Poids (kg/m ²)																																			
Témoins	~2.2																																			
Engrais	~3.6																																			
Urine 50%	~3.7																																			
Urine 75%	~3.9																																			
Urine 100%	~3.7																																			
Urine 150%	~4.6																																			
Urine 250%	~3.4																																			
Traitement	Poids (kg/m ²)																																			
Témoins	~0.35																																			
Engrais	~0.45																																			
Urine 50%	~0.31																																			
Urine 75%	~0.34																																			
Urine 100%	~0.45																																			
Urine 150%	~0.40																																			
Urine 250%	~0.42																																			
Analyse des groupes statistiques	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Statistiques Descriptives</th> </tr> <tr> <th></th> <th>N Actifs</th> <th>Moyenne</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> <th>Ecart-type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Poids-Piment (Kg/m²)</td> <td>7</td> <td>3,573190</td> <td>2,150000</td> <td>4,633333</td> <td>0,741417</td> </tr> </tbody> </table> <p>Histogramme : Poids-Piment (Kg/m²) K-S d=,26829, p> .20; Lilliefors p<.,15 — Courbe Normale Théorique</p> 	Statistiques Descriptives						N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	Poids-Piment (Kg/m ²)	7	3,573190	2,150000	4,633333	0,741417	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Statistiques Descriptives</th> </tr> <tr> <th></th> <th>N Actifs</th> <th>Moyenne</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> <th>Ecart-type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Poids-MENTHE (kg/m²)</td> <td>7</td> <td>0,388571</td> <td>0,313333</td> <td>0,453333</td> <td>0,056359</td> </tr> </tbody> </table> <p>Histogramme : Poids-MENTHE (kg/m²) K-S d=,20884, p> .20; Lilliefors p> .20 — Courbe Normale Théorique</p> 	Statistiques Descriptives						N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	Poids-MENTHE (kg/m ²)	7	0,388571	0,313333	0,453333	0,056359
Statistiques Descriptives																																				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type																															
Poids-Piment (Kg/m ²)	7	3,573190	2,150000	4,633333	0,741417																															
Statistiques Descriptives																																				
	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type																															
Poids-MENTHE (kg/m ²)	7	0,388571	0,313333	0,453333	0,056359																															

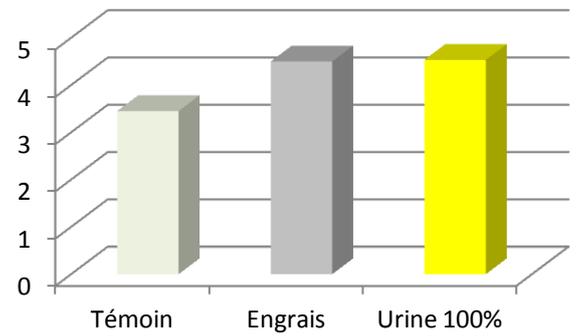


Production agricole

Production agricole (T/ha)



Production agricole (T/ha)





ANNEXE C – PHOTOTHEQUE- *Projet pilote ecosan du Douar de Dayet Ifrah*

1. Dialogue participatif avec la population pour concevoir un plan de mise en œuvre du projet



Réunion avec les bénéficiaires



Séance de sensibilisation

2. Démarrage des travaux de terrain



Dimensionnement



Mise en culture



Arrosage

3. Analyse au laboratoire



Echantillon sol



Analyse azote-sol



Echantillon Urine



Analyse azote-urine

4. Application des produits ecosan (Urines & Digestat)





5. Participation des villageois à la réalisation du projet



6. Résultats de la Production agricole



7. Observation & Echantillonnage



8. Travaux en bac de végétation sous serre



9. Atelier d'inauguration du projet pilote de Dayet Ifrah

