Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

Analyse comparative des modes d'exhaure et de deux techniques culturales sous irrigation de complément autour des petits bassins : Application au cas de Kongoussi au Burkina Faso

Mémoire pour l'obtention du master spécialisé en Hydraulique et Systèmes Irrigués (HSI)

Présenté et soutenu publiquement le 16 Octobre 2012 par

Manguilibè ALITI

Travaux dirigés par : **Bruno BARBIER**

Séwa Da SILVEIRA

UTER : GVEA

Jury d'évaluation du stage:

Président: **Rabah LAHMAR**

Membres et correcteurs: **Bassirou BOUBE**

Sévère FOSSI

Séwa DA SILVEIRA

Promotion 2011/2012

DEDICACES

A ma chère mère Delphine BELEI

A mon oncle Paulin BELEI

A tous ceux qui ont cru en moi

Je vous dédie ce travail, fruit de vos efforts. Soyez en fiers!!!

REMERCIEMENTS

Au terme de mon Master Spécialisé en Hydraulique et Systèmes Irrigués au sein de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement de la Fondation 2iE, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à notre formation.

A Monsieur Bruno BARBIER pour son encadrement tout au long de ce travail.

A Monsieur Sewa da SILVEIRA Co-encadreur qui n'a ménagé aucun effort pour l'aboutissement de ce travail.

A Sévère FOSSI pour sa disponibilité à répondre à toutes nos questions.

A Vivien DOTO pour ses précieux conseils.

A Madame Hortense pour sa disponibilité et sa collaboration.

A mes collègues stagiaires et l'ensemble des doctorants, pour leur soutien.

A tous les agriculteurs des sites pilotes de Kongoussi et de Ouahigouya pour leur collaboration lors de nos enquêtes.

Je ne saurai oublier ma famille qui a toujours été là quand j'avais besoin d'elle, pour me soutenir financièrement et moralement. Je pense d'une manière particulière à :

- Ma chère mère Batouani BELEI dont le soutien m'est indéfectible.
- Martin DAO et son épouse pour leur soutien
- Yvette SAWADOGO pour sa disponibilité et son attention.

A tous ceux qui de quelque manière ont contribué à la réalisation de ce travail, je leur dis un sincère merci

RESUME

Face à la désertification et à la variation climatique dans la zone sahélienne du Burkina Faso, l'irrigation de complément a fait l'objet de nombreuses recherches sur sa capacité à augmenter les rendements (agricoles). L'irrigation de complément est en effet considérée comme un moyen d'intensification de l'agriculture. Elle contribue à en augmenter la productivité tout en la sécurisant contre les poches de sécheresse. C'est un outil de lutte contre la pauvreté et la faim qui sévissent de façon endémique en Afrique subsaharienne, et plus particulièrement au Burkina Faso.

La variante choisie dans le cadre du projet CRDI se caractérise par la construction d'un micro bassin de rétention des eaux de ruissellement, le moins coûteux pour le paysan, et par le choix d'une stratégie d'irrigation et d'exhaure qui lui permet une amélioration de son revenu monétaire.

L'analyse comparée des techniques d'irrigation et d'exhaure montre que l'irrigation par aspersion au moyen de la pompe à pédale (à défaut de l'expérimentation de la pompe solaire) est la stratégie qui semble mieux adaptée pour les producteurs de Kongoussi, dans la province du Bam au Burkina Faso. Non seulement la texture du sol s'y prête, mais également la technique simple et efficace est moins chère et permet une économie d'eau. Le ratio coût d'investissement par rapport à la puissance énergétique délivrée montre que cette association est plus performante.

Les résultats de ce travail ne permettent pas de connaitre les effets de l'irrigation de complément sur le rendement agricole car cette année la pluviosité a été bonne et l'effet de l'irrigation d'appoint ne s'est pas fait ressentir. On a enregistré qu'une seule poche de sécheresse au cours de cette campagne agricole.

Mots clés:

1- Irrigation de complément

2- Agriculture

3- Micro bassin

4- Pompes à pédale

5- Poche de sécheresse

ABSTRACT

Facing desertification and climate change in the Sub-Sahara especially in Burkina Faso, the supplemental irrigation was the subject of extensive research on its ability to increase yields. The supplemental irrigation is indeed, regarded as a means of intensification of agriculture. It helps increase productivity while protecting it against the pockets of drought. It is a tool to fight poverty and hunger raging so endemic in sub-Saharan Africa, and in Burkina Faso in particular.

It is characterized by the construction of a micro retention basin of the less expensive runoff for the peasant and the choice of strategy of irrigation and drainage that allowed an improvement of his monetary income.

The comparative analysis of irrigation and drainage systems shows that sprinkler irrigation through the treadle pump (in the absence of the experimentation of the solar pump).Pump is the strategy best suited for producers of Kongoussi, in Bam province in Burkina Faso. Not only the texture of the soil is right, but also the simple and effective technique is cheaper and allows water savings. From this technology yields are much higher compared to control yields.

The results of this work don't allow knowing the effects of supplemental irrigation on agricultural production because this year the rain fall level is better.

Key words:

1- Supplemental irrigation,
2- Agriculture,
3- Micro basin,
4- Treadle pump ,
5- Pocket of drought.

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE: Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BUNASOLS: Bureau National des Sols

BCER: Bassins de Collecte des Eaux de Ruissellement

CDI: Centre de Documentation et d'information

CILSS: Comité Inter –Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel

CRDI: Centre de Recherche pour le Développement International

CV: Cheval Vapeur

DIPAC: Développement de l'Irrigation Privé et des Activités Connexes

ETM: Evapotranspiration maximale

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GMP: Groupe motopompe

HMT: Hauteur Manométrique Totale

HGT: Hauteur Géométrique totale

INBTDP: India- North Bengal Terai Development Project

INRA: Institut National de Recherche Agronomique

NAFASO: Neema Agricole du Faso

NPK: Sodium Phosphore Potassium

PCDA: Programme Compétitivité Diversification Agricoles

PE: Polyéthylène

PVC: Polychlorure de Vinyle

Sommaire

DEDICACES....ii
REMERCIEMENTS....iii
RESUME....iv
ABSTRACT....v
LISTE DES ABREVIATIONS....vi
Sommaire....1
LISTE DES TABLEAUX....3
LISTE DES FIGURES....4
INTRODUCTION....5
1. Contexte et justification....5
2. Problématique....5
I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE....6
1. Systèmes d'irrigation....6
1.1. L'irrigation par gravité....6
1.2. L'irrigation par aspersion....8
1.3. Le système californien....9
1.4. L'irrigation goutte –à- goutte....10
2. Techniques d'exhaure....12
2.1. Les pompes à motricité humaine....12
2.2. Les motopompes....13
2.3. Les pompes solaires....14
II. OBJECTIFS....17
1. Objectif global....17
2. Objectifs spécifiques....17
III. CADRE DE L'ETUDE....18
1. Localisation de la zone d'étude....18
2. Climat – végétation....18
3. Relief- sol....19
IV. MATERIELS ET METHODES....20
1. Le matériel....20
1.1. Le bassin....21

2. Type de spéculation et besoin en eau 23
2.1. Type d'irrigation et période 24
2.2. Les variantes d'irrigation 24
3. Méthodologie 24
3.1. Les enquêtes 24
3.2. Aménagement des exploitations 24
3.3. Indicateur pour évaluer la qualité du maïs 28
3.4. Méthode des carrés- échantillons 26
V. RESULTATS 29
A/ Les trois techniques d'exhaure et leurs performances 29
1. Le pompage par énergie solaire 29
2. Le pompage par motricité humaine avec «Money Maker» 30
3. Les motopompes à essence ..... **Erreur ! Signet non défini.**
B/ Etude comparative de deux techniques culturales sous irrigation de complément 32
1. Les techniques culturales dans la zone de Kongoussi 32
2. Etude technique de la méthode du zaï amélioré et des billons 32
C/ Application au cas de Mogodin et de Yennéga 34
1. Des rendements plus importants sur billons irrigués 35
1. Des rendements légèrement supérieurs avec la motopompe que la pompe Money Maker ... 36
2. Plus de grains dans les épis de maïs irrigués à Mogodin 36
3. Une irrigation plus efficace avec l'aspersion qu'à la raie 37
4. Un coût d'investissement plus important avec la motopompe 38
VI. ANALYSE- DISCUSSION 39
A/ Les systèmes d'exhaure et leurs performances 39
1. Présentation de la structure des coûts par système d'irrigation et par mode d'exhaure 39
2. La technique culturale la plus indiquée à Mogodin 41
B/ Analyse des résultats de l'irrigation à Mogodin et à Yénnéga 42
VII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 47
1. Conclusion 47
2. Recommandations 47
BIBLIOGRAPHIE 49
ANNEXES 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1: Caractéristiques de l'irrigation par aspersion 8

Tableau 2: Longueur des tuyaux en fonction du mode d'irrigation et du débit 10

Tableau 3: Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte-à-goutte 11

Tableau 4: Caractéristiques des pompes à pédale et manuelles 13

Tableau 5: Besoins journaliers de quelques cultures 15

Tableau 6: Puissance délivrée par une pompe solaire à différents HMT 16

Tableau 7: Coût d'investissement pour l'installation des pompes solaires de grande puissance 17

Tableau 8: Montrant les différentes stratégies de revêtement et leurs coûts 21

Tableau 9: Coûts pour la stabilisation de chaque stratégie 22

Tableau 10: Caractéristiques des pompes solaires de faible HMT 28

Tableau 12: Rendements sur billons 35

Tableau 13: Rendements sur zaï 35

Tableau 14: Comparaison des coûts des pompes 38

Tableau 15: Calcul de pertes de charges dans les tuyaux 40

Tableau 16: Comparaison des coûts des différents modes d'exhaure 43

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Irrigation par aspersion 9

Figure 2: Système d'irrigation goutte-à-goutte 12

Figure 3: Pompes domestiques- zones de performances 16

Figure 4: Carte de la province du Bam 18

Figure 5: Température et pluviométrie du Yatenga de 1979 à 2009 19

Figure 6: Carte des sols de Kongoussi 19

Figure 7: Carte des sites d'expérimentation 20

Figure 8: Bassin de rétention d'eau de ruissellement 22

Figure 9: Creusage d'un trou zaï 24

Figure 10: Procédé d'évaluation des rendements 27

Figure 11: Proposition d'irrigation avec la pompe vide cale 29

Figure 12: Irrigation par aspersion avec la pompe Money Maker 30

Figure 13: Irrigation à la raie avec la motopompe 30

Figure 14: Champ de maïs avec le système zaï 32

Figure 15 : Culture sur billons en zone argileuse 33

Figure 16 : Profil hydrique du sol de Mogodin 34

Figure17: Comparaison irrigation sur billons et sur zaï 36

Figure18: Rendement du maïs après irrigation 36

Figure19: Epi de maïs à Yennéga 37

Figure 20: Configuration du commutateur du courant 41

Figure 21: Flétrissement temporaire du maïs 42

Figure 22: Reprise après irrigation 42

Figure 24 : Performance des pompes en fonction des ratios C/P et C/P/ha 43

INTRODUCTION

1. Contexte et justification

En Afrique de l'Ouest comme partout en Afrique subsaharienne, l'agriculture est un instrument de développement crucial et un moteur de croissance économique; elle contribue à la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. C'est pourquoi l'augmentation de la productivité agricole est primordiale. Dans les zones faiblement arrosées, l'amélioration de la gestion de l'eau pour l'irrigation, est un facteur déterminant pour la productivité agricole.

En effet, l'irrigation permet de doubler, voire de quadrupler les rendements et de faire passer les populations bénéficiaires au-dessus du seuil de la pauvreté (FAO, 2010).

Dans les régions arides, les eaux de ruissellement représentent un important potentiel hydrique renouvelable; leur mobilisation et leur valorisation requièrent des ouvrages de petites et de moyennes hydrauliques (banquettes, seuils en pierres sèches etc.) pour la création de lacs collinaires ou de petites retenues d'eau servant à l'irrigation des périmètres avoisinants (Chahbani, 2003).

Sur les marchés nationaux, régionaux et internationaux, la compétitivité des productions à haute valeur ajoutée est liée à deux facteurs: la régularité des approvisionnements et la qualité des produits. L'irrigation est un élément clé pour ces deux paramètres. C'est pourquoi, les projets portant sur l'amélioration de la compétitivité agricole sur le marché international récemment mis en œuvre en Afrique de l'Ouest ont généralement une composante consacrée au développement de la petite irrigation individuelle ou collective. En effet, la petite irrigation apparaît comme un secteur prometteur car sa conception simple, son faible coût, sa souplesse d'application ainsi que ses bénéfices socio-économiques en font une alternative efficace aux grands périmètres irrigués.

Les études entreprises par les chercheurs de l'INRA (Maroc) ont démontré qu'une seule irrigation d'appoint de 60 mm engendre une augmentation des rendements de 50 à 100% par rapport au témoin pluvial et peut produire jusqu'à 80% du potentiel permis par l'irrigation à l'ETM (EL Ghali, 1992, cité par Hommes Terre et Eaux, 2000).

2. Problématique

Un bassin de rétention est un ouvrage hydraulique conçu pour recueillir, stocker et mobiliser les eaux de ruissellement. L'idée de création de bassins se justifie par la

mobilisation de l'eau pour l'agriculture d'appoint mais aussi par la contribution dans une moindre mesure à l'alimentation des nappes profondes.

C'est dans cette optique que le projet «irrigation de complément et information climatique » initié et piloté par 2iE et financé par le CRDI a entrepris la construction des bassins de collecte des eaux de ruissellement (BCER) pour l'irrigation de complément en cas de poche de sécheresse dans les provinces du Bam et Yatenga. L'irrigation d'appoint s'avère donc être une pratique intéressante mais sa mise en œuvre nécessite un certain nombre de conditions liées aux modes d'exhaure et aux techniques d'irrigation adaptées. La recherche de dispositifs adaptés pour mener à bien cette irrigation de complément est une étape essentielle, voire indispensable.

Afin de trouver les solutions adéquates pour améliorer la production agricole au moyen de la collecte des eaux de ruissellement, une comparaison à la fois des différents modes d'exhaure et d'irrigation s'impose pour mettre au point une nouvelle stratégie visant une meilleure gestion de l'eau d'irrigation en agriculture pluviale. C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude.

I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

En Afrique subsaharienne comme partout ailleurs, le besoin de l'accroissement de la production a contraint les agriculteurs à opter pour l'irrigation. Au Burkina Faso, on distingue plusieurs techniques d'irrigation et d'exhaure utilisées par les producteurs pour améliorer leurs rendements. Parmi celles ci on peut distinguer:

1. Systèmes d'irrigation

1.1. L'irrigation par gravité

La technique de l'irrigation gravitaire consiste à arroser les cultures en faisant ruisseler l'eau sur surface du sol. Dans la grande majorité des cas, le transport de l'eau se fait par canaux fonctionnant à surface libre. Le coût de construction d'un réseau gravitaire est 3 à 4 fois plus inférieur à celui d'un réseau sous pression et ne nécessite pas ou peu de consommation d'énergie. En contre partie l'efficacité de ces réseaux est faible le plus souvent inférieure à 30% et nécessite une main d'œuvre importante, alors qu'on atteint facilement 80 à 90% pour les réseaux sous pression.

Il existe 3 principaux systèmes d'irrigation gravitaire, avec de nombreuses variantes, qui sont : l'irrigation à la raie, à la planche ou au bassin. Les paramètres de l'efficience de l'eau pour ces différents systèmes d'irrigation sont:

- l'efficience d'application (Ea),
- l'uniformité de distribution (Ud),
- le coefficient de stockage (Cs).

Le tableau de l'annexe 7 montre les paramètres de l'efficience de l'eau pour différents systèmes d'irrigation (A. Bouaziz, 2002):

L'efficience d'application (Ea) est le rapport entre l'eau disponible pour les cultures et l'eau reçue à l'entrée de la parcelle; elle est en moyenne de l'ordre de 70% pour les planches, 59.5% pour les raies et 52 % pour le bassin.

L'uniformité de distribution (Ud) qui traduit la régularité de la répartition de la dose d'arrosage sur la parcelle est en moyenne de l'ordre de 84% pour les planches, 80% pour toutes les raies et 78 % pour les bassins.

Le Coefficient de stockage (Cs) qui indique le degré de comblement du déficit hydrique est de l'ordre de 83% pour les planches, 66% pour les raies (tous écartements confondus) et 49% pour les bassins. Le meilleur Cs a été enregistré pour la planche de largeur 6m.

Ces études menées à Gharb au Maroc montrent que l'irrigation par planche présente les meilleures performances (Bouaziz, 2002). Les faibles efficiences obtenues pour l'irrigation à la raie et au bassin sont dues essentiellement à l'état de nivellement des parcelles. Le nivellement constitue généralement une grande contrainte pour la conduite de l'irrigation gravitaire dans les périmètres irrigués; un meilleur rendement par la méthode de l'irrigation par planche passe par un bon nivellement de la parcelle.

Il est préconisé aujourd'hui la pratique de l'irrigation gravitaire à partir des micro-raies (6 à 10 m) et de micro-bassins (20 à 30 m); mais la technique d'irrigation par micro-raies reste la technique idéale surtout dans les sables de texture grossière et dans les limons sableux où l'infiltration est essentiellement verticale et très peu latérale. Le dispositif des micro-raies varie selon la disposition du terrain et celle de la pente, l'écartement des raies doit varier de 0,8 à 1m et disposées dans la parcelle en blocs parallèles de 6 à 10 m de large jusqu'à 300 m de long.

1.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est un système d'irrigation qui reproduit le phénomène naturel de la pluie, en maitrisant l'intensité et la hauteur de la précipitation; cette technique nécessite des conditions de pression moyenne à forte (3 à 6 bars à la buse). La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart des types de sol. La pluviométrie moyenne des asperseurs (en mm/h) doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol pour éviter le ruissellement des eaux en surface. Cette technique est à écarter pour l'irrigation des cultures sur des sols à encroûtement rapide. L'eau d'irrigation doit être propre, exempte de matières solides en suspension pour éviter l'obstruction des buses et le dépôt des matières solides sur frondaison.

L'irrigation par aspersion est peu répandue en Afrique de l'Ouest en raison de son coût d'investissement élevé (2 à 3 millions FCFA par hectare); bien qu'elle permette une diminution de l'apport en eau comparativement à l'irrigation gravitaire, elle s'avère coûteuse en dépense énergétique pour assurer une pression constante dans un réseau de 20 à 50 mètres, voire plus.

- Les caractéristiques de l'irrigation par aspersion sont:

Tableau 1: caractéristiques de l'irrigation par aspersion

Avantages	Inconvénients
-Grande adaptabilité aux différentes conditions de terrain, (climat, sol, pente) -Utilisation relativement simple et besoin en entretien restreint -Levée plus rapide à la plantation et à la reprise de végétation -Humidification de l'atmosphère ambiante qui limite les pertes en évaporation directe	-Efficience du réseau de l'ordre de 80% -Grande sensibilité au vent qui impose un recouvrement minimum de 75% des surfaces irriguées par poste -Création d'une atmosphère humide, propice au développement des maladies cryptogamiques (champignons) et des mauvaises herbes. -Sensibilité au feu (canalisation PE) -Gène pour la mécanisation

En marge de son coût d'investissement relativement élevé, une autre forme d'aspersion proche de l'arrosoir est souvent utilisée par les petits producteurs et est pratiquée avec une motopompe connectée à un tuyau muni à son extrémité d'une pomme d'arrosoir. Plusieurs

expériences sur l'usage de cette technologie ont été pratiquées au Mali et au Niger avec succès. Elle est aussi couramment pratiquée sur la côte du Golfe de guinée (Nigeria, Ghana, Bénin et Togo) par les producteurs urbains pour l'irrigation des produits maraichers.

Pour vulgariser et rendre accessible ce système d'irrigation par aspersion aux producteurs, des kits de micro aspersion (320 m^2), de mini aspersion (150 m^2) et de micro jets ont été rendus disponibles en Afrique de l'ouest et notamment au Mali par Win rock et le projet PCDA. Ces nouvelles technologies nécessitant une pression constante de 5 à 10 m sont fournies par un système de pompage (pompe à pédale, motopompe, pompe électrique); l'apport d'eau du micro jet est supérieur à 1l/h et peut atteindre 15 l/h en fonction de la pression. Ce système est très bien adapté aux pratiques d'arrosage traditionnel et est pratique pour l'arrosage des jeunes plants. De plus, ce mode d'arrosage permet de réduire le volume d'eau d'irrigation (moins de pertes).

L'investissement à l'hectare par l'irrigation par micro aspersion est d'environ 350 000 FCFA (ANPIP, 2001).

Figure1: Irrigation par aspersion (PIP2 Niger, 2008).

1.3. Le système californien

Le réseau californien est un réseau de canalisations PVC enterrées qui permet de diminuer les pertes par infiltration, d'acheminer l'eau sur une parcelle éloignée de la source de pompage ou ayant une topographie irrégulière, et de suivre le niveau d'étiage et de crue sans ajout ou manipulation de tuyaux. Les surfaces irriguées vont de 1000 m^2 à 2 ha, voire plus dans la mesure où le débit de pompage détermine la superficie irrigable. L'amélioration

de l'efficience de l'irrigation avec le réseau californien se traduit par une diminution du temps consacré à l'irrigation (40%) et, par conséquent, engendre une baisse des charges de pompage, d'au moins 25% au Burkina Faso, le coût initial d'investissement étant d'environ 300 000 à 350 000 FCFA/ha (Sonou, 2010).

- Performances techniques:

Le diamètre des tuyaux, la longueur des tuyaux et le nombre de bornes sont fonction de la topographie, de la nature du sol, des cultures irriguées et du mode d'irrigation associé.

Tableau2: Longueur des tuyaux en fonction du mode d'irrigation et du débit

Diamètre (mm)	Plage de débit (m3/h)	Longueur maxi de réseau conseillé (m)		Nb de bornes d'arrosage	Superficie maxi conseillée (ares)
		Arrosage par aspersion	Arrosage gravitaire		
40	3 à 5	48	90	3 à 6	25-50
50	5 à 10	100	200	6 à 15	60-150

Le réseau californien est recommandé pour vaincre les contre-pentes. Il est très bien adapté dans les jardins à sol sableux car il permet de diminuer les pertes en eau lors de l'irrigation et permet un gain en temps d'irrigation considérable. On peut alimenter le réseau avec une motopompe mais aussi avec une pompe à pédales aspirante-refoulante.

1.4. L'irrigation goutte –à- goutte

L'irrigation goutte à goutte convient surtout aux cultures en lignes et à l'arboriculture. On peut utiliser un ou plusieurs goutteurs pour assurer une irrigation adéquate. A cause du coût d'installation élevé, cette technique d'irrigation est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité.

Dans les régions où l'eau est rare, l'irrigation goutte-à-goutte est le moyen le plus efficace pour conserver l'eau pour l'irrigation. Elle apporte l'eau directement à la plante par le biais d'un tuyau en plastique, empêchant de ce fait des pertes dues à l'évaporation ou au ruissellement. Si l'écoulement est réglé correctement, les pertes d'eau dues aux percolations en profondeur (c'est-à-dire qui pénètrent le sol sous l'appareil radiculaire et coulent dans la surface de la nappe souterraine libre) peuvent être réduites au minimum. Ceci a pour effet de maintenir les racines humides et de favoriser la croissance tout en maintenant le reste de la

plante relativement sèche, ce qui a pour avantage d'éviter les maladies. Le système goutte à goutte permet d'améliorer la distribution (rampes d'irrigation) et l'application de l'eau à la parcelle (débit par goutteur inférieur à 1 litre par heure), notamment en diminuant la quantité d'eau apportée à la plante. L'efficience du système goutte à goutte est de 90% à 95% contre 40 à 50% pour l'irrigation gravitaire et 70% à 80% pour l'aspersion.

Cette méthode d'irrigation s'adapte presque à tous les types de sol. En sols argileux le débit des goutteurs doit être faible pour éviter la stagnation de l'eau ou bien l'écoulement par ruissellement. Dans le cas de sols sableux, les goutteurs doivent avoir un débit fort pour que l'infiltration latérale des eaux soit suffisante. La faible pression de service (1 à 2m) étant le point commun entre les différents matériels de goutte à goutte utilisés, elle permet donc de simplifier la technologie et de réduire son coût d'achat. Pour maintenir ce coût le plus bas possible, différents kits ont été conçus pour des superficies de 20m^2, 100m^2, 200m^2 et 500 m^2.

Le tableau 3 indique les avantages et les inconvénients de l'irrigation par goutte-à-goutte:

Tableau 3: Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte-à-goutte

Avantages	Inconvénients
-Efficience du réseau supérieure à 90 % -Insensibilité au vent -Possibilité de mécanisation totale en cas de réseau enterré -Possibilité d'apporter et de fractionner les engrais et traitements directement par le réseau d'irrigation	-Travail important et soigné de préparation du sol et de pose du matériel -Traitement préventif contre l'intrusion des racines à l'intérieur des goutteurs -Risque important de colmatage nécessitant un équipement performant de filtration, de régulation, ainsi qu'une soupape d'entrée et d'évacuation d'air en cas de réseau enterré -Travail technique et régulier de vérification et d'entretien de la station de filtration et des lignes de goutteurs -Remplacement du réseau tertiaire (goutteurs) lors de la replantation lorsque celui-ci est enterré

La mise en pression est obtenue à partir d'un réservoir surélevé d'une capacité variable (de 100 litres à 4 m^3 pour le maraichage) qui est alimenté 1 à 2 fois par jour par une pompe manuelle ou une motopompe. Elle ne nécessite donc pas l'utilisation en continu d'un système de pompage dont le coût de fonctionnement est élevé. Un seul et même réservoir peut alimenter plusieurs kits d'irrigation (Sonou, 2010).

Le coût d'achat d'un kit d'irrigation est relativement élevé: 21 000 F.CFA à 40 000 F.CFA pour 100m^2 et de 150 000 F.CFA pour 500 m^2, soit de 2.100.000 à 4.000.000 FCFA/ha. Les différents prix des kits goutte à goutte pour le maraichage sont consignés dans le tableau de l'annexe 11.

Figure 2 : Système goutte à goutte (CRITCHLEY)

2. Techniques d'exhaure

L'irrigation des cultures étant souvent accompagnée d'un mode d'exhaure, trois modes d'exhaure sont habituellement utilisés:

2.1. Les pompes à motricité humaine

On distingue deux types de pompes à motricité humaine : les pompes à pédale et les pompes à main

- Les pompes à pédale

Les pompes à pédale ont fait leur apparition en Afrique de l'Ouest au début des années 1990 où elles ont connu des améliorations techniques afin de s'adapter aux conditions de pompage en Afrique qui sont différentes de celles rencontrées au Bangladesh, lieu où elles ont été développées pour la première fois.

- Fonctionnement

C'est une pompe volumétrique à motricité humaine qui est actionnée par pédalage. Les pédales actionnent 2 pistons. Lorsqu'un piston monte, le clapet d'aspiration de la boîte à clapets s'ouvre et laisse passer l'eau dans le cylindre (c'est l'aspiration). A la descente du piston, le clapet d'aspiration se ferme tandis que celui de refoulement s'ouvre, obligeant ainsi

l'eau à sortir au niveau du tuyau de refoulement (c'est le refoulement). Pendant le même temps, l'autre piston et ses clapets correspondants font le mouvement opposé.

Le coût du kit d'une pompe Money Maker aspirante-refoulante est de 60 000 FCFA en moyenne au Burkina Faso. Elle génère un revenu net très élevé car ces pompes sont principalement utilisées pour irriguer des cultures maraîchères (Gradelle, 2002). Il faut noter que le rendement d'une culture d'oignon au Niger donne 30 à 70 tonnes à l'hectare (PIP2, 2008).

- Les pompes manuelles

La pompe manuelle est un dispositif permettant d'aspirer l'eau d'une profondeur maximale de 8 m et d'une distance d'aspiration maximale de 200 m et la déverser dans un canal ou un bassin au moyen des mains. Son fonctionnement est très simple; elle fonctionne sur le même principe que la pompe à pédale; elle peut être mise en marche par une ou deux personnes. Son coût approximatif est de 80 000 FCFA.

Elle est recommandée pour les irrigants qui ne peuvent pas monter sur une pompe à pédale. Elle permet aussi l'irrigation par gravité et peut irriguer 0,6 ha en 5h de travail.

- Comparaison des caractéristiques techniques entre pompe à pédale et pompe à main:

Tableau 4: Caractéristiques des pompes à pédale et à main (Kick START, 2004)

Caractéristiques	Pompes à pédale	Pompes manuelles
Aspiration maximum	7 m	8 m
Hauteur max de refoulement	7 m	7 m
Débit	4,8 -7 m3/h	6 -7 m3/h
Capacité d'irrigation par jour	0,75 ha	0,5 ha
Refoulement max (sur terrain plat)	200 m	200 m
Nombre d'asperseurs actionnés	5	3
Poids	21 kg	4,5 kg

2.2. Les motopompes

En Afrique de l'Ouest, durant ces quinze dernières années, l'utilisation de motopompes de faible puissance (2,5 à 5 CV) pour l'irrigation de parcelles de superficies comprises entre 0,5 et 2 hectares s'est considérablement accrue. C'est dans le souci d'accroitre les surfaces irrigables et du fait de la subvention de l'irrigation motorisée que bien

de producteurs s'investissent dans l'achat de ces motopompes à faible coût en provenance de la Chine. Force est de constater que ces motopompes utilisées par les producteurs sont souvent surdimensionnées par rapport aux besoins en raison de l'absence d'appui conseil et à cause d'une offre inadaptée aux besoins des producteurs. C'est pour remédier à ce problème que le projet DIPAC au Burkina Faso a mis sur pied une gamme de motopompes performantes et adaptées aux conditions du milieu capables d'irriguer 0,5 à 2 ha de cultures. Ces motopompes sont principalement le groupe constitué de motopompes à hélice et à huile de pourghère, qui sont mieux adaptées aux réalités africaines car dimensionnées par rapport aux besoins des producteurs.

Outre ces GMP, il existe en Inde plusieurs milliers de pompes diesel dont le rendement a été étudié par le projet INBTDP. Après un certain nombre d'adaptations techniques, la pompe a été équipée d'un moteur plus petit qui consomme 50 % de carburant en moins et qui est plus facile à transporter. Ces motopompes améliorées de 2,5 CV donnent autant d'eau que les pompes traditionnelles de 5 CV. Les ateliers locaux formés à cette technologie ont commencé à produire ces "nouvelles" pompes. Par exemple, une pompe diesel de 4 CV qui peut irriguer 5 ha jusqu'à des hauteurs géométriques de 6 m, consomme 0,45 l /h de gasoil.

Le coût d'investissement pour l'achat d'une motopompe se situe aux alentours de 100 000 F.CFA pour une motopompe de 3 chevaux (Burkina, Mali, Niger). Bien que jugée rentable, l'investissement initial est le premier facteur bloquant pour le développement de l'irrigation motorisée sans oublier les frais de modification du moteur qui s'élèvent à environ 50 000 FCFA. En dépit du coût exorbitant de la motopompe, deux raisons expliquent le passage à l'irrigation motorisée : la diminution de la pénibilité de l'exhaure et l'augmentation de la superficie irriguée.

2.3. Les pompes solaires

Fonctionnant au "fil du soleil", le pompage solaire est sans doute l'une des plus pertinentes utilisations de l'énergie solaire photovoltaïque. L'évolution progressive, depuis 20 ans, des matériels et des gammes de performance permet aujourd'hui de considérer le pompage solaire comme une technologie mature. Il existe trois paramètres techniques qui délimitent l'évaluation d'une pompe solaire:

- La quantité d'eau requise par jour

Elle impose la connaissance préalable des besoins en eau journaliers des cultures envisagées. En effet, l'estimation de la quantité journalière d'eau permet de savoir si la ressource en question est suffisante pour l'irrigation de la culture pratiquée. Le tableau suivant présente les besoins journaliers en eau pour quelques cultures au Burkina Faso:

Tableau 5: Besoins journaliers de quelques cultures (Royer, 1998)

Cultures à l'échelle du village	60 m^3/jour/ha
Riz	100 m^3/jour/ha
Graines	45 m^3/jour/ha
Maïs	90 m^3/jour/ha
Coton	55 m^3/jour/ha.

- La disponibilité de l'eau

Pour l'irrigation dans les petits périmètres, il est préférable que la ressource hydrique soit une eau de surface (lac, rivière, boulis, mares etc.) afin d'obtenir un débit élevé. On peut aussi déterminer la disponibilité de l'eau si la source est un puits ou un forage peu profond; dans ce cas, il faut connaitre les caractéristiques de cet ouvrage (le diamètre du puits ou du forage, son niveau statique et dynamique à plusieurs débits pendant une journée). À partir de ces informations sur la nappe aquifère concernée, on pourra donc estimer les conditions maximales de débit et de rabattement pour l'année.

- La ressource solaire

L'emplacement du système de pompage photovoltaïque sera déterminé en fonction du lieu de la ressource aquifère. Afin de minimiser les pertes de charge, le générateur solaire sera installé le plus près possible de la pompe, à un endroit découvert, sans ombrage.

Toutes ces conditions remplies, la performance technique du pompage solaire dépendra du type de pompe utilisé. Le graphique de la figure 10 illustre, pour une sélection de trois pompes distribuées sur le marché en Europe, la zone de performance débit journalier/hauteur de pompage.

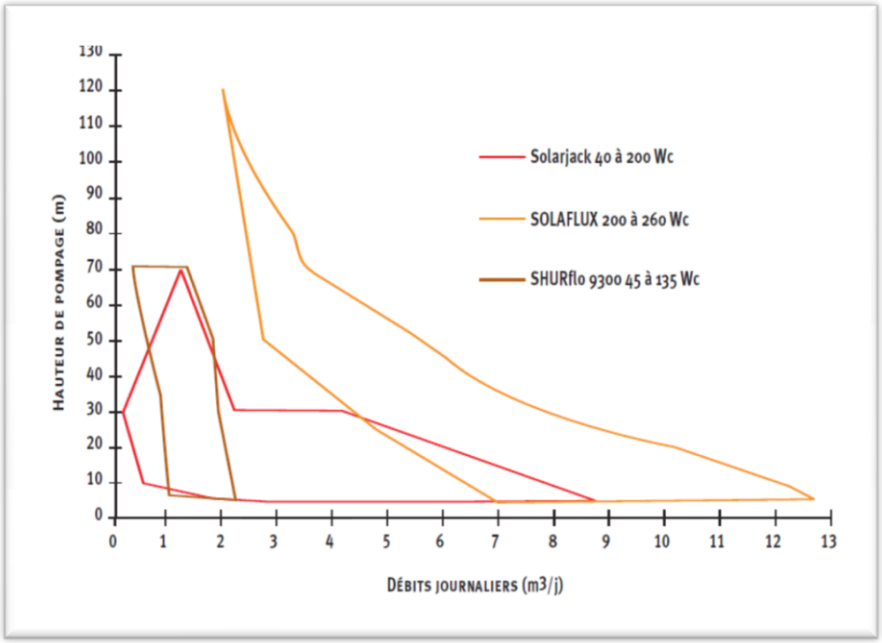


Figure 3: Pompes domestiques- zones de performance

Source: *Technologies européennes du pompage solaire photovoltaïque*

L'analyse du graphique de la figure 3 montre que pour de faibles débits, les pompes ne sont très performantes que pour les HMT élevées (entre 30 et 120 m), par contre quand la HMT est faible (moins de 10 m) les débits fournis par ces pompes sont élevés. Ce système a pour avantage de fournir (dans ces conditions d'exhaure à faible HMT) des débits beaucoup plus importants.

Le tableau 6 montre la puissance délivrée par une pompe à énergie solaire pour des HMT différents:

Tableau 6: Puissance délivrée par une pompe solaire à différents HMT

Energie (Wh)	Ensoleillement (H)	Pertes (%)	Puissance (Wc)	Tension (V)	Intensité (A)	HMT (m)
520	5	20	130	24	5,5	7 (A)
149	5	20	37	12	3,5	2 (B)

Dans le premier cas (A), le champ aura donc une puissance de 150 Wc et sera composé de 3 modules de 50Wc fournissant une énergie de 520 Wh. Deux modules en série forment un panneau qui sera en parallèle avec le troisième module, donc le kit sera formé de deux panneaux. Dans le second cas (B) on voit que la pompe utilisera moins de la moitié de sa

puissance, ce qui veut dire que ce système ne sera pas efficient pour de faibles HMT (< 2m), donc économiquement non rentable.

Le tableau 9 montre les coûts d'investissement pour chaque option: plus l'énergie est élevée, plus grand est le coût d'investissement.

Tableau 7: Coûts d'investissement pour l'installation des pompes solaires de grande puissance

Intitulé	**Quantité**		**Prix unité (FCFA)**		**Prix total (FCFA)**	
	A	B	A	B	A	B
Pompe	1	1	200 000	200 000	200 000	200 000
Module	3	1	130 000	180 000	390 000	180 000
Amortissement (10%)	ff	ff	80000	38 000	50 000	38 000
Coût transport	ff	ff	50 000	50 000	50 000	50 000
Coût installation	ff	ff	50 000	50 000	50 000	50 000
Total					740 000	468 000

II. OBJECTIFS

1. Objectif global

L'objectif global de notre étude est de réaliser une étude comparative de deux techniques culturales sous irrigation de complément et de trois modes d'exhaure (motopompes, pompes à motricité humaine aspirante- refoulante «money Maker» et pompes utilisant l'énergie solaire).

2. Objectifs spécifiques

Ils visent à:

A/ En étudiant trois modes d'exhaures:

- Décrire les trois modes d'exhaure,
- Ressortir leurs performances techniques,
- Evaluer le rendement économique.

B/ En faisant une étude comparative des techniques culturales :

- Recenser les différentes techniques culturales dans la zone de Kongoussi,
- Etudier deux techniques culturales sous irrigation de complément (raie et aspersion).

III. CADRE DE L'ETUDE

1. Localisation de la zone d'étude

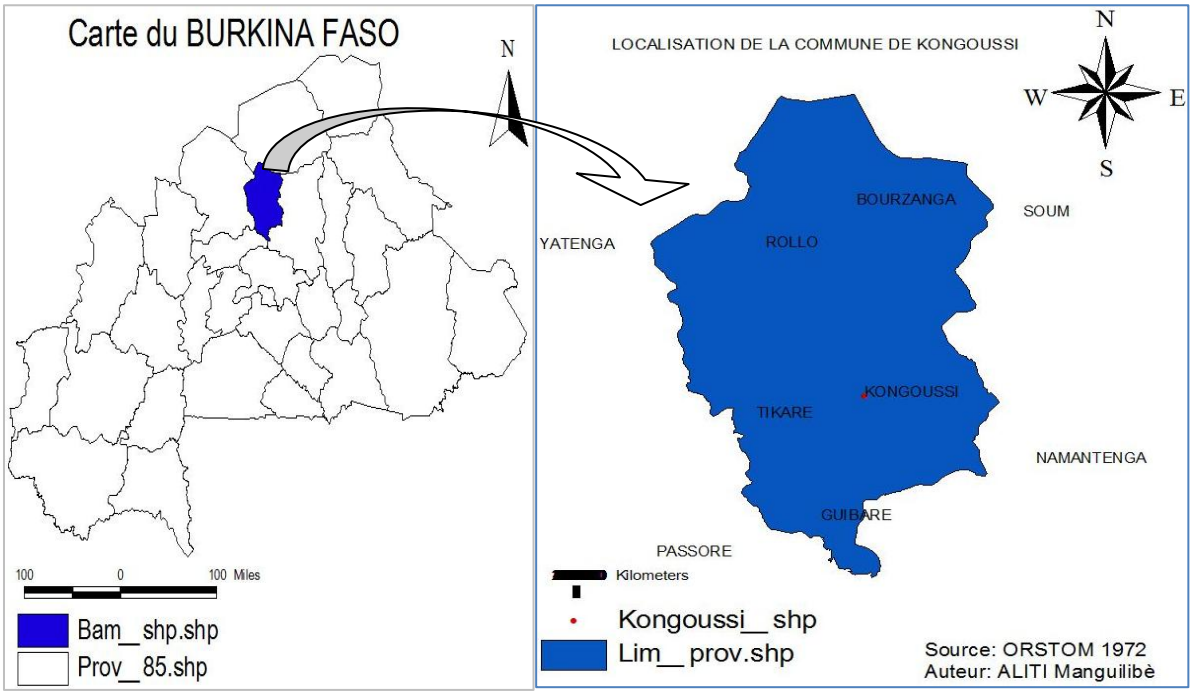


Figure4: Carte de la province du Bam (Aliti, 2012)

La localité de Kongoussi est située dans la région du centre nord du Burkina Faso qui se trouve en majeure partie dans la bande sahélienne. Cette localité relève de la commune de Kongoussi (chef-lieu de la province du Bam). Les coordonnées géographiques relevées sur la carte touristique et routière, IGB, 2000 sont : Longitude : 1°37'83.4'' Ouest et Latitude 13°18'53, 1'' Nord. Elle est située à une centaine de kilomètres au nord de Ouagadougou et elle est limitée:

- à l'Est par la commune de Barsalogho;
- à l'Ouest par les communes du Rollo et de Tikare;
- au Nord par la commune de Bourzanga;
- au Sud par la commune de Guibare.

2. Climat – végétation

La province du Bam fait partie du climat nord soudanien caractérisé par deux saisons: une saison hivernale qui va de juin à octobre et une saison sèche qui commence en novembre et prend fin en mai.

Elle est caractérisée par une pluviométrie de 500 à 700mm/an et une longue saison sèche de 6 à 9 mois (Guinko, 1984). Seule une petite portion de l'extrême nord plonge dans la zone sahélienne. Cette province se caractérise aussi par une très grande variabilité interannuelle et par une mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies. La figure 5 présente les températures maximales et minimales ainsi que la pluviométrie observée de 1979 à 2009.

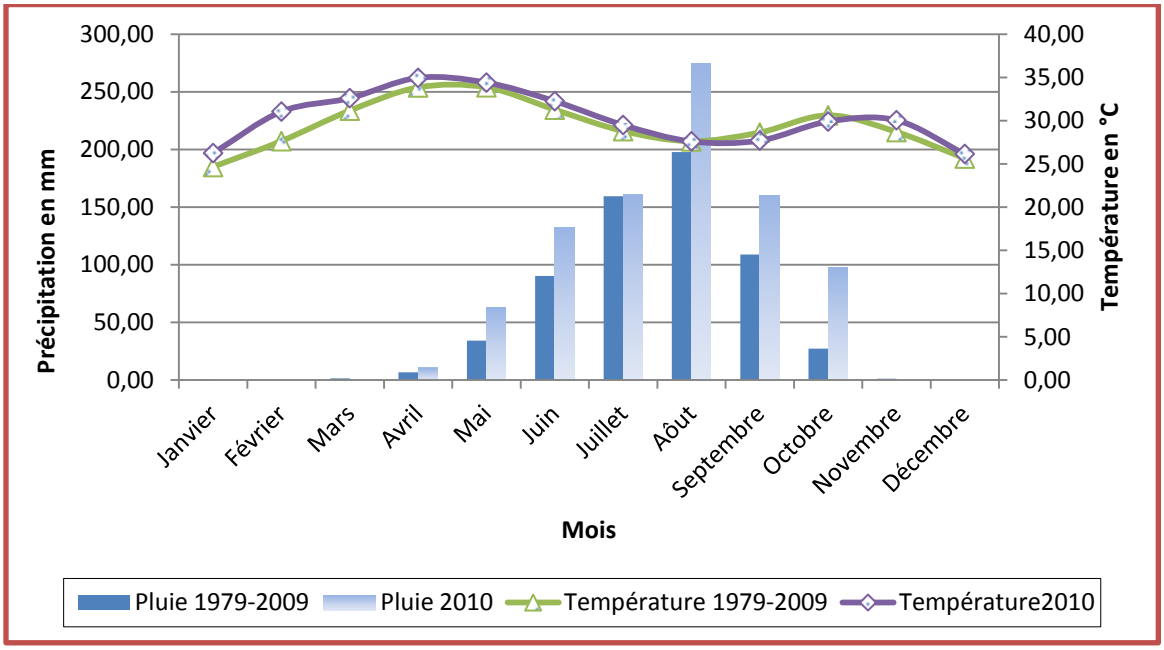


Figure 5: Températures et pluviométries du Yatenga de 1979 à 2009 (Savi, 2012).

La végétation est essentiellement du type herbacé et constituée des arbustes comme *l'acacia albida*, les eucalyptus, l'acacia sénégal et les arbres fruitiers.

3. Relief- sol

La province du Bam est formée d'une succession de collines et de plaines témoignant d'un passé très mouvementé. Ces collines sont essentiellement constituées de grès ferrugineux dont la dégradation a abouti à la formation des sols. La **figure 6** décrit la pédologie observée dans la localité de Kongoussi. La légende détaillée de cette carte est présentée dans l'annexe 6

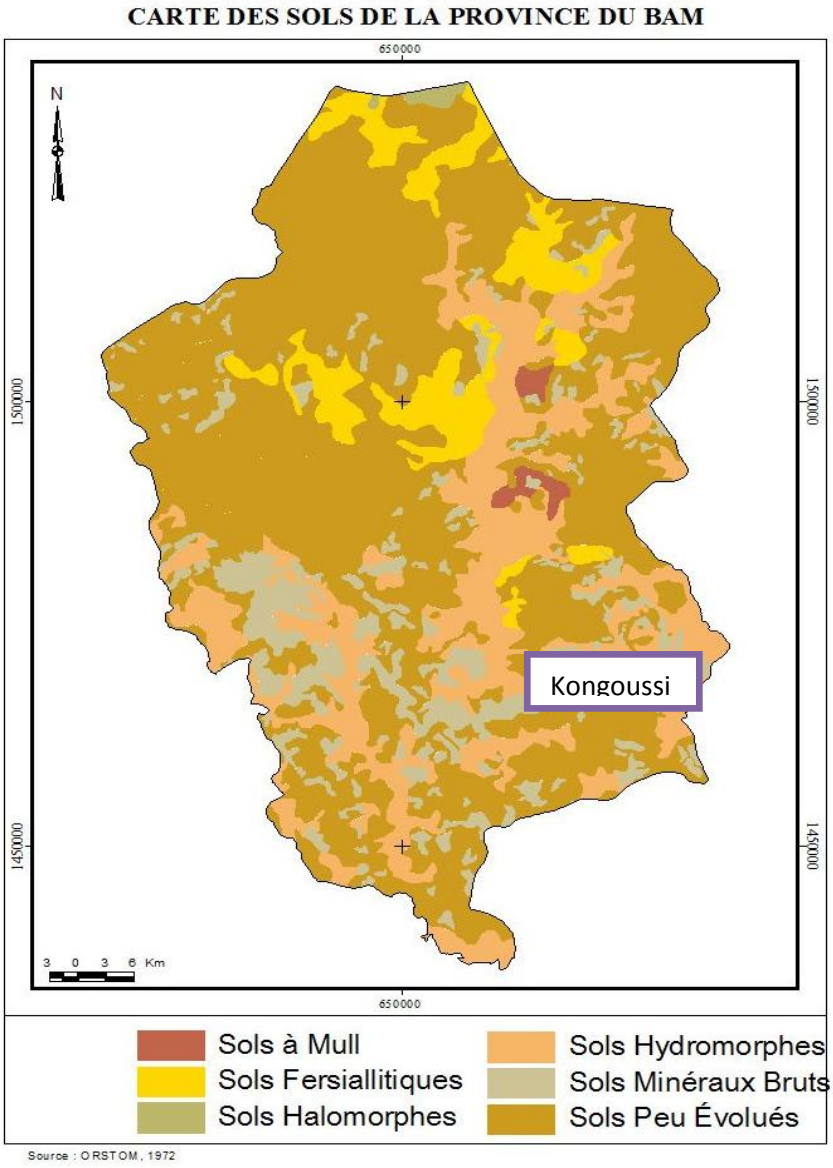


Figure6: Carte des sols de Kongoussi (Source: ORSTOM, 1972- Auteur: Aliti)

IV. MATERIELS ET METHODES

1. Le matériel

Les villages de Mogodin, de Yénnéga et de Sandouré dans le Bam font partie des villages dotés de BCER dans des exploitations agricoles pilotes. La figure 7 montre la situation des villages de Mogodin, de Yénnéga et de Sandouré dans la province du Bam.

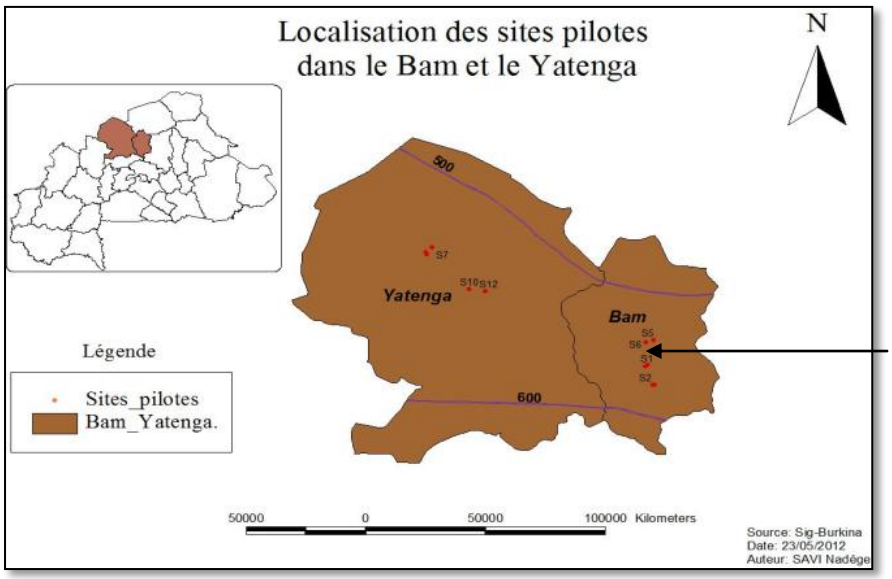


Figure 7: Carte des sites d'expérimentation (Savi, 2012)

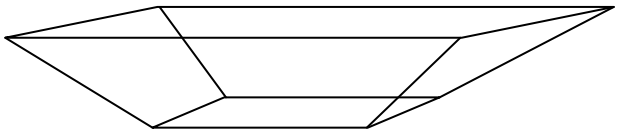
Les exploitations des producteurs MAIGA Boucari et SANKARA Taséré à Mogodin, André et Dominique SAWADOGO à Yénnéga, Daouda et Mamoud KANE à Sandouré ont été choisies pour l'expérimentation.

1.1. Le bassin

Une fois les besoins en eau de la culture déterminés, la forme et les dimensions sont à délimiter pour pouvoir contenir le volume d'eau recherché. Les pertes par évaporation sont plus élevées au niveau des bassins dont le toit est plus large que le mur mais sa construction est plus facile car plus stable. De l'autre côté un bassin avec un toit plus étroit et très profond entraine une faible évaporation mais les besoins en termes de matériels pour la stabilité et le coût de l'excavation sont très élevés. Par conséquent un choix judicieux s'impose pour optimiser les pertes par évaporation et le coût de construction du bassin.

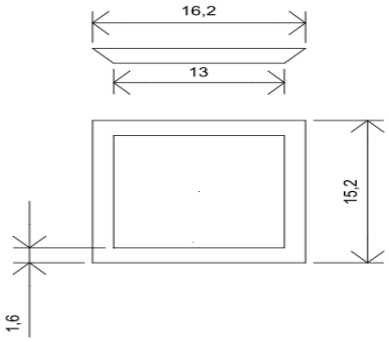
Après des efforts fournis par les paysans, les bassins ont finalement pris une forme trapézoïdale avec les dimensions suivantes:

- à l'intérieur: 13m x 12 m
- à l'extérieur: 15,2 m x 16,2 m
- hauteur: 1,6 m



Forme tronc de pyramide

Ce bassin a une contenance 283 m^3 dont le volume utile pour l'irrigation de complément est estimé à 150 m^3.



Le coût pour la réalisation d'un micro bassin pour l'irrigation de complément est compris entre 150 000 FCFA et 1 700 000 FCFA selon le type de bassin choisi.

- Imperméabilisation et stabilisation

L'imperméabilisation du bassin nécessite un revêtement de surface, plusieurs options sont envisageables. Le tableau 8 donne les options possibles et leurs coûts respectifs.

Tableau 8: montrant les différentes stratégies de revêtement et leurs coûts

Revêtement	Durée de vie (ans)	Superficie (m2)		Coût FCFA/m^2	Prix total FCFA
		Parois	Fond		
B1 : Argile lissée	5	90,24	156	125/m^2	30780
B2 : Argile lissée + ciment	10			500/m^2	123120
B3 : Argile lissée + grillage et cimentation sol	15			1000+125/m^2	277020
B4 : Ferrociment avec treillis soudé et cimentation sol	20			3000+500/m^2	861840
B5 : Perré maçonné+ plastic	10			1500+700/m^2	54180
B6 : Béton armé	30			2000/m^2	492480

Le choix du type de revêtement dépendra des objectifs visés par le producteur; l'analyse du sol du site de Mogodin et de Yennéga donne une texture sablo- argileuse. Le sable étant perméable à l'eau, l'option pour un revêtement avec l'argile lissée et le ciment pour combler d'éventuelles fissures est préconisée pour limiter les pertes par infiltration. L'entretien doit se faire chaque année avant l'arrivée des premières pluies afin de renforcer son efficacité, le coût d'entretien ne devrait pas dépasser 5 000 FCFA.

Une étude de stabilité étant fonction des matériaux utilisés, il a été prévu une pente de talus de 3 pour 1 (3 unités horizontales pour 1 unité verticale). Au cours de la construction, il est essentiel d'assurer un bon compactage pour la stabilité du mur.

En vue d'éviter le phénomène de l'érosion, une digue de préférence en terre est préconisée pour fermer le plan d'eau côté aval. Il est économiquement préférable d'utiliser les matériaux du site à cet effet. Les coûts d'investissement pour la stabilisation varient suivant la stratégie choisie:

Tableau9: Coûts pour la stabilisation de chaque stratégie

Stabilisation + clôture	Coût (enFCFA)
B1	50 000
B2	80 000
B3	200 000
B4	400 000
B5	80 000
B6	400 000

Figure 8 : Bassin de rétention d'eau de ruissellement (Photo Aliti)

2. Type de spéculation et besoin en eau

La superficie expérimentale irrigable étant de 0,2 ha, la spéculation choisie est le maïs; ses besoins en eau d'irrigation sont de 31,5 mm tous les cinq jours.

Il faut noter qu'il existe plusieurs variétés de maïs, la variété Barka dont le cycle végétatif est de 80 jours a été choisie pour l'expérimentation du projet; le besoin mensuel en eau d'irrigation est de 252 mm pour un rythme d'irrigation de deux fois par semaine.

2.1.Type d'irrigation et période

Il est considéré ici l'irrigation par gravité (irrigation à la raie) et par aspersion, les techniques culturales sont le zaï et les billons. La superficie expérimentale est de 0,2 ha et le témoin a une superficie de 50 m^2 et est soumis au régime pluvial, cependant il reçoit les mêmes amendements que la superficie expérimentale. Les deux champs doivent être côte à côte ou sur la même nature du sol ; les moyens d'exhaure sont la pompe à motricité humaine «Money Maker aspirante- refoulante» et la motopompe à essence.

La stratégie d'irrigation adoptée est une irrigation à partir du $5^{ème}$ jour s'il n'ya pas eu de pluie, car à partir du $5^{ème}$ jour, le plant de maïs commence par subir l'effet du stress hydrique. L'irrigation au moyen de la motopompe est pratiquée sur les billons et celle au moyen de la pompe à pédale sur zaï.

2.2. Les variantes d'irrigation

Il a été considéré deux cas de technique d'irrigation: la raie sur billons et l'aspersion sur zaï sur la culture du maïs. La détermination du débit d'irrigation s'est faite en comptant le temps nécessaire pour remplir un arrosoir de 15 litres.

3. Méthodes

3.1. Les enquêtes

Les enquêtes auprès des producteurs visent à relever les informations sur leur appréhension de l'irrigation de complément et son avantage pour le monde rural sahélien. La partie qualitative de l'étude est une enquête qui permet de recouper les données et d'approfondir les aspects sociaux. Ces enquêtes permettent aussi de relever les différents usages des bassins par les producteurs et de concevoir en association avec ces derniers le modèle de bassin qui leur est préférable et le système d'exhaure qui leur est favorable.

3.2.Aménagement des exploitations

3.2.1. Préparation du sol

Le labour a été effectué au moyen de la charrue à traction animale suivi de l'épandage d'engrais organique comme fumure de fond. La fumure a été déposée comme suit:

- 12 charrettes soit 1286 kg sur la parcelle de 0,2 ha
- 1 brouette soit 32,14 kg sur la parcelle témoin (50 m^2)

L'emiétage et le planage ont été faits à la houe traditionnelle.

Les billons ont été dressés à la houe traditionnelle et mesurent 15 m de long. Le zaï a consisté à faire des trous de quelques centimètres (15 à 20 cm) de profondeur sur toute la superficie du champ, ces trous sont disposés en quinconce et distants d'environ 80 cm. Le nombre de poquets creusés à l'hectare est estimé à 32889.

Figure 9: Creusage d'un trou zaï (Photo Aliti)

La première étape du zaï a consisté à creuser à l'aide de la pioche les trous ou micro-bassins peu avant le début des pluies (mois de juin). Le champ a été préalablement délimité par des cordons pierreux afin de limiter le ruissellement des eaux de pluies. La rugosité de la surface du sol est alors accentuée permettant de retenir les matières organiques, les débris végétaux, graines et microparticules transportés par le vent ou les eaux de pluie. Le compost y est ensuite déposé avant le semis et recouvert de la terre remuée.

3.2.2. Le semi

- **Sur billons**

Le semis s'est fait en ligne sur billons au début de la saison des pluies (dès que le pluviomètre a enregistré 20 mm). Les écartements sont les suivants :

0,80m x 0,40 m
- 0,80m entre interlignes
- 0,40m entre poquets

La disposition des billons est la suivante: la distance entre deux billons est de 80 cm, chaque billon mesure 30 cm de hauteur; l'espace entre deux poquets est de 40 cm et chaque poquet contient quatre graines qui sont réduites à deux graines après la levée. La densité du semis sur billons est de 6250 plants à l'hectare. Les graines ont été semées le 30 juin2012 aussi bien dans les trous zaï que sur les sillons.

- **Cas du zaï**

Le zaï a été fait en quinconce et les poquets sont espacés de 80 cm environs.

Entre le semis et les opérations d'entretien proprement dites a eu lieu le démariage qui s'est fait lors du 1er sarclage (14 juillet 2012).

3.2.3. La fertilisation et l'entretien

L'engrais organique a été épandu sur les parcelles avant le labour en guise de fumure de fond.

Dix jours après le semis, de l'engrais NPK a été appliqué à 10 cm des pieds des jeunes plantules, soit 200kg/ ha.

Le premier sarclage a eu lieu le 15ème jour suivi de l'apport de l'urée le 25ème jour à raison de 100kg/ ha; un deuxième apport a lieu le 35ème jour, soit 50kg/ha.

Les opérations d'entretien proprement dites sont:

- 1er sarclage: 15 jours environ après le semis suivi d'un désherbage
- 2ème sarclage ou sarclo-buttage: 45 jours après le semis
- 3ème sarclage: à la demande.

Source: itinéraire technique de la variété de maïs (barka). NAFASO

3.2.4. Traitement phytosanitaire

Il s'est résumé exclusivement en la lutte contre le principal ennemi qui est le striga par son élimination par voie manuelle.

Il rend compte du remplissage des grains et de la qualité alimentaire du maïs

3.3. Méthode des carrés- échantillons

Pour évaluer les rendements du maïs, nous avons choisi la méthode des carrés-échantillons. Elle consiste à installer dans les champs avant la récolte des carrés matérialisés

avec des piquets et de la ficelle. La taille des carrés et leur répétition sont déterminées en fonction de la taille moyenne des champs, de leur degré d'hétérogénéité, de la densité de plantation du maïs, et aussi des questions pratiques et du temps imparti (Rosenfeld, 1953). Ainsi, pour le blé, les carrés font 1 m de côté alors que pour la canne à sucre, des carrés de 10 m de coté sont appropriés (Rosenfeld, 1953).

Pour le maïs, plante mesurant 1 à 3 m de haut avant récolte, le carré a été fixé à 1 m de côté ce qui permet de mesurer les angles de 90° facilement. Un carré représente donc 1 m^2. Compte tenu du temps imparti, l'étude s'est basée sur 3 carrés de rendement par parcelle, ce qui selon les cas, représente 2 à 3 % de la surface de la parcelle (6 m* 7 m).

La pose des carrés en diagonal a été choisie pour l'évaluation des rendements car elle permet de représenter l'hétérogénéité de la parcelle.

L'évaluation du rendement des cultures se fait de la façon suivante:

- ✓ Délimiter un carré de 1 m de côté;
- ✓ Prendre au moins 3 stations (pour assurer l'hétérogénéité);
- ✓ Récolter et peser la production de chaque station;
- ✓ Faire la somme des poids des 3 stations;
- ✓ Déterminer le poids moyen en divisant le poids total par 3.

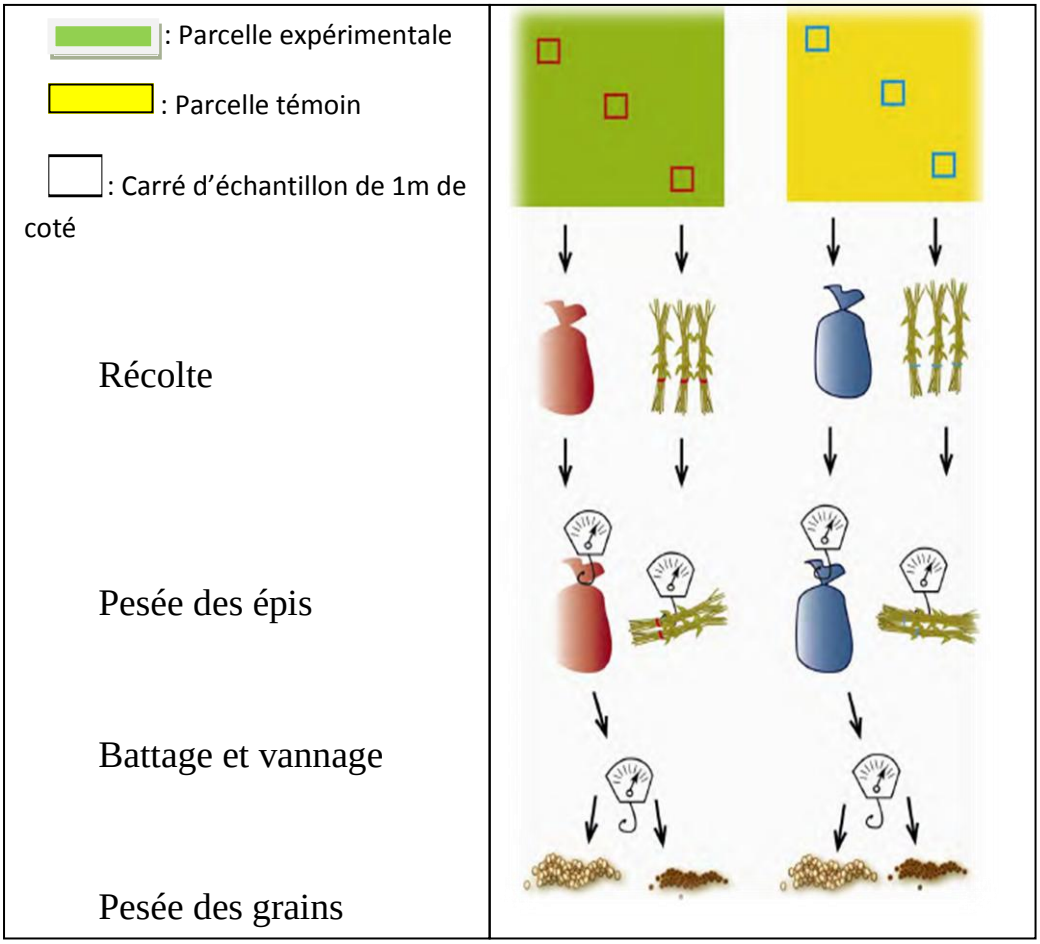


Figure 10: Procédé d'évaluation des rendements (Anaïs, 2012).

Estimation de la quantité du maïs

Cet indicateur agronomique est testé pour évaluer les caractéristiques du maïs (Anaïs, 2012):

$$\text{L'indicateur (en \%)} = \frac{Poids\ des\ grains}{Poids\ des\ épis}$$

V. RESULTATS

A/ Les trois techniques d'exhaure et leurs performances

1. Le pompage par énergie solaire

Avec le développement de la technologie, sont apparues sur le marché des pompes solaires de faible puissance mais qui pourraient être utilisées pour l'irrigation de complément pour les petites superficies.

Le fonctionnement de ces pompes est le suivant:

Le panneau solaire recharge la batterie grâce à l'énergie solaire, un régulateur contrôle la charge de la batterie sans qu'aucune surveillance ne soit nécessaire et la batterie stocke l'énergie en vue d'être utilisée ultérieurement. Le détecteur de niveau d'eau, relié au boîtier de commande automatique, déclenche le fonctionnement de la pompe lorsque cela s'avère nécessaire.

Après avoir identifié une gamme de ces pompes, les puissances délivrées par ces pompes nous ont permis de calculer les surfaces qu'elles pourraient irriguer et le coût d'investissement à des HMT variables. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau10: Caractéristiques des pompes solaires de faible HMT

Nom	HMT (m)	Puissance (Wc)	Energie (Wh)	Débit (m3/j)	Tension (V)	Prix pompe FCFA	Prix panneau FCFA	surface irrigable
Victron	1	17	68	10,5	12	50 000	45 000	0,11
	2	35	130,05	10,5		50 000	65 000	
Vide cale Tsunami	2	60	216	21		30 000	90 000	0,23
	1,8	36	144	21		30 000	65 000	
Vide cave automatique	2	90	346,81	28		25 000	130 000	0,31
	5,76	250	1000	28		25 000	325 000	
Vide cave à flotteur	2	65	260,11	21		45 000	100 000	0,23
	0,3	10	40	21		45 000	25 000	
Pompe cale immergée	0,5	12	48	15,5		20 000	45 000	0,17
	2	50	200	15,5		20 000	75 000	

La pompe solaire à faible HMT déterminée (la pompe vide cale Tsunami), les études ont permis par la suite, de proposer un aménagement sur 0,2 ha de superficie avec la technique culturale « demi- lune ».

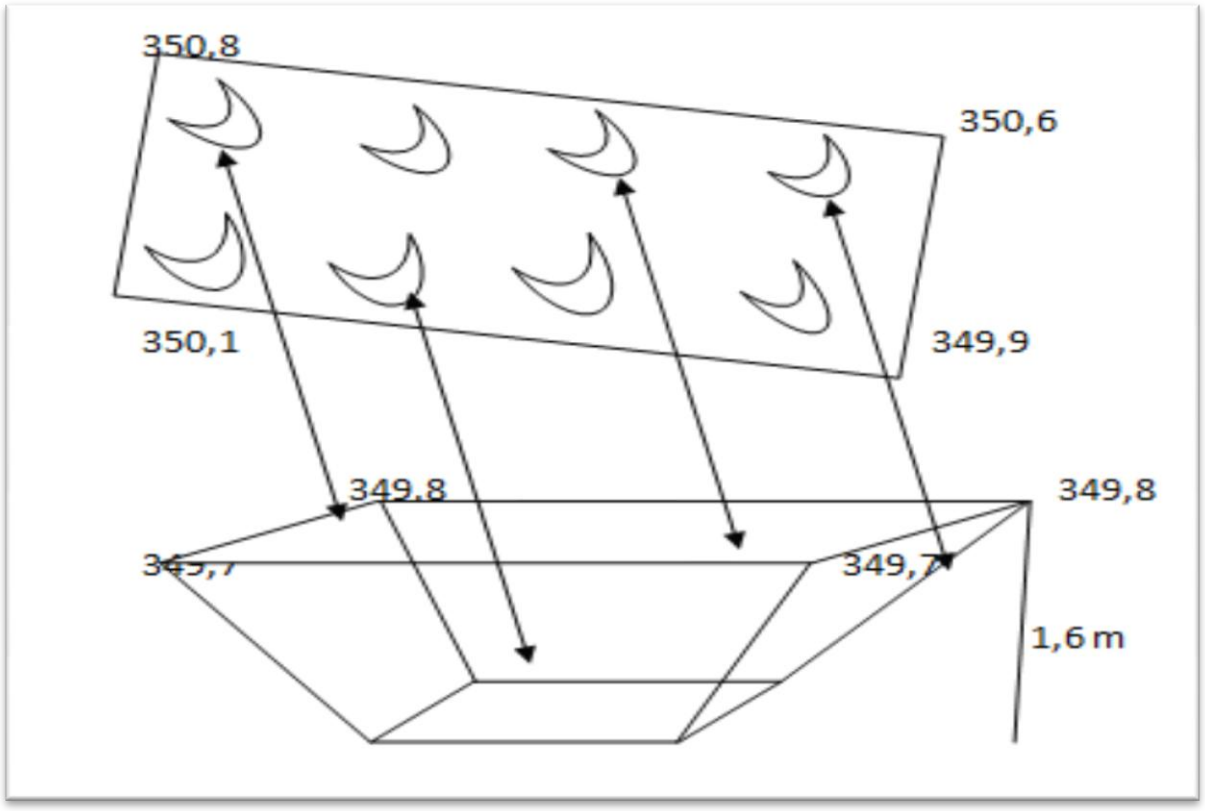


Figure 11 : Proposition d'irrigation avec la pompe vide cale.

2. Le pompage avec pompe à motricité humaine «Money Maker» et la motopompe à essence

L'irrigation avec la pompe money Maker et la motopompe à été faite à des fréquences différentes :

Tableau11 : Nombre d'irrigation par site d'expérimentation

	Mogodin		Yennéga		Sandouré	
Exhaure	Motopompe	Pompe à pédale	Pompe à pédale	Pompe à pédale	Pompe à pédale	Motopompe
Nombre d'irrigation	1	2	3	5	2	2
Temps moyen	45 mn	3 h 30 mn	4h 15mn	3h 45 mn	3h 45mn	1h 30 mn
Technique culturale	Billons	Zaï	Semis direct	Billons	Billons	Semis direct

Les figures suivantes montrent les résultats de l'irrigation par aspersion et à la raie au moyen de la pompe Money Maker et de la pompe à essence.

Figure12: Irrigation par aspersion par la pompe à pédale Money Maker (Photo Aliti, 2012)

Figure13: irrigation à la raie par motopompe à Mogodin (Photo Doto, 2012)

B/ Etude comparative de deux techniques culturales sous irrigation de complément

1. Les techniques culturales dans la zone de Kongoussi

Les techniques culturales rencontrées dans la province de Kongoussi sont les cultures en ligne ou billons, le zaï, le semi direct, les diguettes et la haie vive, labour à plat.

2. Etude technique de la méthode du zaï amélioré et des billons

2.1. La pratique du zaï amélioré

En augmentant la rugosité de la surface du sol, le zaï a permis de ralentir la vitesse du vent, de réduire la force du ruissellement et de capter des graines et des débris organiques. Ainsi lors des différentes averses qui se sont déroulées pendant la saison, on a constaté que seulement 7% des pieds de maïs ont été perdus.

Les observations de la parcelle zaï ont montré aussi que chaque poquet peut conserver l'humidité sur une dizaine de jours. La pose des diguettes a ralentit considérablement l'effet du phénomène d'érosion hydrique et de ruissellement de l'eau de pluie permettant ainsi l'infiltration latérale. La culture est semée en quinconce, ce qui a facilité la retenue d'eau dans les poquets.

Figure14: Champ de maïs avec le système zaï après irrigation (Photo Aliti)

2.2. La pratique de la technique des billons

L'observation faite sur les billons à Mogodin est qu'au cours de l'irrigation, l'eau stagne dans les sillons et s'infiltre progressivement jusqu'à atteindre les profondeurs racinaires de 30 à 50 cm. A Sandouré où le sol est de texture argileuse, ce sol a été imperméabilisé par une couche de battance empêchant l'infiltration de l'eau d'irrigation ou de pluie.

La longueur des raies à Yennéga a entrainé un assèchement du sol en amont de la parcelle car la parcelle était située sur une pente, ce qui a pour conséquence un flétrissement de la culture. Les pertes de pieds de maïs dues à l'averse s'évaluent à environ 4% à 6% suivant les sites.

Figure 15: Culture sur billons en zone argileuse à Sandouré (Photo Aliti, 2012)

Les mesures faites par la sonde neutronique du taux d'humidité du sol de Mogodin révèlent qu'avec les billons le sol peut conserver une humidité favorable au développement des cultures dans les 50 premiers centimètres durant une dizaine de jours sans pluie. Au-delà de 60 cm, l'eau est drainée vers la profondeur.

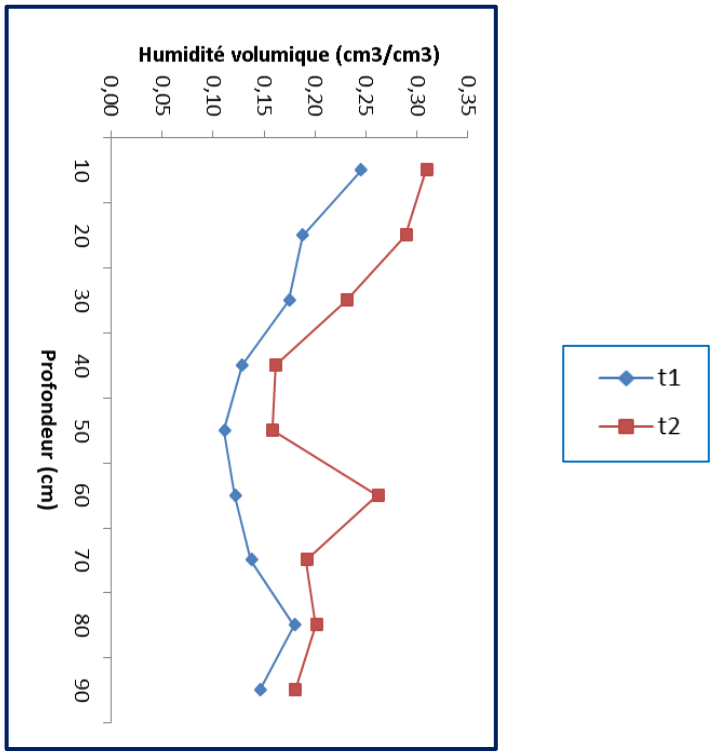


Figure 16 montrant le profil hydrique du sol aux dates t_1=22 jours et t_2=28

L'espace entre les deux courbes constitue la réserve d'eau disponible à la plante à la date t_2. En effet l'eau issue de la pluie du 22ème jour après semis a été retenue par les billons et s'infiltre progressivement dans les couches inférieures du sol, gardant ainsi l'humidité suffisante aux cultures. A partir de 50 cm, cette eau est perdue par drainage dans le sol.

C/ Application au cas de Mogodin et de Yennéga

L'ensemble des résultats est en annexe 7. Il est à noter que la parcelle de SANKARA Tasséré n'a pu être irriguée pour cause de non disponibilité de l'eau car son bassin très perméable ne retenait pas de l'eau pour l'irrigation. Le tableau de l'annexe 12 montre le nombre d'irrigation effectué sur chaque site d'expérimentation.

1. Des rendements sur billons et sur zaï

Le rendement moyen du maïs grain sur le site de Mogodin donne 6,43 tonnes à l'hectare sur billons irrigués tandis qu'il est de 4,25 tonnes à l'hectare pour le témoin; soit une augmentation de 51,3% (2,18 T/ha). Pour le fourrage, le rendement est en moyenne de 7,63 T/ha et le rendement du témoin est de 5,17 T/ha en moyenne (voir tableau annexe 13).

Le rendement du maïs grain donne 4,82 tonnes à l'hectare sur zaï irrigué tandis qu'il est de 3,96 tonnes à l'hectare sur le témoin; soit une augmentation de 21,6% (0,86 T/ha). Pour le fourrage, le rendement est en moyenne de 5,46 T/ha et le rendement du témoin est de 4,21T/ha en moyenne (voir tableaux annexes 5 et 10).

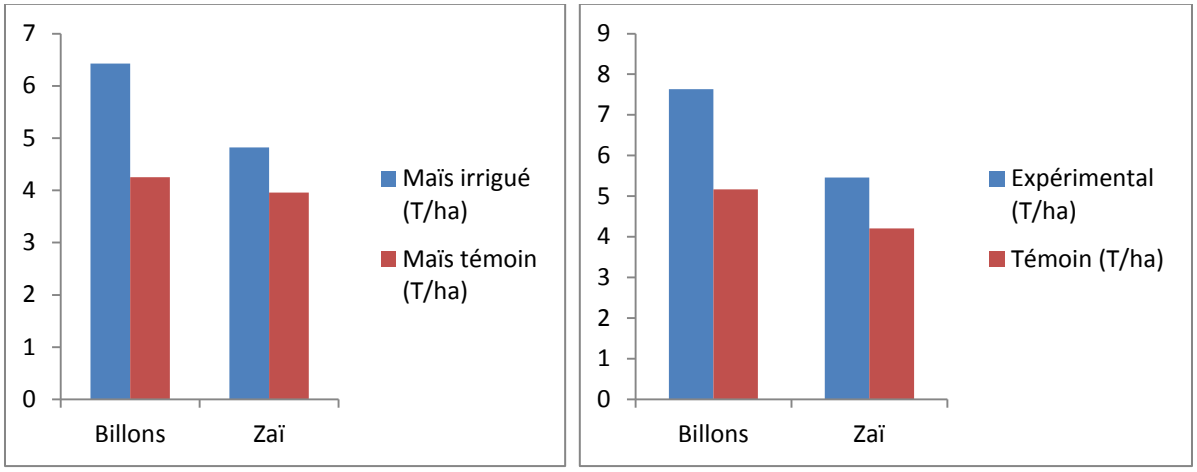
Les résultats montrent que la culture sur billons semble être bénéfique par rapport à la culture sur zaï qui en plus demande beaucoup de temps et d'effort physique. Bien qu'on ait seulement une irrigation sur les parcelles expérimentales, on note une différence qui témoigne de l'impact de l'irrigation sur le rendement des cultures. L'irrigation permet d'augmenter le rendement du fourrage de 21%.

Tableau12: rendement sur billons

	Rendement des grains de maïs sur billons (T/ha)		Rendement par plant de maïs (kg)		Rendement du fourrage sec de maïs sur billons (T/ha)	
Site de Mogodin	Irrigué	Témoin	Irrigué	Témoin	Irrigué	Témoin
Moyenne	6,43	4,25	0,61	0,40	7,63	5,17
Coefficient de variation	24 %	36 %			16 %	61 %

Tableau 13: Rendements sur zaï

	Rendement des grains de maïs sur zaï (T/ha)		Rendement par plant de maïs (kg)		Rendement du fourrage sec de maïs sur zaï (T/ha)	
Site de Mogodin	Irrigué	Témoin	Irrigué	Témoin	Irrigué	Témoin
Moyenne	4,82	3,96	0,71	0,59	5,46	4,21
Coefficient de variation	27%	59 %			33 %	67 %



Maïs grain Fourrage

Figure 17: Comparaison irrigation sur billons et sur zaï

2. Les rendements avec la motopompe et la pompe Money Maker

Le rendement après irrigation avec la motopompe donne 6,43 tonnes à l'hectare tandis que celui après irrigation avec la pompe Money Maker donne 4,82 tonnes à l'hectare, soit une augmentation de 33,4 % avec la motopompe.

1 2

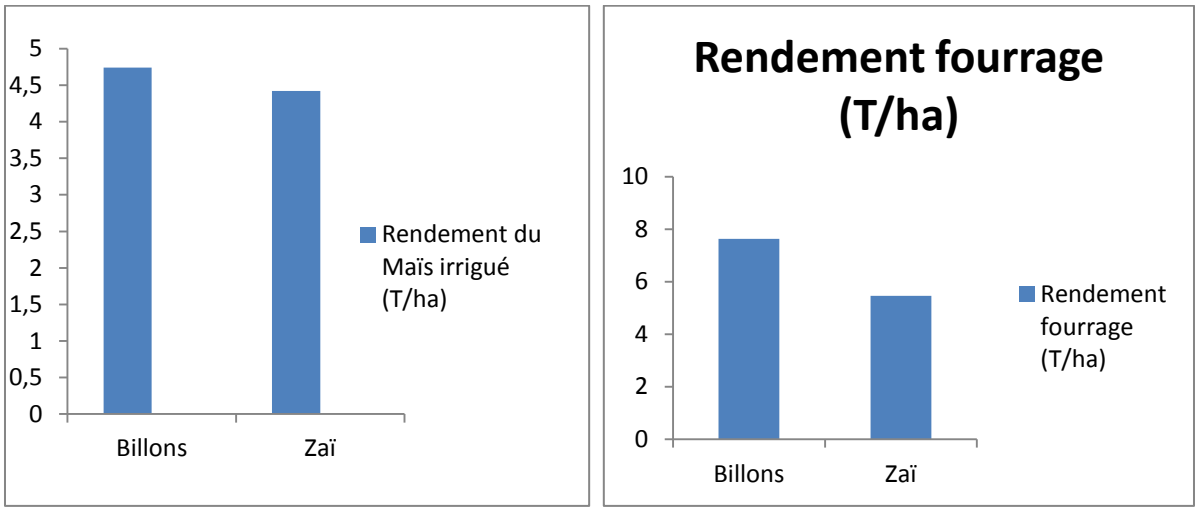


Figure 18: Rendement du maïs (1) et du fourrage (2) après irrigation

3. Estimation des grains dans les épis de maïs irrigués à Mogodin

Après irrigation, un épi de maïs donne 78 % de grains en moyenne par rapport à l'épi entier à l'issu du battage, tandis que le maïs sans irrigation en produit en moyenne 63%. Avec

le maïs irrigué, l'indicateur du remplissage des grains est plus élevé de 12 % à 20% par rapport au maïs sans irrigation. Les résidus sont par conséquent plus faibles avec le maïs irrigué; les épis de maïs irrigué sont à l'œil nu en général plus gros que les épis de maïs sans irrigation.

Figure19: Epi de maïs à Yennéga (Photo Aliti, 2012)

4. L'irrigation par aspersion et à la raie

Avec l'aspersion, on a constaté que le producteur apporte à peu près la dose indiquée, ceci lui permet de bien gérer l'eau du bassin pour d'éventuelles irrigations. Par contre l'irrigation à la raie avec la motopompe fait gaspiller l'eau, car l'eau est envoyée aux cultures en excès, c'est le cas observé à Sandouré. En effet, ne maitrisant pas la technique de la raie, une grande quantité d'eau du bassin est perdue et le bassin se vide plus tôt que prévu. A Sandouré, une seule irrigation par la motopompe a vidé de moitié le bassin qui était préalablement rempli. Ceci dit pour une poche de sécheresse de deux semaines, il ne pourra irriguer que deux fois au lieu de quatre fois pour éviter le stress hydrique du maïs. De plus il lui faut une main d'œuvre importante pour assurer l'irrigation à la raie.

5. Un coût d'investissement des modes d'exhaure

Le tableau 13 ci-dessous montre que la motopompe revient plus chère à l'achat que les autres moyens d'exhaure. Il faut aussi ajouter les frais d'entretien et de main d'œuvre, ci qui donnera un investissement plus important.

Tableau 14: Comparaison des coûts des pompes

Caractéristiques de la pompe	Puissance	Main d'œuvre	H aspiration max (m)	HMT (m)	Débit (m3/h)	Conso carburant / irrigation/ ha	Prix FCFA
EY15 D (2 tps)	2,8 kW	< 5	8	4	24	1 500	475 000
Vide cale Tsunami	36 w	1	1	1,8	2,5	0	90 000
Money Maker	0	> 5	7	14	2,5	0	60 000

6. Temps pour faire le zaï

La préparation du sol pour la pratique du zaï prend assez de temps et d'énergie physique. En effet, l'expérience effectuée à Mogodin prouve que pour creuser un trou zaï, il faut environ 2 mn; rapporté à l'hectare, il faudrait 45 jours pour un individu adulte pour achever 32 000 trous zaï. Par contre il lui faudra une quinzaine de jours pour faire un hectare de billons.

VI. ANALYSE- DISCUSSION

A/ Les systèmes d'exhaure et leurs performances

1. Présentation de la structure des coûts par système d'irrigation et par mode d'exhaure

Pour apprécier les coûts de chaque système d'exhaure, nous avons procédé à quelques estimations pour certains paramètres; pour cela, nous avons estimé l'énergie utilisée par mois pour pédaler les pompes à 3,6 kW.

En électricité, 1KW= 3600KJ ou 862 Kcal d'énergie dissipé. Au Burkina Faso, cette énergie dépensée estimée en termes de quantité de céréales consommée pour compenser cette perte d'énergie est valorisé en homme/jour. Dans notre cas nous supposons qu'un homme/jour équivaut à d'environ 1 500 FCFA. Nous avons aussi estimé qu'un (01) litre de carburant essence vaut 700FCFA et 1litre de carburant mélange vaut 750FCFA.

Le maïs étant plus sensible au stress hydrique que les autres céréales, il est prévu une irrigation complémentaire tous les 5 jours en cas de poche de sécheresse. Ces paramètres ainsi définis nous permettent d'avoir les résultats suivants pour une poche de sécheresse de deux semaines (voir annexe 6).

La comparaison des coûts des différents moyens d'exhaure, montre que la pompe à énergie solaire serait un moyen d'exhaure avantageux au producteur quoique légèrement plus coûteux que la pompe à pédale Money Maker. Elle est efficace et ne nécessite aucun effort physique, elle est plus indiquée pour le système semi-gravitaire.

L'analyse du tableau montre que la pompe solaire la moins onéreuse et capable d'irriguer 0,2 ha de culture est la pompe vide cale Tsunami (90 000 FCFA) avec une HMT maximale de 1,8 m (voir les caractéristiques dans le tableau 8 en annexe). Le refroidissement de son moteur se fait par l'intermédiaire de l'eau pompée, sa base est dotée d'un double filtre permettant le pompage des eaux chargées.

Le pompage solaire à faible puissance est une technique qui peut favoriser l'irrigation des petites exploitations. Ce type de pompage ne demande pratiquement pas de main d'œuvre. Vue la position du bassin par rapport aux exploitations, l'eau est pompée sous pression du bassin jusqu'au niveau le plus contraignant de la parcelle de manière à avoir une différence de hauteur d'au plus 1,5 m entre la zone à irriguer et le niveau d'eau dans le bassin. De là, l'eau s'écoule de façon gravitaire dans la parcelle. Au fur et à mesure que le niveau d'au baisse dans le bassin, la zone à irriguer est rapprochée du bassin de manière à garder la même

différence de hauteur, cela permettra à la pompe de garder son débit constant. Toute pratique culturale est recommandée particulièrement les billons qui permettront de retenir cette eau qui ruisselle par gravité et garder l'humidité du sol assez élevée pendant une longue durée. Le débit de pompage étant estimé à 2,5 m^3/h, il suffit de calculer le temps nécessaire pour l'irrigation d'une portion de billons, on pose le tuyau au niveau de la portion pendant le temps nécessaire puis au bout de ce temps on le déplace sur une autre portion et ainsi de suite jusqu'à l'irrigation complète de l'exploitation. Le faible débit généré par la pompe fait qu'il faut lui consacrer assez de temps (15 à 20 h) pour irriguer 0,2 ha.

Tableau 15: Calcul des pertes de charge dans les tuyaux

Diamètre calculé (mm)	Q(m3/h)	Diamètre retenu (mm)	ΔH (m/m)	F	L (m)	ΔH (m)
29,74	2,5	40	0,0025	1	100	0,25

Le problème pour ces pompes est l'intensité d'amorçage qui doit être largement supérieure à l'intensité du moteur afin de lui permettre de démarrer surtout le matin quand l'intensité solaire est faible, étant donné que la pompe fonctionne au fil du soleil et n'a pas de batterie. Pour résoudre ce problème, nous proposons des panneaux dont la puissance est légèrement supérieure à la puissance de la pompe; la tension étant fixe, l'intensité est assez élevée pour permettre l'amorçage du moteur. Pour renforcer l'intensité générée par le panneau, il est nécessaire d'associer en parallèle les modules formant le panneau; ainsi la tension aux bornes du panneau restera constante et égale à la tension du module ayant la tension la plus faible. L'intensité sera alors l'addition des intensités des modules mis en parallèle. On peut aussi incorporer un commutateur de champ qui permet de modifier l'agencement série-parallèle des modules en fonction de la charge ou de l'éclairement. Il est utile dans le cas d'une pompe à eau car il permet de fournir une forte intensité de courant de départ nécessaire au moteur tôt le matin lorsque l'ensoleillement est plus faible. Ainsi, il peut par exemple, commuter un champ normalement composé de deux branches de six modules chacune en un champ à trois branches de quatre modules chacune. Cette dernière configuration fournirait le même courant que la première configuration, malgré un ensoleillement moindre, mais à une tension considérablement réduite.

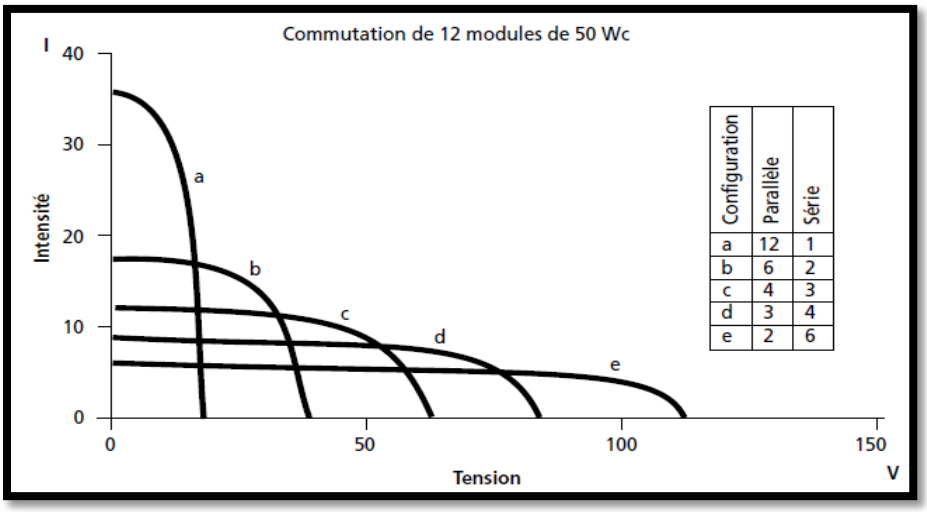


Figure 20: Configurations du commutateur de courant (Schiller, 1998)

Quant à la pompe à pédale aspirante- refoulante qui est adaptée à toutes sortes de techniques culturales et d'irrigation, la HMT qui peut atteindre 12 m lui permet de refouler jusqu'à 200 m du bassin. Pour un débit de 2,5m^3/h comme c'est le cas chez les producteurs pilotes, le temps nécessaire pour irriguer toute une parcelle de 0,2 ha est de 3 h 45 mn, ce qui signifie que pour une irrigation de complément du maïs en cas de poche de sécheresse, il lui faut irriguer pendant 18 heures tous les cinq jours pour apporter les 45 mm d'eau nécessaires à la plante le 5ème jour. Ceci étant impossible, il serait préférable d'opter pour une irrigation journalière à partir du 5ème jour sans pluie jusqu'à la pluie suivante. Du coté de l'investissement, il faut remarquer qu'avec l'effort physique réunit, ce mode d'exhaure revient légèrement plus cher que la pompe solaire.

La motopompe permet une irrigation rapide de la parcelle, elle est aussi adaptée à tout type d'irrigation. Son usage appliqué à la raie nécessite une main d'œuvre abondante; son coût d'investissement et surtout son coût d'entretien très élevés font qu'elle n'est pas souhaitée pour les petites exploitations et particulièrement pour l'irrigation de complément; de plus elle demande une main d'œuvre importante.

2. La technique culturale la plus indiquée à Mogodin

La technique culturale qui semble adaptée à la culture du maïs dans le village de Mogodin est celle des billons, elle est moins fastidieuse, permet une aération du sol et retient l'eau dans la couche médiane pendant plus de dix jours. Elle est adaptée aux sols présentant des risques d'hydromorphie c'est-à-dire à faible conductivité où l'eau met beaucoup de temps à s'infiltrer

En revanche, son inconvénient est qu'en cas d'averse, les pieds de maïs peuvent être facilement perdus car les billons ne leur confèrent pas une grande résistance. Un sondage sur la préférence de la technique culturale a montré que 83,3 % des producteurs optent pour la culture sur billons qui selon eux ne nécessite pas autant d'effort physique que le zaï. De plus les billons permettent de faire une association de cultures.

B/ Analyse des résultats de l'irrigation à Mogodin et à Yénnéga

1. Facilité pour le producteur de gérer un faible débit

Les résultats montrent qu'il est plus facile de gérer un petit débit qu'un grand débit ; le constat est qu'avec 2,5 m^3/h, un seul producteur peut irriguer son champ sans faire appel à une aide quelconque, ce qui n'est pas le cas pour 24 m^3/h surtout en culture sur billons.

2. Importance de l'irrigation de complément à Yennéga

La culture du maïs étant très sensible au stress hydrique, l'irrigation de complément est indispensable surtout en zone de pente ; en effet lorsqu'on pratique la culture sur billons en zone de pente, l'eau s'accumule souvent du côté de l'aval au détriment de l'amont ; cette situation fait que l'amont des cultures sur billons est soumis au stress hydrique temporaire, l'irrigation de complément donne immédiatement l'effet escompté.

Figure21: Flétrissement temporaire (Photo Aliti, 2012)

Figure22: Reprise après irrigation, (Photo Aliti, 2012)

3. Choix pour la pompe Money Maker

Evaluant les coûts d'investissement au niveau des deux modes d'exhaure et les rendements en grains de maïs à peu près équivalents, il est préférable au producteur d'opter pour la pompe à pédale que la motopompe qui lui reviendrait coûteux à l'investissement car il lui serait difficile de mobiliser une somme pareille en début de campagne.

Tableau16: Comparaison des coûts des différents modes d'exhaure pour trois irrigations

Pompe	investissement	Pr (W)	S. amé (ha)	S (ha)	M O	Fonctionnement	Ratio C/P	Ratio C/P/ha
Motopompe	700 000	224	2,5	0,2	10	250 000	4241	21205,3
Pédale	60 000	30	0,28	0,2	4	35 000	2375	11875
Solaire	90 000	40	0,29	0,2	2	20 000	3666,6	18333,3

Les performances des pompes selon le ratio C/P et C/P/ha sont représentées sur la figure suivante :

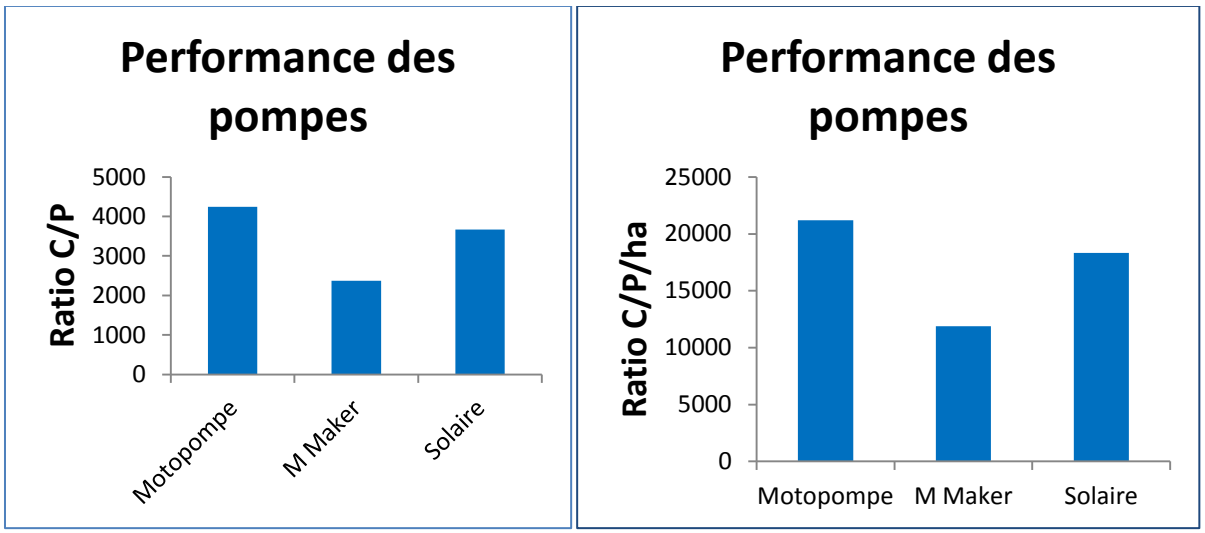


Figure 23: Performance des pompes en fonction des ratios C/P et C/P/ha

4. Formation de la croute de battance

Il a été constaté dans les sillons de certaines parcelles une couche de battance, couche qui imperméabilise la surface du sol et empêche l'infiltration de l'eau dans le sol. C'est le dépôt des particules limoneuses qui entraine la formation de cette croute. Une irrigation régulière empêchera la formation de cette couche de battance.

5. Conservation de l'humidité

Le rendement plus important sur les billons irrigués que sur le zaï irrigué est dû au fait que les billons conservent davantage d'humidité que le zaï, humidité permettant de lutter contre le stress hydrique du maïs, et de plus le zaï est plus indiqué dans les glacis car sur le sol sableux il n'a pas d'effet.

Le rendement faible sur zaï est due aussi au fait que certains pieds de maïs ont eu plus de fumier que d'autres, étant donné que l'épandage du fumier n'a pas été uniforme sur toute la superficie de la culture.

6. Main d'œuvre abondante pour l'irrigation à la raie

Le système de canalisation de la parcelle irriguée par la motopompe étant fait de tuyaux de faible pression a entrainé la mobilisation de treize personnes lors de l'irrigation qui s'est faite simultanément sur toute la parcelle pour éviter que la forte pression d'eau envoyée par la motopompe ne fasse éclater les tuyaux. La mise en place de tuyaux supportant la pression permettrait une irrigation de chaque portion de parcelle indépendamment des autres et réduirait la main d'œuvre.

7. Imperméabilisation du bassin

Seuls les bassins de Sandouré ont été bien imperméabilisés. Dans les autres bassins on a constaté qu'il ya infiltration d'eau latéralement et aussi horizontalement. Durant toute la campagne, le bassin de Tasséré à Mogodin n'a pas retenu d'eau. Quant au bassin de Boukari, les mesures ont montré une perte d'eau dans le bassin de 3 cm à 5 cm par jour; or l'évaporation au bac A dans le sahel est de 9,8 mm/j (annexe 15). Donc 80 % d'eau perdue par jour est due à l'infiltration.

Une imperméabilisation des bassins par de l'argile lissée et du ciment permettrait de réduire considérablement les pertes d'eau dans les bassins.

8. Les pompes Money Maker

Ce sont des pompes performantes capables d'aspirer l'eau jusqu'à 7 m de profondeur et de la refouler à 200 m de la source. Le tableau 4 (en annexe) donne les caractéristiques de ces différentes pompes.

Du fait que les clapets fonctionnent en surface, on ne peut pas pomper à plus de sept mètres sous les clapets. Ces pompes ne peuvent donc être utilisées que là où le niveau d'eau est peu profond (moins de 7 m) et peuvent irriguer jusqu'à 0,75 ha de cultures maraichères. Il faut signaler qu'il existe plusieurs modèles de pompes à pédale et quel que soit le nom commercial donné à ces pompes, les performances sont très proches voire identiques.

Les pompes Money Maker aspirantes- refoulantes, munis d'un tuyau de refoulement de 30 mm de diamètre, et pour un individu de 70 kg débitent en moyenne 2,5 m^3/h et irriguent 0,25 ha de maïs en trois heures, soit un quartier de 408 m^2 (24 * 17) en 45 mn; non seulement elles peuvent refouler jusqu'à 200 m, mais aussi jusqu'à 14 m au dessus de la pompe. L'avantage pour ces pompes est qu'elles permettent de stocker de l'eau dans un réservoir pour une irrigation future et permettent de pratiquer une irrigation sous pression. Le système de pédale est doux, moins contraignant et rend moins pénible le pompage.

Pour un besoin journalier de 90 m^3/ha, le temps de travail maximum est estimé entre12 et 15 h et le rendement en maïs est de 2 à 4 tonnes par hectare pour un coût d'investissement de 60 000 FCFA. En termes de main d'œuvre, le nombre de manœuvres ne dépasse guère cinq personnes. Quand le producteur est seul à irriguer, il lui suffit de fixer le tuyau de refoulement à un piquet situé en amont des billons ; l'eau d'irrigation prend ainsi en compte 4 à 5 billons et coule de l'amont vers l'aval, puis il change de position quand la dose est atteinte. Mais quand ils sont nombreux, ils se relaient à tour de rôle l'un pédalant la pompe et l'autre irriguant par aspersion au moyen du tuyau de refoulement.

9. Les motopompes à essence

Dans le cadre de l'irrigation à la raie de 0,2 ha de maïs à Mogodin au moyen de la motopompe à essence, il a fallu mobiliser 13 personnes pour aider à ouvrir le passage pour diriger l'eau dans les raies puis à refermer le passage à la fin de l'irrigation. La durée de l'activité a été estimée à 45 mn. Avec un débit de 24 m^3/h pour un moteur de 5,2 CV et pour un besoin journalier de 90 m^3/j/ha, le temps de travail est estimé à 3 h 45 mn par hectare. L'irrigation par la motopompe à Sandouré a mobilisé cinq personnes pour la même activité et a duré environ 1h 30 mn. La différence entre les deux parcelles est que la parcelle de

Mogodin contient des tuyaux de canalisation pour apporter l'eau à chaque quartier de la parcelle. Les tuyaux de canalisation ne supportant pas de pression, lors de l'irrigation toutes les vannes sont ouvertes pour éviter l'éclatement des tuyaux.

VII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

1. Conclusion

A la lumière des enseignements tirés de la documentation concernant les systèmes d'irrigation développés à travers le monde pour les petits exploitants (système d'irrigation par pompe à motricité humaine; système d'irrigation par motopompe; système d'irrigation par prise au fil du soleil), de la sortie de terrain à Kongoussi d'une part, et des quelques exemples d'évaluation des coûts des différents systèmes d'irrigation (combinaisons du moyen d'exhaure et d'énergie) d'autre part il ressort principalement que:

-pour une culture donnée les systèmes d'irrigation utilisant le carburant sont toujours plus chers que ceux faisant appel à la motricité humaine et à l'énergie solaire,

-l'utilisation des pompes solaires serait un atout en gain d'énergie et d'effort physique mais reste néanmoins limitée par des contraintes technologiques (débit limité à 4 m^3/h dans le meilleur des cas),

-l'utilisation des pompes à motricité humaine donne de bons résultats avec un débit d'environ 8 m^3/h, mais nécessite de faire face à un effort physique important,

-le choix d'un système d'irrigation de complément ne doit pas se faire au hasard et pour qu'il soit réellement efficace, un producteur doit sélectionner le système d'irrigation selon une démarche raisonnée prenant en compte les réalités hydrauliques (disponibilité d'eau de surface pérenne ou non) et agronomiques, la morpho-pédologie du terrain (Bas-fonds ou plaine), la superficie de l'exploitation et le volume du bassin économique, la capacité de financement et la rentabilité des investissements.

-tout choix de système d'irrigation qui éviterait ou limiterait le pompage par motopompe est à prendre en considération compte tenu des contraintes associées à l'usage du carburant (coûts élevés, pollution).

- la pratique culturale sur billons semble être l'une des meilleures techniques pour accroitre les rendements en grains de maïs.

2. Recommandations

Dans le cas de la province du Bam qui ne dispose pas d'un vaste réseau hydrographique, il est recommandé de:

-Mener une étude comparative avec d'autres techniques culturales sous irrigation de complément pour choisir la technique la moins coûteuse;

-promouvoir les pompes à motricité humaine et les pompes à énergie solaire de faible HMT pour l'irrigation dans les sites d'expérimentation en vue d'en amplifier la diffusion en milieu paysan;

-faire une application de l'irrigation de complément au moyen de la pompe vide cale pour mieux apprécier la pertinence des résultats,

- imperméabiliser le fond des bassins par du ciment afin de limiter les infiltrations très importantes dans les couches sableuses.

- le faible rendement du zaï pourrait être du à la disposition en quinconce des cultures, un semi en ligne pourrait

BIBLIOGRAPHIE

- **CHAHBANI B.** (2006) : Innovations techniques pour l'optimisation de la collecte, de la conservation et de l'utilisation de l'eau pour un développement durable de l'agriculture pluviale dans les régions arides, Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie, pp.73-78.
- **CHEMONICS International Inc.** (2006) : Etude sur le développement de modèles de systèmes d'irrigation destinés à servir dans les «bas fonds et dans les plaines inondées en Guinée, rapport final, 129 pages.
- **CHOSSAT J. C.** : Bases techniques de l'irrigation par aspersion, version 2007, pp.16-74.
- **CILSS** (2010) : Le combat pour la vie au sahel : valoriser les savoirs et savoirs faire locaux des paysans pour une production durable; 76 pages.
- **FAO** (Août 2010) : Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest, rapport final, 139 pages.
- **FAO** (2002) : Fiches techniques de base destinées aux techniciens agricoles: réseau californien, 2 pages.
- **FAO** (1990 : Gestion des eaux en irrigation, manuel de formation n°5: Méthodes d'irrigation, 74 pages.
- **GADELLE F.** (2002) : Petite Irrigation-Diffusion de pompes à pédales, 6 pages.
- **HUGUES P.** (1986) : Perspectives de développement de petits périmètres irrigués de saison de pluies et de saison sèche au Yatenga. Contraintes techniques et socio-économiques.
- **MOLLE F., COURCIER R., CADIER E. (**1988) : Les Cahiers de la Recherche Développement No 19.
- **MORIN A., COMPAORE A. et GABELOUX M.** (2012) : Evaluation de rendements de sorgho blanc entre une pratique témoin et une pratique zaï avec compost, en milieu paysan; Rapport; 41 pages.
- **PIP2** (2008) : Manuel Technique de l'irrigant privé, 48 pages.
- **PROJET APIPAC** (2004) : Rapport technique final, volet technologies d'exhaure de l'eau ; tome 4, 50 pages.

- ✓ **RIEUL L.** (1997) : Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût; Cemagref Montpellier, Etude, pp.234-251.
- ✓ **ROOSE E., KABORE V. et GUENAT C.** (1993) : Le zaï: Fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso); Orstom, vol XXVIII, n°2; pp.159-173.
- ✓ **ROSENFELD M.F.** (1953) : *Estimation* des rendements des cultures par la méthode des coupes-échantillons *in* « Economie Rurale ». N°18, pp.25-28.
- ✓ **SAWADOGO H.** (2008) : Evolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir de photos aériennes, revue télédétection, vol 8, n°1, pp. 59-73.
- ✓ **SCHILLER E., ROYER J., DJIAKO T. et BOCAR S.** (1998) : Le pompage photovoltaïque : manuel de cours à l'intention des ingénieurs et techniciens, 281 pages.
- ✓ **SONOU M.** (2010) : Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest: rapport final; 140 pages.
- ✓ **USAID- GUINNEE** (2006) : Etude sur le développement de modèles de systèmes d'irrigation destinés à servir dans les bas fonds et dans les plaines inondées en Guinée; Rapport final, 129 pages.
- ✓ **WATER FOR THE THIRD WOLD (W-3-W) (2002) :** Pompes à pédales pour la petite irrigation, fiche technique Madagascar, 2 pages.
- ✓ **WOLTERING L., PASTERNAK D.** (2010): Improving livelihoods through affordable micro- irrigation for vegetable (AMIV) in West Africa, report.
- ✓ **ZOUGMORE R., ZIDA Z., INERA** (2000) : Récupération agronomique des terres encroutées par la technique de demi lune, fiche technique n° 15.

Sites internet :

- http: /www.ecoship.fr/Pompes-de-cale-TSUNAMI
- http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub34/pub34-h13.pdf : Méthodologie d'estimation de la production agricole p 192-204.

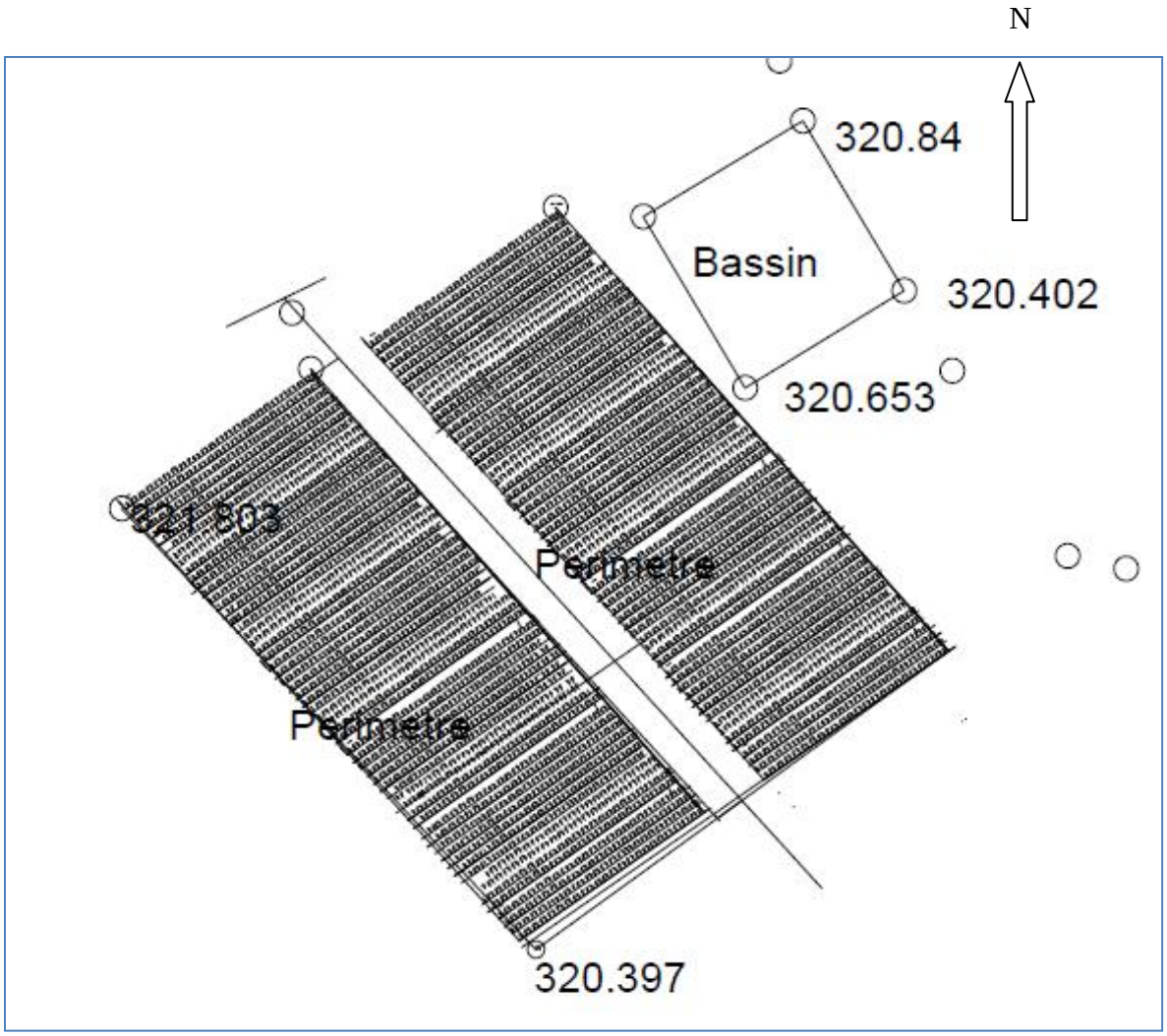
ANNEXES

Annexe 1: **Différentes gammes de pompes NAFA et leurs performances**

NAFA	HMT (m)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9
Aspirante-refoulante (1 OP*)	Débit moyen (m^3/h)	6,1	5,5	-	4,7	-	3,7	2,9	2,1	1,3	0	0	0
	Superficie irrigable (ha)	0,46	0,41	-	0,35	-	0,28	0,22	0,16	0,1	0,05	0	0
Aspirante-refoulante (2 OP)	Débit moyen (m^3/h)	7,5	7,3	-	7	-	6,6	6,3	5,8	5,4	4,9	4,3	3,6
	Superficie irrigable (ha)	0,56	0,55	-	0,53	-	0,5	0,47	0,44	0,41	0,37	0,32	0,27
Aspirante simple	Débit moyen (m^3/h)	5,2	4,8	-	4	-	3,2	2,5	1,8	1,3	0,8	-	-
	Superficie irrigable (ha)	0,39	0,36	-	0,3	-	0,24	0,19	0,13	0,1	0,06	-	-
Grand débit (1 OP)	Débit moyen (m^3/h)	7,5	6,2	4,6	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
	Superficie irrigable (ha)	0,56	0,47	0,35	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Grand débit (2 OP)	Débit moyen (m^3/h)	9,8	9	8	7,6	6,9	6,2	-	-	-	-	-	-
	Superficie irrigable (ha)	0,74	0,68	0,6	0,57	0,5-2	0,47-	-	-	-	-	-	-
Manuelle	Débit moyen (m^3/h)	8,2	6,1	-	4,5	-	3,9	3,2	2,8	2,2	1,8	1,2	0,24
	Superficie irrigable (ha)	0,62	0,46	-	0,34	-	0,29	0,24	0,21	0,17	0,14	0,09	0,02
Aspirante-refoulante compacte	Débit moyen (m^3/h)	5,2	4,5	-	3,9	3	2,7	2,2	1,7	1,1	-	-	-
	Superficie irrigable (ha)	0,39	0,34	-	0,29	0,23	0,2	0,17	0,12	0,07	-	-	-

* : Opérateur pédale

Annexe 2: **Plan de l'exploitation et du bassin de Mogodin (Parcelle de Maïga BOUCARI)**.



Annexe 3 : **Caractéristiques de la pompe vide cale Tsunami**:

POMPES DE CALE IMMERGEES TSUNAMI

Robustesse et fiabilité : Moteur et connexions électriques protégées contre les infiltrations d'eau. Corps de la pompe conçu pour permettre la circulation de l'eau autour du bloc moteur (B). La durée de vie du moteur ainsi refroidi est prolongée.

Entretien facile :

La base présente un double filtre (D) permettant de limiter l'obstruction complète de la pompe. Le nettoyage et le démontage sont faciles et rapides même si la pompe est installée dans un endroit difficile d'accès :

- un levier astucieux (C) permet de libérer la pompe de la base.
- le bloc moteur se fixe ou se retire du corps de la pompe par un 1/4 de tour (A), d'une seule main.

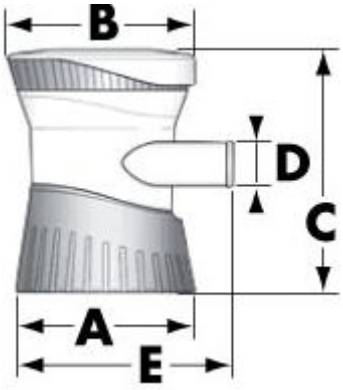
Installation simplifiée : sans support, grâce aux trous de fixation situés directement sur la base de la pompe. Livrée pré-assemblée, prête à l'installation.

Caractéristiques :

- Moteur à aimant permanent
- Axe inox 316
- Câble électrique d'une longueur de 90 cm traité à l'étain pour éviter toute corrosion.

Référence	Modèle	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm
186481	T500	70	73	92	19	79
186482	T800	80	82	111	19	89
186483	T1200	80	82	111	28	95

Réf.	Modèle	Volts	Consom-mation Amp.	Débit en litres/heure		Pour tuyaux Ø int.	Pour tuyau	Poids
				à niveau	à 1 m			
186481	T500	12 V	1,3	1798	1250	19 mm	3/4"	240 g
186482	T800	12 V	2,5	2877	2274	19 mm	3/4"	427 g
186483	T1200	12 V	3	4164	3066	28 mm	1-1/8"	438 g



Annexe 4: **coûts des différents types d'irrigation et des moyens d'exhaure**

	Arrosoir	Pédale aspirante – refoulant	Pédale aspirante simple	Motopompe		Pompe solaire
				Essence	Mélange	
Gravitaire (FCFA)						
Coût pompe	-	60 000	45 000	90000	120000	35000
Accessoires	-	3000	3000	5000	5000	55000
Amortissement 10%	-	6000	5000	9500	12 000	9000
Débit pompé	-	4 m^3/h	4 m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	-	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	-	2000	2000	3000	3000	0
E dépensée	-	3*4*1500=18000	18000	0	0	0
Conso carburant	-		0	1 l/h =700	1,5 l/h =1500	0
Tps pompage	-	4 h	4 h	1 h30	1 h 30	7 h
Rendement		Moyen	Moyen	Elevé	Elevé	
Total	-	90 000	63000	1120 00	142500	91 000
Aspersion (FCFA)						
Coût pompe	6000	60 000	-	45 000	120 000	90 000
Kit + accessoires	175000	175000	-	175000	175000	175000
Amortissement 10%	17500	24500	-	26500	29500	27000
Débit pompé	1,5 m^3/h	2,5 m^3/h	2,5 m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	0	0		8000	4000	0
E dépensée	25*1500=51200	3*4*1500=15000	-	0	0	0
Conso carburant	0		0	2 l/h =700	2,5 l/h =1500	0
Tps pompage	7 h	4 h	4 h	1 h30	1 h30	7 h
Rendement	Faible	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé	
Total	274300	305700	-	305500	335500	298000
Goutte à goutte (FCFA)						
Coût pompe	-	60 000	-	45 000	120 000	90 000
Kit + accessoires	-	520000	-	520000	520000	520000
Amortissement 10%	-	59000	-	61000	64000	62000
Réservoir	-	10000	-	10000	10000	10000
Débit pompé	-	2,5 m^3/h	2,5 m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	-	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	0	0	0	8000	4000	0
E dépensée	-	3*4*1500=18000	-	0	0	0
Conso carburant	0	0	0	1l/h =700	1,5 l/h =1500	0
Tps pompage	-	4 h	4 h	1 h30	1 h30	7 h
Rendement						

Total	-	682200	-	695000	725000	688000
Zaï (FCFA)						
Coût pompe	6000	60 000	45 000	90 000	120 000	90 000
Accessoires	0	0	0	0	0	0
Amortissement 10%	600	9600	6000	9000	12000	9600
Aménagement du sol	Fastidieux					
Débit pompé	1,5 m^3/h	2,5 m^3/h	2,5m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	0	0	0	8000	4000	0
E dépensée	25*1500=51200	3*4*1500=18000	7200	0	0	0
Conso carburant	0	0	0	1 l/h = 700	1,5 l/h= 1500	0
Tps pompage	7 h	4 h	4 h	1 h30	1 h30	7,2 h
Rendement						
Total	57800	108000	73200	114000	143000	105000
Demi-lune (FCFA)						
Coût pompe	6000	96000	60000	90000	120000	96000
Accessoires	0	0	0	0	0	0
Amortissement 10%	600	9600	6000	9000	12000	9600
Aménagement du sol	Très fastidieux					
Débit pompé	1,5 m^3/h	2,5 m^3/h	2,5 m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	0	0	0	8000	4000	0
E dépensée	25*1500=51200	3*4*1500=18000	7200	0	0	0
Conso carburant	0	0	0	1 l/h =700	1,5 l/h =1500	0
Tps pompage	7 h	4 h	4 h	1 h30	1 h30	7 h
Rendement						
Total	57800	108000	73200	114000	143000	105000
Billons						
Coût pompe	6000	60 000	45 000	90 000	120 000	90 000
Accessoires	0	0	0	0	0	0
Amortissement 10%	600	9600	6000	9000	12000	9600
Aménagement du sol	Moins fastidieux					
Débit pompé	1,5 m^3/h	2,5 m^3/h	2,5 m^3/h	24 m^3/h	24 m^3/h	2,5m^3/h
HMT	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m	1,2 m
Entretien	0	0	0	8000	4000	0
E dépensée	25*1500=51200	3*4*1500=18000	7200	0	0	0
Conso carburant	0	0	0	1 l/h =700	1,5 l/h =1500	0
Tps pompage	7 h	4h	4 h	1 h30	1 h30	7h
Rendement						
Total	57800	108000	73200	114000	143000	105000

Annexe 5 : **Fiche échantillon du champ:**

Etude comparative de deux techniques culturales :

Libellé	billons	zaï
Préparation du sol :		
Matériel utilisé	Daba+ charrue	pioche
Temps de travail par ha	250 h	300 h
Début du labour (mois)	Juin	Juin
Compostage	Fumier	Fumier
Profondeur des poquets	5 à 10 cm	15 à 20 cm
Nombre par hectare	-	32 889
Texture du sol	Sablo-argileux	Sablo-argileux
Cultures propices	Céréales, légumes	Céréales
Perméabilité du sol	Perméable	Perméable
Main d'œuvre	04	04
Semis :		
Ecartement des poquets	40	60
Ecart entre billons	75	-
Date des semis	30/ 06	30/06
Disposition des cultures	Ligne	Quinconce
Nombre de plants par poquet	02	02
Démariage à combien de pieds par poquets	04	04
Main d'œuvre	03	04
Entretien :		
Nombre de sarclage	01	0
Nombre de binages	01	0
Main d'œuvre	03	0
Fertilisation :		

Quantité de NPK et nombre de fois	2 fois	2 fois
Quantité d'urée et nombre de fois	2 fois	2 fois
Main d'œuvre	05	05
Eléments de fertilisation		
Récolte		
Nombre de carrés posés	06	03
Poids des épis en kg	0,514	0,471
Poids des grains en kg	0,474	0,442
Rendements en grain à l'ha	4,74	4,42
Production des grains à l'ha	4743	4425
Avantages	Aération du sol	Augmente l'espace cultivable
Inconvénients	Jaunissement en cas d'eau excessive	Perte de culture en cas d'averse

LES MODES D'EXHAURE :

Libellé	Money Maker	Motopompe	Energie solaire
Coût (FCFA)	60 000	120 000	90 000
Accessoires			
HMT (m)	02	2	1,8
Débit maximal (m3/h)	06	96	03
Energie consommée/ irrigation	40 w	1,5 l	0
Tps de pompage (h)	04	01	-
Types d'irrigation adaptés	Tout	Tout	Tout
Main d'œuvre/ irrigation	<05	>05	01
Mode d'entretien			
Volume d'eau pompé/ irrigation	Variable	Variable	Variable
Rendement de la pompe	50%	25%	-
Disponibilité pièces	Oui	Oui	-

de rechanges			
Avantages	Faire le maraichage après la récolte	Irrigation rapide	
Inconvénients	On se fatigue en pédalant	Très chèr	

Irrigation :

Date de l'irrigation		14/08	11/09	12/09	13/09	14/09		
Durée d'irrigation	Début	7 h	6h 30					
	Fin	8h30	18 h					
Période de l'irrigation		Du 14/08/12 au 22/09/2012						
Volume du bassin		Volume suffisant pour plusieurs irrigations						
Variation du bassin		Variation faible après irrigation						
Perméabilité du bassin		Peu perméable						

Annexe 6: **la pédologie de la province du Bam**

Selon le Bunasols (1992), on distingue cinq groupes de sols dans le Bam:

- Groupe 1: sols minéraux bruts (lithosols sur cuirasse surtout), plus ou moins durs et peu profonds, inaptes aux cultures (12,44 % des surfaces) ;
- Groupe 2 : sols peu évolués plus répandus présentant un horizon humifère de 20 cm (57,12 % des superficies et susceptibles de se prêter aux activités agricoles en utilisant des pratiques de conservation des eaux et des sols;
- Groupe 3: sols ferrugineux lessivés profonds (10,66% des superficies), situés sur glacis moyens et ayant en commun une fertilité chimique faible à moyenne. Ils sont sensibles à l'érosion;
- Groupe 4: association de sols bruns et de sols ferrugineux. Ce groupe rassemble des sols d'une profondeur satisfaisante (80 à 120 cm), mais ne représente que 0,29% des superficies.

- Groupe 5: les sols hydro morphes associés à des sols ferrugineux qui occupent 19,49% des surfaces.

Annexe 7 : **les paramètres de l'efficience de l'eau pour différents systèmes d'irrigation** (A. Bouaziz, 2002).

Parcelles	Efficience Ea (%)	UD (%)	Cs (%)
Planche de largeur 12 m	67	77	75
Planche de largeur 6 m	75	87	87
Planche de largeur 18 m	69	89	86
Moyenne planche	70,3	84,3	82,6
Raie – Ecartement 1 m	55	77	61
Raie – Ecartement 2 m	62	76	69
Raie – Ecartement 4 m	62	89	69
Moyenne raie	59,6	80,6	66,3
Bassin (0,5 ha)	52	78	49
Moyenne générale	63,1	81,9	70,9

Annexe 8 : **Coût des kits goutte à goutte**

Pays	Fournisseur	Origine	Superficie (m2)	Coût (FCFA)
NIGER	Nétafim	Israël	80	39 410
			500	141 500
	Naan Dan Jain		500	150 000
MALI	IDE	Inde	20	12 000
			100	21 000
			200	35 000
			500	72 000
BURKINA FASO	Chapin	Etats Unis	500	150 000
	Nétafim	Israël	500	150 000

Tableau : Coût des kits goutte à goutte (Win Rock, 2009)

Annexe 9: **Tableau des rendements à Mogodin**

Mesure du poids des épis de maïs sec par bloc

	Rendement épis					
Blocs	**T0**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**
	710,17	844,85	776,3	317,66	339,27	787,39
	812,57	783,23	742,93	584,02	480,71	854,79
I	487,5	670,72	786,4	533,73	615,95	730,9
	769,89	795,91	566,22	778,94	606,04	828,27
	728,07	749,98	444,49	737,43	555,3	797,58
II	623,97	909,82	690,43	498,3	525,94	822,5
	514,11	836,92	617,81	579,36	565,45	823,47
	375,25	686,76	735,51	818,03	727,81	688,89
III	506,02	756,18	967,45	577,37	733,44	677,55
	837,82	631,27	479,05	824,15	418,31	719,4
	688,99	737,11	601,07	626,86	231,58	537,33
IV	662,84	586,9	548,02	419,5	670,16	550,48
Moyenne	**643,10**	**749,14**	**662,97**	**607,95**	**539,16**	**734,88**

Mesure du poids du fourrage

Poids emballage et M S (g)				Poids emballage (g)				Matière sèche (g)			
B2	B3	B1	B4/	B2	B3	B1	B4	B2	B3	B1	B4
375,25	560,87	594,14	321,97	17,6	45,95	50,41	24,04	357,65	514,92	543,73	297,93

Annexe 10: **Questionnaires d'enquêtes sur l'irrigation de complément**

Renseignements :

Fiche n° /...5. / Date : 05/05/2012

Nom et prénom : MAIGA Boucari

Age : /…40 / ans Sexe : / M /

Situation matrimoniale: / Marié /

I. Connaissance de l'irrigation de complément:

1. Avez-vous déjà entendu parler de l'irrigation de complément en saison pluvieuse? /…1. / *(1=oui 2 = non)*

2. Si oui, donner les sources d'information? /…5= AZND…. / *(1= radio ; 2 = voisin; 3= marché; 4=presse écrite; 5= autre à préciser…..)*

3. Que pensez-vous de l'irrigation de complément? /…1…. / *(1= très rentable; 2 = assez rentable; 3= pas rentable....)*

4. Que pensez-vous du volume des bassins de collecte d'eau de ruissellement? /…2……. / *1= très volumineux; 2= volume moyen; 3= petit volume; 4 = autre à préciser….)*

5. Quelle forme de bassins appréciez-vous? /……3…. / *1= ronde; 2= rectangulaire; 3 =trapézoïdale; 4= autre à préciser…….)*

6. Selon vous, quels sont les avantages d'une irrigation de complément? /…2…. / *(1= évite le stress hydrique; 2 = augmente le poids des grains; 3= sans effet; 4= autre à préciser…..)*

II. Utilité de l'irrigation de complément dans le contexte du changement climatique:

1. Donner votre appréciation sur les variations de la pluviosité de ces dernières années /…1. / *(1= baisse ; 2 = hausse; 3= stable; 4= autre à préciser....)*

2. Les variations de la pluviosité ont-ils des effets sur les rendements des cultures? /…1…. / *(1=oui 2 = non)*

3. Si oui, quelles sont les manifestations sur les rendements? /…1…. / *(1= baisse ; 2 = hausse; 3= stable; 4=autre....)*

4. Quelle stratégie optez-vous pour réduire le déficit hydrique dû aux poches de sécheresse? /…1; 2; 3…../ *(1= zaï; 2=demi-lune; 3= haie herbeuse; 4= choix de culture; 4 = arrosage; 5= rien ; 6= autre……..)*

5. Avez- vous l'intention de changer un jour de site de production ? /…1…. / *(1=oui 2 = non)*

Si oui, pour quelles raison? /…1…. / *(1=pauvreté du sol; 2 = disponibilité de l'eau d'irrigation; 3=autre……..)*

6. Ne pensez- vous pas que l'irrigation de complément serait un moyen pour pallier au déficit hydrique? /…1…. / *(1=oui 2 = non)*

7. Si oui, pourquoi? /…1…. / *(1= topographie du sol adopté; 2=disponibilité de la main d'œuvre; 3 = autre à préciser…..)*

III. Motivation de l'irrigation de complément (type de cultures, superficie, type de champs…) :

1. Les cultures pluviales ont-elles besoin d'irrigation de complément? /…1…. / *(1=oui 2 = non)*

2. Si oui, quelles cultures nécessitent l'irrigation de complément? /…1 ; 2 ; 3 ; 5. / *(1= maïs; 2=mil; 3= sorgho; 4=riz; 5= cultures maraîchères; 6= autre à préciser……)*

3. Quelle superficie souhaiterez-vous irriguer par l'irrigation de complément?

Type de culture	Superficie (ha)	Type de champs *(1=case ; 2= village ; 3 = brousse)*
1. Maïs	*0,5*	*1*
2. Mil	*0,5*	*2*
3. Sorgho	*1*	*3*
4. Maraichage	*0,25*	*1*

IV. Type de bassins souhaités (forme, superficie, volume…):

1. Quelle est la forme souhaitable pour votre bassin? /…3…. / *(1= circulaire ; 2 = rectangulaire; 3= trapézoïdale; 4= autres…..)*

3. Comment compter vous faire l'excavation (fouille)? /…1…. / *(1= manuelle; 2 = machine; 4= combinaison des deux; 4= autres…..)*

4. Si manuelle, comment trouveriez-vous la main d'œuvre pour la fouille? /…1 ; 2. / *(1= familiale ; 2 = entraide ; 3= main d'œuvre salariée ; 4= autres…..)*

5. Quels matériels disposez-vous pour l'aménagement de votre exploitation? /…1; 3…. / *(1= pioche ; 2 = tracteur; 3= autres à préciser: daba…..)*

6. Quel volume d'eau aimeriez-vous gérer ? /…NSP…. / m^3

Comment voudriez-vous revêtir votre bassin? /…1…. / *(1= argile ; 2 = plastic ; 3= perré maçonné; 4= béton; 5= autre……..)*

7. Combien de personnes sont-elles nécessaire pour la construction d'un bassin de 160 m^3 /…40 à 100. /

8. Combien de jours sont-ils nécessaires à ces personnes pour construire le bassin de 160 m^3 /…60…. /

V. Type de moyens d'exhaure apte à adopter:

1. Quelle superficie est irrigable avec un bassin de 160 m^3 *?* /…0,75 /ha

2. Quel matériel disposez-vous pour l'irrigation? : /…2…. / *(1= arrosoir ; 2 = pompe à pédale ; 3= motopompe; 4= pompe solaire; 5= autres……..)*

3. Quels sont les avantages de votre système d'irrigation? /…3…. / *(1= réduction du déficit hydrique ; 2 = entretien facile ; 3= accroit les rendements; 4= réduit le temps de travail; 5= autres……..)*

4. Quelles sont pour vous, les contraintes principales à l'adoption des pratiques d'irrigation? /…3 ; 4. / *(1= problème de terres irrigables ; 2 = problème de main d'œuvre ; 3= manque d'eau; 4= coût du matériel ; 5= autres……..)*

Annexe 11 : **Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso**

Tableau III : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso Caractéristiques des Zones climatiques	Zones Climatiques		
	Sud soudanienne	Nord soudanienne	Sahélienne
Pluviométrie annuelle	900 à 1200 mm	600 à 900 mm	300 à 600 mm
Durée de la saison des pluies (jours)	180-200	150	110
Nombre de jours de pluies	85-100	50-70	<45
Température moyenne annuelle	27°C	28°C	29°C
Amplitude saisonnière	5°C	8°C	11°C
Humidité moyenne de l'air - Saison sèche - Saison humide	 25% 85%	 23% 75%	 20% 70%
Evaporation annuelle (bac classe A)	1 800-2 000 mm	2 600-2 900mm	3 200-3 500mm

Source : Adapté des données de la Direction de la Météorologie de 1961 à 1990.