



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

Groupe

EIER-ETSHER



FORMATION POST-UNIVERSITAIRE DE SPECIALISATION EN EAU POUR L'AGRICULTURE ET L'APPROVISIONNEMENT DES COMMUNAUTES (E.A.C)

OPTION : AMENAGEMENT HYDRO AGRICOLE (AH)

Année scolaire : 2005-2006

MEMOIRE

THEME :

CARACTERISATION ET EVALUATION DES
PERFORMANCES DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE
SUR LES CULTURES AGROFORESTIERES EN REGION
SAHELIENNE DU BURKINA FASO : CAS DE LA STATION
DE KATCHARI

Présenté par :
BATIEBO E. Louise

Encadreurs
Dr GANABA Souleymane
Mr COMPAORE M. Laurent

DECEMBRE 2006

DEDICACE



A la Sainte Trinité !

A ma famille !

A tous ceux qui oeuvrent pour le développement
de l'Afrique et qui se battent pour l'instauration
de la Justice Sociale !

REMERCIEMENTS



Le bon déroulement du stage ainsi que le présent document qui en résulte ne pourront être constitué sans le concours de plusieurs personnes. Nous tenons à leur exprimer notre profonde gratitude.

Nos remerciements s'adressent à :

- M. GANABA Souleymane, chercheur et responsable du Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles du Sahel maître de stage du présent mémoire pour l'entière disponibilité et l'intérêt qu'il a accordé à notre travail, ainsi que pour la patience qu'il a eu à notre égard, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude ;
- M. Moussa Laurent COMPAORE encadreur et responsable de la formation post universitaire option Eau pour l'Agriculture et l'Approvisionnement des Communautés, pour son entière disponibilité et pour avoir accepté de nous orienter pour la confection du présent mémoire ;
- Coordonnateur DMP pour une contribution aux activités de mesure sur le terrain
- A tous les chercheurs, techniciens et manœuvres du CRREA du Sahel, particulièrement M. BARRY Hamidou, Mlle KOITA Awa, M. MAIGA, M. NIKIEMA Michel pour la collaboration franche et fraternelle ;
- Nous remercions tout ceux qui ont contribué à notre formation il s'agit de tous le corps professoral qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de l'année ;
- Enfin nous disons un sincère merci à nos camarades de classes pour la fraternité et l'esprit de famille qui a régné entre nous durant notre passage au 2IE ;
- A nos amis qui nous ont soutenu et qui nous ont toujours supporté et encouragé: M ENOKA B. Joël ; M. MANDE Théophile ; Mlle TOPAN Mariam ; Mlle KONKOBO Colette, Mlle. KOALA Christel, M. OUEDRAOGO Aboubacar;
- A ma famille pour tous les sacrifices consentis pour me permettre de réaliser cette formation
- Enfin à tous ceux dont les noms n'ont pu être cités. Puissent-ils reconnaître par ces lignes, l'expression de notre profonde reconnaissance.

QUE DIEU VOUS BENISSE !

TABLE DES MATIERES



Dédicace	i
Remerciements	ii
Table des matières	iii
Liste des figures	iv
Listes des tableaux	v
Listes des abréviations	vi
Préambule.....	vii
Résumé	viii
Introduction	1
Problématique.....	1
Contexte de l'étude.....	3
Objectif de l'étude	5
Chapitre I : Historique de l'irrigation au Burkina Faso.....	7
1.1. Ressource en eau	7
1.2. Développement de l'irrigation	8
1.3. La micro irrigation au Burkina.....	9
Chapitre II : Matériels et méthodes	12
2.1. Le site d'étude	12
2.2. Le matériel végétal	14
2.2.1. Le jujubier amélioré	14
2.2.2. Le palmier dattier	16
2.3. Description du site expérimental.....	16
2.4. Les méthodes de collecte des données	20
2.4.1. Entretien avec les producteurs des sites pilotes de jardins potagers africains	20
2.4.2. Mesures des débits	20
2.4.3. Mesures des pressions	24
2.4.4. Analyse de l'eau d'irrigation.....	25
2.4.5. Mesures du bulbe d'humectation	26
2.4.6. Détermination des besoins en eau des cultures	26
2.5. Les méthodes d'analyses	27
Chapitre III : Résultats et discussions	28
3.1. Contraintes et potentialités des jardins potagers africains.....	28
3.2. Calcul des besoins en eau des cultures.....	28
3.3. Paramètre du système goutte à goutte en place	30
3.3.1. Distribution de l'eau au niveau de la parcelle	30
3.3.2. Distribution de la pression au niveau des parcelles.....	33
3.3.3. Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation.....	36
3.3.4. Caractéristiques du bulbe d'humectation	37
Conclusion et recommandations	39
Références bibliographiques	41
Annexes	43

LISTE DES FIGURES



Figure 1 : Prélèvements en eau total: $0,376.10^9 \text{ m}^3$ en 1992.....	7
Figure 2 : Domaine sahélien burkinabé favorable à la promotion de l'irrigation au goutte à goutte.....	10
Figure 3 : Carte climatique du Burkina.....	12
Figure 4 : Pluviométrie annuelle de la ville de Dori de la période 1995-2005	13
Figure 5 : Courbe ombro thermique de Dori (2005)	13
Figure 6 : Parcelle de palmier dattier	19
Figure 7 : Parcelle de jujubier	19
Figure 8 : dispositif de mesure des volumes d'eau dans la parcelle de palmier dattier	23
Figure 9: dispositif de mesure des quantités d'eau dans la parcelle de jujubier	23
Figure 10 : Schéma représentant les 16 mesures pour calculer CU dans les parcelles	24
Figure 11: Evolution du débit délivré par les goutteurs dans la parcelle du Jujubier le long des rampes	31
Figure 12: Evolution du débit délivré par les goutteurs dans la parcelle du Palmier dattier le long des rampes	31
Figure 13 : Performances moyennes inter-rampes de l'irrigation dans la parcelle du jujubier	33
Figure 14 : Performances moyennes inter-rampes de l'irrigation goutte a goutte dans la parcelle du dattier	33
Figure 15 : pression moyenne en fonction du niveau de mesure dans la parcelle de dattier ...	34
Figure 16 : pression moyenne en fonction du niveau de mesure dans jujubier	34

LISTES DES TABLEAUX



Tableau I : Répartition du potentiel en terre irrigable par bassins	8
Tableau II : Caractéristiques du réseau d'irrigation des parcelles de dattier et de jujubier amélioré.....	18
Tableau III : Résumé des mesures à effectuer et leur durée.....	21
Tableau IV: Abscisses des points de mesures des pressions sur la rampe	25
Tableau V: Résumé des paramètres d'irrigation sur le terrain.....	29
Tableau VI: Analyse de variance intra-rampe du volume d'eau dans la parcelle de jujubier ..	30
Tableau VII: Analyse de variance intra-rampe du volume d'eau dans la parcelle de dattier ...	30
Tableau VIII : Analyse de variance inter-rampes du volume d'eau dans la parcelle du jujubier	32
Tableau IX : Analyse de variance intra-rampes du volume d'eau dans la parcelle du dattier .	32
Tableau X: Résultats des analyses de l'eau ainsi que les normes	37
Tableau XI : Caractéristiques du bulbe d'humectation au niveau de chaque parcelle.....	37

LISTES DES ABREVIATIONS



- BUNASOLS : Bureau National des Sols
- CRREA : Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles
- CU : Coefficient d'uniformité
- DMP : Programme d'action des zones en marge du désert
- ETP : Evapotranspiration potentielle
- FAO : Food and Agriculture Organisation
- FIRSIT : Forum National de la Recherche Scientifique et des Innovations Technologiques
- ICRAF : Centre International de Recherche en Agroforesterie
- INERA : Institut National de l'Environnement et de Recherche Agricole
- IPALAC: Programme International pour les Cultures en zones arides
- IPTRID : Programme International pour la Technologie et la Recherche en matière d'Irrigation et de Drainage de la FAO
- IRD: Institut de Recherche et de Développement
- JCA : Jardins de Case Améliorée
- JPA : Jardin Potager Africain
- SAR : Sodium Adsorption Ratio
- SNRA : Systèmes Nationaux de Recherche Agricoles

PREAMBULE



L'aménagement hydro agricole est une technique qui permet aux techniciens d'apporter aux plantes les quantités d'eau nécessaires, en complément des apports naturels, aux moments opportuns, par l'intermédiaire d'un réseau d'irrigation. Cette technique aborde un nombre important de matières : agronomie, pédologie, climatologie, génie civil, hydrologie, hydraulique, technique d'irrigation etc., cela exige, l'intervention de plusieurs spécialistes ou d'ingénieurs pluridisciplinaire.

Pour ce faire, il faut des structures de formation de haut niveau pour former les ingénieurs de conception et de réalisation dans ces domaines.

C'est pourquoi, l'Institut International Supérieur Inter-états de Formation et de Recherche dans les Domaines de l'Eau l'Energie l'Environnement et les Infrastructures (2iE), dans sa politique de formation des cadres de ses pays membres a créé dans son sein une formation post universitaire de spécialisation en Eau pour l'Agriculture et approvisionnement des Communautés pour une durée de 15 mois (9 mois de formation théorique au 2iE et 6 mois de formation pratique en entreprise pour consolider la connaissance théorique).

A la fin de la formation théorique, nous avons choisi le Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles du Sahel pour les 6 mois de stage.

RESUME



La présente étude a pour objectif principal d'évaluer et de mesurer les performances de l'irrigation goutte à goutte à haute pression mise en expérimentation dans la station de recherche de Katchari.

Le diagnostic a consisté d'abord en une description du système d'irrigation en place, une interview des producteurs qui pratiquent l'irrigation goutte à goutte à basse pression. Il ressort de cela que l'irrigation goutte à goutte est appréciée par les producteurs qui trouvent qu'une expansion des superficies serait un avantage pour la production.

Ensuite l'évaluation des performances du système a conduit à des mesures des débits délivrés par les goutteurs au niveau de chaque parcelle, des bulbes d'humectation et des pressions. Les débits mesurés ont été comparés aux besoins des cultures. Les résultats obtenus montrent qu'au niveau des parcelles, les volumes d'eau apportés par arrosage restent insignifiants par rapport aux besoins des cultures. Les résultats obtenus à travers le coefficient d'uniformité et les analyses statistiques des débits délivrés par les deux types de goutteurs dans les deux parcelles montrent une hétérogénéité de la distribution de l'eau au niveau des parcelles. Les pressions au niveau des goutteurs diminuent lorsque l'on s'éloigne du porte rampe. De plus ses pressions restent faibles pour les types de goutteurs utilisé selon les normes de fabrications. Les bulbes d'humectations mesurés au niveau des goutteurs montrent que l'écoulement de l'eau diffère selon que l'on est au début ou en fin de rampe pour les deux parcelles. Au niveau du palmier dattier, la diffusion latérale de l'eau est faible par contre on a une forte percolation. Au niveau du jujubier c'est le contraire qui se produit c'est-à-dire que l'extension latérale est conséquente.

Les caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation ont été prises en compte. Les résultats obtenus montrent que l'eau utilisée au niveau du système d'irrigation goutte à goutte a les propriétés requises pour ce type d'irrigation. En effet, la conductivité hydraulique et le SAR (rapport d'adsorption du sodium) présentent des risques faibles à moyen et également les autres propriétés chimiques restent conformes à la norme. Les propriétés physiques de l'eau sont négligeables quand l'eau provient d'un forage.

Mots clés : Katchari, irrigation goutte à goutte, jujubier, palmier dattier

INTRODUCTION

Problématique

L'agriculture est le premier consommateur d'eau douce de la planète, responsable d'environ 70% de tous les prélèvements (FAO, 2006). En outre, de tous les secteurs qui utilisent l'eau douce l'agriculture est dans la plupart des cas, celui où les rendements économiques de l'eau sont faibles. Pourtant, l'agriculture irriguée procure 36% de la production agricole mondiale avec seulement 16% des superficies cultivées (FAO, 1997). L'irrigation doit donc avoir pour objectif d'utiliser au mieux l'eau, en même temps que les terres, les ressources humaines et les autres intrants essentiels pour renforcer de façon durable la production agricole et pour améliorer la sécurité alimentaire. L'agriculteur a toujours considéré qu'irriguer copieusement la plante apporterait l'abondance de la récolte. Or ce type d'irrigation présente d'énormes inconvénients notamment, les pertes d'eau par évaporation et par percolation qui se traduisent par la diminution de la concentration de l'oxygène aux niveaux des racines, la migration des éléments fertilisants en profondeur constituent une source probable de pollution et de salinisation de la nappe. La superficie cultivée est pratiquement dans son intégralité irriguée d'où une poussée abondante de mauvaises herbes, une destruction de la structure du sol et une érosion des terrains en pente.

Les systèmes d'irrigation bien gérés sont ceux qui contrôlent la distribution spatiale et temporelle de l'eau de façon à favoriser la croissance et le rendement des cultures et à améliorer la rentabilité économique de la production végétale. Le but n'est pas seulement d'optimiser les conditions de végétation sur une parcelle spécifique ou pendant une saison particulière, mais de protéger l'ensemble du milieu où est situé le champ contre la dégradation à long terme. Par conséquent, les nouveaux systèmes d'irrigation doivent être basés sur des techniques et des principes rationnels permettant une utilisation efficace de l'eau et une optimisation de l'irrigation par rapport à tous les autres intrants et opérations agricoles essentiels. Ces nouveaux systèmes doivent permettre d'intensifier et de diversifier les productions. Plusieurs méthodes et techniques sont donc mises en œuvre en matière d'irrigation ; et parmi elles l'irrigation localisée dont la technique la plus connue est le « goutte à goutte ».

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

L'irrigation goutte à goutte ou irrigation localisée ou micro irrigation consiste à appliquer l'eau à faible débit et à intervalles fréquents au voisinage des plantes uniquement au moyen d'un réseau dense de conduites (MERMOUD, 2004).

Les réseaux complets de goutte à goutte permettent de réduire considérablement les frais de main d'œuvre mais leur bon fonctionnement ne peut être assuré que s'ils sont supervisés en permanence par des techniciens qualifiés et si la maintenance peut être assurée rapidement. En effet, en Afrique, la technique de la micro irrigation est née de l'effet synergique lié à l'apparition de matériau en plastique bon marché, durable et adapté à la fabrication de capillaires ensuite à des goutteurs et des gaines (KETTAB, 2003). De très nombreux modèles de goutteurs, de mini-diffuseurs et de micro asperseurs sont actuellement disponibles sur le marché. Ainsi contrairement aux pays développés où cette technique requiert des investissements élevés (ses systèmes se caractérisent par leur consommation élevée en énergie, leur fonctionnement automatisé et leur grande taille), en Afrique, la conception des systèmes goutte à goutte doit être revue de façon à faciliter leur installation et leur entretien c'est-à-dire en diminuant leur coût d'installation par l'utilisation de matériaux locaux (FAO, 2006). Mais le système tout en s'adaptant aux conditions africaines doit conserver les principes de base à savoir l'application fréquente d'un faible volume d'eau et la maximisation de l'efficacité de l'irrigation. Car la technologie ne serait acceptée que si elle est suffisamment rentable, si les avantages justifient les coûts (FAO, 2006). Cependant les caractéristiques techniques ne sont pas toujours maîtrisées.

Dans les régions sahéliennes caractérisées par un contexte physique très difficile et un climat semi aride comme c'est le cas du Burkina Faso, l'irrigation goutte à goutte contribuera à moderniser l'agriculture et à améliorer la productivité agricole pour une agriculture de marché. En effet, au Burkina Faso, l'agriculture pluviale est le moteur de l'économie et occupe 2,6 millions d'hectares, soit 29% des terres agricoles utiles (NGAYE, 2005). Cette agriculture reste insuffisante pour satisfaire les besoins de la population. Ainsi la maîtrise partielle ou totale de l'eau à des fins d'irrigation s'impose comme une nécessité absolue, pour stimuler une agriculture tributaire des aléas climatiques et améliorer la production alimentaire par la diversification des productions.

Plusieurs projets sont nés pour lutter contre la pauvreté qui passe par l'augmentation de la production. C'est ainsi que le projet Jardins Potagers Africains qui se propose d'intégrer les dattiers dans les jardins maraîchers à vue le jour. Ce projet a pour but principal de lutter contre la pauvreté en procurant aux agriculteurs sahéliens un moyen efficace d'accroître le

volume et la régularité de leur revenu. Ce projet couvre sept régions de l'Afrique de l'ouest mais il n'est effectif qu'au Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Sénégal. Il se donne pour objectif entre autre de développer l'agriculture irriguée par une harmonisation des quantités d'eau distribuées en chaque point de la surface et une réduction du temps d'irrigation et d'entretien : c'est le système goutte à goutte. Ainsi, le processus d'adaptation du goutte à goutte passe par la reproduction du système à une plus petite échelle, mieux adaptée à la taille d'une exploitation familiale, généralement comprise entre un hectare et quelques hectares.

L'expérimentation de cette technologie de l'irrigation de goutte à goutte à basse pression pourrait permettre de l'adapter à nos réalités et de vérifier les performances en vue de contribuer à la sécurité alimentaire et de générer des revenus (GANABA, 2004). La difficulté de ce système réside dans le fait que l'eau apportée doit être uniformément répartie à travers les goutteurs d'où l'intérêt de cette étude. Cette étude s'intéresse donc à la distribution de l'eau dans des parcelles de palmier dattier et de jujubier amélioré irrigué au goutte à goutte misent en place expérimentalement au CRREA du Sahel ainsi qu'aux besoins en eau des cultures pour éviter le gaspillage ou une éventuelle insuffisance de l'eau apportée aux cultures. Cette uniformité de l'arrosage est également importante pour le dosage des éléments fertilisants qui sont apportés aux cultures en même temps que l'eau.

Contexte de l'étude

L'irrigation consiste à approvisionner les cultures en eau par des moyens artificiels, en vue de permettre l'agriculture dans les zones arides et de compenser les effets de sécheresse dans les zones semi arides (FAO, 2006). Plusieurs études à travers le monde ont été menées sur l'irrigation goutte à goutte.

A Hawaï, le goutte à goutte a sauvé l'industrie sucrière menacé de disparition en raison de l'effondrement des cours mondiaux ; le taux de sucre a été relevé de 22 % et la consommation d'eau a chuté de 25 % avec 78 % de réduction de main d'œuvre par rapport aux exigences de la raie. Aux USA, une superficie de 48 000 ha de canne à sucre a été irriguée au goutte à goutte ; il a été constaté une augmentation de 22 % de récoltes brutes et de 26 % de sucre. Le rendement obtenu sur la tomate est de 82, 5 tonnes/ha contre 65 à la raie soit 27 % de plus, avec 35 % d'eau en moins. Le vignoble a montré une grande sensibilité à la micro irrigation en Australie avec un rendement qui a augmenté de 43 % en utilisant l'aspersion et 98 % en micro irrigation. Aux Caraïbes, des bananiers ont donné 40 tonnes/ha au lieu de 10 tonnes en sec. En Israël, le goutte à goutte comparée à l'aspersion et à la raie

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

permet d'augmenter les rendements de 30 % avec les mêmes volumes d'eau d'irrigation (KETTAB, 2003).

Selon le même auteur, pour l'ensemble des pays, la répartition des superficies équipées en micro irrigation concerne surtout celles qui sont occupées par les cultures arboricoles consommatrices d'eau. Ainsi, l'affectation de la micro irrigation par spéculation est de 55 % pour les cultures fruitières, 16 % pour les cultures maraîchères, 13 % pour la vigne, 12 % pour les grandes cultures et 1,5 % pour les cultures florales.

Dans les pays d'Afrique du Nord, des études ont également été menées. En Tunisie, une étude sur l'évaluation hydraulique et agronomique de l'irrigation localisée de la vigne de table a été menée dans la région de Mornag. Cette étude a montré que la bonne conduite des arrosages en irrigation localisée a permis d'obtenir une production 2,8 fois plus importante avec une qualité gustative meilleure que celle réalisée à la raie (ZAYANI, 1999). Au Maroc des études sur le goutte à goutte ont été mené sur les cultures maraîchères. Ces études ont montré, une économie d'eau de 50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion. Il contribue à une augmentation des rendements de l'ordre de 20 à 40% et à l'amélioration de la qualité des productions maraîchères (ELATTIR, 2005). En Algérie, un modèle théorique de simulation est utilisé pour étudier l'optimisation d'un réseau de micro irrigation. Ce modèle conduit sur le palmier dattier montre qu'un palmier consomme en micro irrigation selon un besoin de pointe, 144 m³ par an contre 160 à 245 m³ par an en irrigation par rigole. En micro irrigation, les besoins de pointe pour un hectare par an sont évalués à 22 000 m³ (ZELLA, 2002).

Au Burkina Faso, la micro irrigation est à ses débuts. Selon des informations non officielles elle est pratiquée sur l'ensemble du territoire et souvent par des particuliers et également dans certains centres de recherche comme l'INERA. Le système du goutte à goutte à basse pression a été introduite depuis 1999 par le programme international pour les cultures en zones arides (IPALAC) en collaboration avec l'institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) et les systèmes nationaux de recherche agricoles (SNRA) dans le cadre du programme d'action des zones en marge du désert (D.M.P) (GANABA, 2004). Le système d'irrigation goutte à goutte est donc introduit par le biais des jardins potagers africains. Un jardin potager africain est un système de production intensif dont le principe est basé sur l'association de l'arboriculture fruitière (palmier dattier, jujubier amélioré, papaye ...) au maraîchage en introduisant l'irrigation goutte à goutte. Plusieurs étapes sont définies pour la promotion de ces jardins potagers africains. En effet, ce

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

système de productions a d'abord été expérimenté dans cinq (5) jardins pilotes de case améliorés installés dans les villages sahéliens de Bani, Damdégou et Sampelga de la province du Séno, Djibo dans le Soum et Ouahigouya dans le Yatenga en juin 2001 (GANABA, 2004). Cette première vulgarisation concernait les femmes et devaient constituer des unités pilotes ; ses jardins de cases améliorées avaient une superficie de 50 m². Après la maîtrise du système par les femmes, une seconde étape a consisté à s'intéresser aux hommes avec une superficie de 500 m², c'est les jardins potagers africains. L'enthousiasme des producteurs suite à cette phase expérimentale a permis de vulgariser les jardins potagers africains. Cependant un manque de suivi existe quant au bon fonctionnement du système. En effet selon GANABA 2004, la bonne marche de ces systèmes requiert un suivi pour le respect des itinéraires techniques, des conseils et du soutien en intrants agricoles ; les structures parraines ne font pas toujours le suivi rapproché des producteurs ni n'apportent l'appui matériel et financier pour la mise en place des unités.

Notons que les jardins de cases améliorés et les jardins potagers africains sont à basse pression. Pour augmenter les superficies d'exploitation (un à plus d'un hectare), et pour augmenter les capacités de diversification des productions (augmentation du nombre d'arbres), un système à forte pression a été installé à la station de recherche du CRREA du Sahel et constitue une vitrine de production. En effet cette exploitation est au stade expérimentale, un suivi du fonctionnement et une évaluation de ce système s'avèrent donc nécessaires. Cette étude s'intéresse à la mesure des doses d'arrosages qu'il faut comparer aux besoins des cultures. Elle permettra d'évaluer les performances du système par les quantités d'eau débitée et de conclure sur l'état de fonctionnement du système et d'envisager des solutions de remédiations.

Objectif de l'étude

Pour augmenter les superficies d'exploitation (un à plus d'un hectare), et pour augmenter les capacités de diversification des productions (augmentation du nombre d'arbres), un système d'irrigation au goutte à goutte à forte pression a été installé à la station de recherche du CRREA du Sahel. La difficulté de ce système réside dans le fait que l'eau apportée doit être uniformément répartie à travers les goutteurs. Aussi la présente étude dont le thème est intitulé : *Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de katchari*, s'intéresse à la distribution de l'eau dans des parcelles de palmier dattier et de

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

jujubier amélioré ainsi qu'aux besoins en eau des cultures pour éviter le gaspillage ou une éventuelle insuffisance de l'eau apportée aux cultures. Cette étude se donne donc pour objectif de :

- décrire le système d'irrigation en place ;
- mesurer les performances du système ;
- renforcer les connaissances sur le système ;
- collecter et rendre disponible un ensemble d'informations sur la pratique de l'irrigation goutte à goutte au Burkina Faso.

Le présent rapport qui résume l'étude s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre fait l'historique de l'irrigation au Burkina Faso
- Le deuxième chapitre présente le matériel utilisé au cours de l'étude ainsi que la méthodologie mis en place pour la collecte des données
- Le troisième chapitre résume les résultats auquel nous sommes parvenus suivis de la discussion.

CHAPITRE I : HISTORIQUE DE L'IRRIGATION AU BURKINA FASO

1.1. Ressource en eau

Les ressources en eau de surface sont estimées à 8.10^9 m³/an. Le réseau hydrographique se répartit en trois bassins principaux: le bassin de la Volta au centre-ouest, qui couvre les deux tiers du pays, le bassin de la Comoé au sud-ouest et le bassin du Niger au nord-est et à l'est. A l'exception de celles du sud-ouest du pays, toutes les rivières du Burkina Faso sont temporaires. Le volume total des ressources en eau souterraine renouvelables est de l'ordre de $9,5.10^9$ m³/an (FAO, 2005). Les ressources en eau du pays sont inégalement réparties sur l'ensemble du territoire. Si au sud le problème d'eau ne se pose pas, au nord par contre la concurrence est rude entre les besoins humains et pastoraux et les besoins agricoles.

En 1992, les prélèvements en eau étaient de $0,38.10^9$ m³. Les prélèvements en eau pour l'irrigation, sont estimés à $0,233.10^9$ m³ soit 62% du prélèvement total en eau (figure 1). Le tableau I montre que le Sahel est la zone qui a la plus faible superficie irrigable (NGAYE-YANKOÏSSET, 2005).

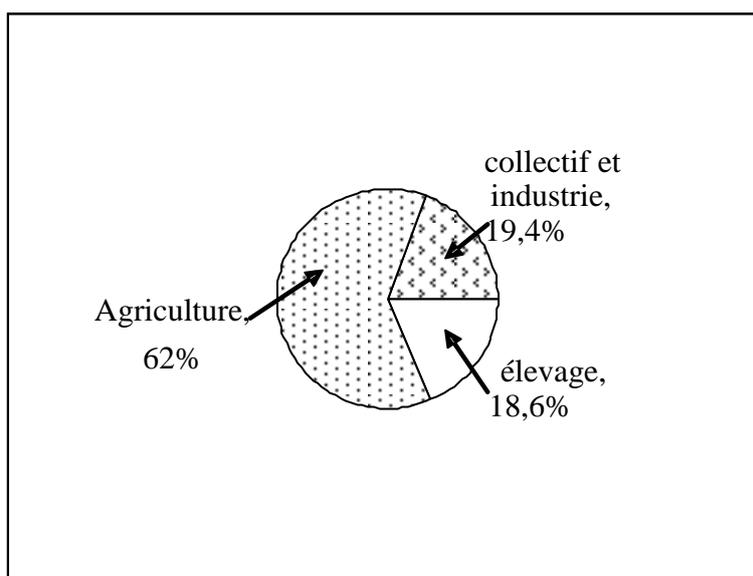


Figure 1 : Prélèvements en eau total: $0,376.10^9$ m³ en 1992

Tableau I : Répartition du potentiel en terre irrigable par bassins

Région	Superficie géographique (km ²)	Superficie irrigable (ha)
Centre	21950	10390
Centre ouest	26325	9860
Centre nord	21580	4860
Nord	12295	3100
Boucle du Mouhoun	33015	29140
Centre est	11260	33830
Comoé	18405	13620
Hauts bassins	24770	25255
Sud ouest	17480	96100
Est	49990	6152
Sahel	36870	1195
Total	274000	233500

Source : doc de politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée (avril 2004).

1.2. Développement de l'irrigation

L'agriculture pluviale, moteur principal de l'économie, occupe 2,6 millions d'hectares, des terres agricoles utiles (NGAYE-YANKOÏSSET, 2005). Cette agriculture reste insuffisante pour satisfaire les besoins de la population. Le Burkina est donc contraint à des importations (80000t de riz par an) avec un effet fortement négatif sur l'équilibre de la balance commerciale. Ainsi, la maîtrise partielle ou totale de l'eau à des fins d'irrigation s'impose comme une nécessité absolue, pour stimuler une agriculture tributaire des aléas climatiques et améliorer la production alimentaire. Perçue comme une stratégie complémentaire à toutes les actions de développement agricole, l'irrigation, qui est un apport en eau aux plantes par le billet d'un réseau d'irrigation, est un phénomène récent au Burkina Faso. En effet, à l'inverse de certains pays d'Europe, d'Asie ou d'Afrique (Afrique de l'Est notamment), ce pays n'a pas une tradition d'irrigation, et les premières surfaces irriguées ont été initiées dans les années soixante. Parmi les réalisations, on compte de 1960 à 1970, une

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

dizaine de périmètres et de barrages aménagés, dont celui de Yalgo dans la province du Namentenga et le périmètre de Loumana dans la Comoé. A l'exception de certaines cultures de rente, produites au bénéfice de l'ex-métropole, l'objectif national assigné à l'irrigation était essentiellement la production du riz, afin de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'extérieur.

L'irrigation n'a véritablement connu son développement qu'à partir des années soixante-dix. Diverses actions vigoureuses ont abouti à l'aménagement de très grandes plaines dont les plus connues sont la vallée du Kou, la vallée de Sourou et Bagré.

Mais après plus de trois décennies d'expérience en matière d'irrigation, les performances des différents périmètres aménagés restent insuffisantes au regard des investissements consentis par l'Etat et ses partenaires financiers.

1.3. La micro irrigation au Burkina

Les pays les moins avancés comme le Burkina, ont peu de capitaux pour l'investissement des technologies telles que celle de l'irrigation goutte à goutte. Cependant, les pressions exercées par la nécessité de nourrir des populations rurales de plus en plus nombreuses exigent qu'on utilise plus rationnellement les faibles ressources en eau dont on dispose. La zone sahélienne est propice à l'irrigation goutte à goutte (figure 2). En effet au Sahel L'ensoleillement intensif et les températures élevées causent l'évaporation de la majeure partie de l'eau déjà rare, avant qu'elle ne puisse être utilisée pour l'agriculture. L'humidité nécessaire à la production agricole n'est donc fournie que durant 2 à 4 mois par année (tableau I). Le reste de l'année est caractérisé par un climat aride et désertique.

La pratique de la micro irrigation au Burkina Faso est au stade embryonnaire marqué surtout par des installations pilotes de faibles envergures.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

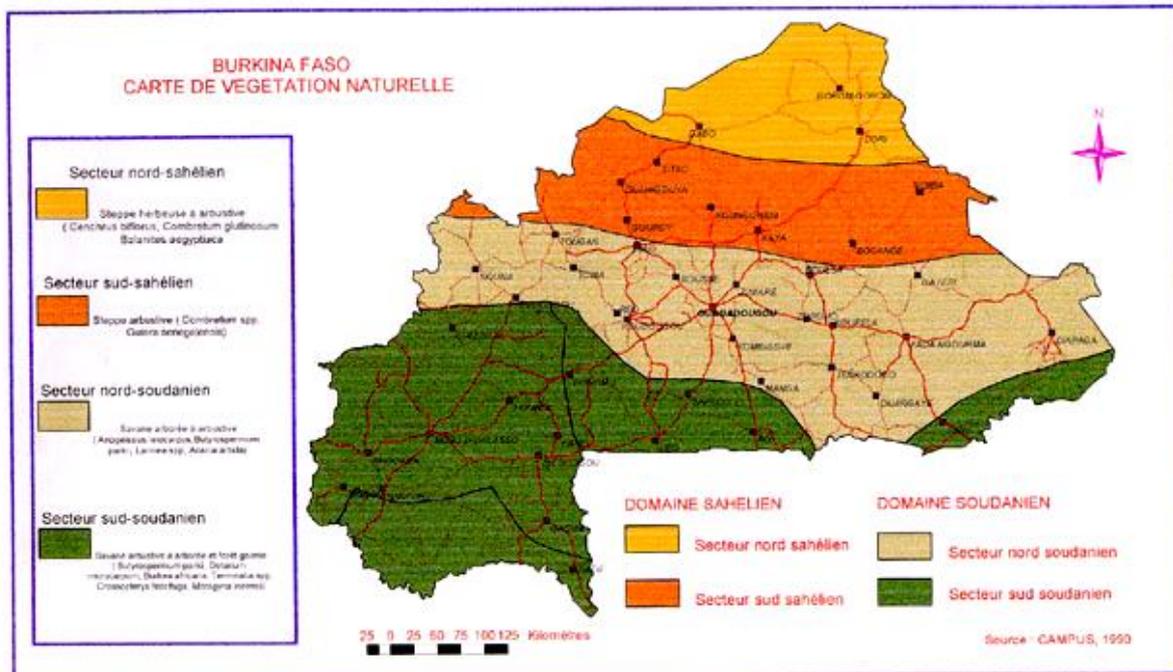


Figure 2 : Domaine sahélien burkinabé favorable à la promotion de l'irrigation au goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte est un système sous pression qui pousse l'eau dans des tuyaux munis d'émetteurs d'eau (distributeurs). Elle consiste à appliquer l'eau à faible débit et à intervalles fréquents au voisinage des plantes (MERMOUD, 2004). Le goutte à goutte peut permettre une économie de l'eau (50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion sur les cultures maraichères) et une utilisation de la fertigation (HASSAN, 2005). Le système d'irrigation goutte à goutte offre la possibilité d'apporter l'engrais directement avec l'eau d'irrigation. Ce système de fertigation localisée assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais entraînant ainsi une réduction des pertes des solutions nutritives par lessivage et par conséquent, une diminution de la pollution des nappes phréatiques par les engrais. Par rapport aux autres systèmes d'irrigation, le goutte à goutte permet une réduction du coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations de l'irrigation et de la fertilisation, et une baisse des quantités d'eau et d'engrais. Cet apport d'eau continu et localisé permet une réduction de l'évaporation, une diminution de la percolation, une meilleure conservation de la structure du sol, un accès facile aux parcelles pour la réalisation des différentes opérations culturales et une réduction des mauvaises herbes.

La technologie est relativement simple mais elle demande des investissements élevés. En effet, les systèmes du goutte à goutte se caractérisent par leur consommation élevée en énergie, leur fonctionnement automatisé, leur grande taille et leur entretien régulier (les émetteurs se bouchant facilement). Le coût des systèmes d'irrigation goutte à goutte est en

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

général de 1200 à 2500 dollar US /ha soit environ 760 000 à 1 600 000 FCFA (FAO, 2003). Il est cependant possible de réduire de manières considérables les coûts avec quelques innovations simples notamment l'utilisation de matériaux locaux.

En Afrique, la technique de la micro irrigation est née de l'effet synergique lié à l'apparition de matériau en plastique bon marché, durable et adapté à la fabrication de capillaires ensuite à des goutteurs et des gaines (KETTAB, 2003). De très nombreux modèles de goutteurs, de mini-diffuseurs et de micro asperseurs sont actuellement disponibles sur le marché. Ainsi contrairement aux pays développés où cette technique requiert des investissements élevés en Afrique, la conception des systèmes goutte à goutte doit être revue de façon à faciliter leur installation et leur entretien c'est-à-dire en diminuant leur coût d'installation par l'utilisation de matériaux locaux (FAO, 2006). Mais le système tout en s'adaptant aux conditions africaines doit conserver les principes de base à savoir l'application fréquente d'un faible volume d'eau et la maximisation de l'efficacité de l'irrigation. Car la technologie ne serait acceptée que si elle est suffisamment rentable, si les avantages justifient les coûts (FAO, 2006). Cependant les caractéristiques techniques ne sont pas toujours maîtrisées.

Dans les régions sahéliennes caractérisées par un contexte physique très difficile et un climat semi aride comme c'est le cas du Burkina Faso, l'irrigation goutte à goutte contribuera à moderniser l'agriculture et à améliorer la productivité agricole pour une agriculture de marché. On assiste en effet, à la mise en place d'expérience pilote dont l'objectif est d'évaluer la faisabilité et la rentabilité du système d'irrigation goutte à goutte dans le contexte naturel du Nord du Burkina Faso. En fonction des résultats on pourra envisager, dans un deuxième temps, la diffusion de cette technologie d'irrigation auprès des producteurs intéressés. Cette expérience est le résultat de réflexions conduites au sein du programme de développement rural de la Coopération suisse depuis 2003, avec ses partenaires producteurs, l'Institut National de l'Environnement et Recherches Agronomiques (INERA).

Le système d'irrigation goutte à goutte s'avère performant et adapté aux conditions d'exploitation des petits producteurs. Il présente l'avantage, une fois maîtrisé de pouvoir mieux planifier les cultures et leur étalement sur l'année. Le défi c'est que le système goutte à goutte soit fonctionnel mais surtout qu'il soit rentable pour le producteur. A cette fin, il serait en plus important d'assurer l'accompagnement technique et socioéconomique du producteur et de maîtriser la connaissance du marché.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

2.1. Le site d'étude

Le sahel burkinabé représente environ 13% de la superficie du territoire national (figure 3). Il présente, un milieu physique très hétérogène au niveau des sols, un réseau hydrographique faible, une aridité croissante et une pluviométrie qui accuse un recul très important au fil des années (photo 1) (ZERBO, 1993). Pour permettre d'adopter les systèmes de production et de gestion des ressources appropriées aux disponibilités actuelles, plusieurs organismes entreprennent au sahel des travaux de recherche et de développement. Parmi eux on a l'INERA qui y a crée en 1986 une station de recherche : le Centre Régional de Recherche Environnemental et Agronomique du Sahel (CRREA du Sahel). La station de Katchari est le siège du CRREA du Sahel. Elle est située à 11 km à l'ouest de Dori dans la province du Seno. Elle appartient au climat de type sahélien avec une pluviométrie annuelle variant de 300 à 750 mm au cours de la dernière décennie (figure 4). Les températures mensuelles varient de 23,1 °C à 42,1 °C (ZERBO, 1993). Selon le même auteur, on rencontre à Katchari, les sols dunaires, les sols à texture limono-argileuse localisés dans les bas-fonds et les sols glacis latérisés ou pas.

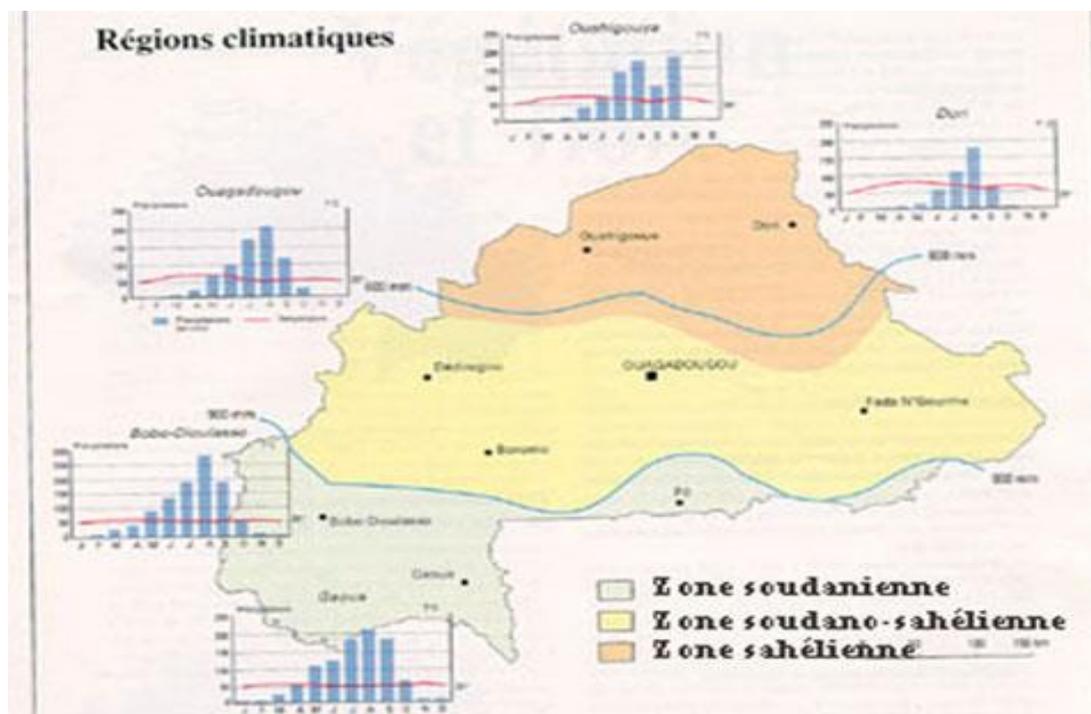


Figure 3 : Carte climatique du Burkina

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

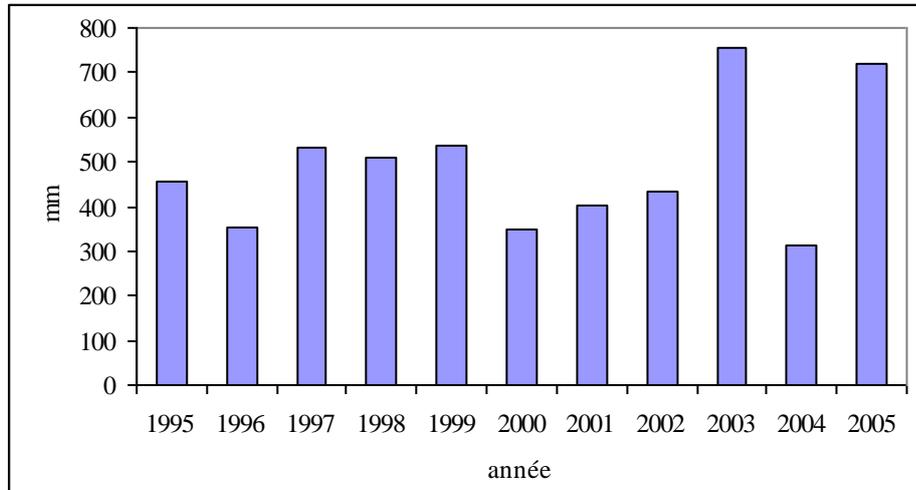


Figure 4 : Pluviométrie annuelle de la ville de Dori de la période 1995-2005

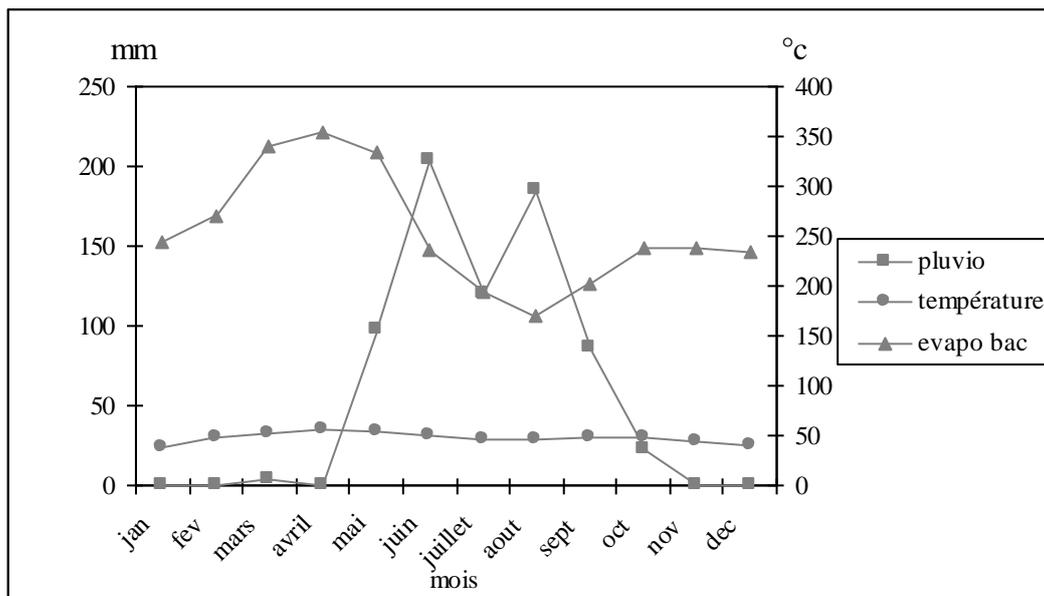


Figure 5 : Courbe ombro thermique de Dori (2005)

Source : Station météorologique de Dori



Photo 1 : Mortalité des plantes ligneuses

2.2. Le matériel végétal

La matériel végétal irrigué est principalement constitué d'arbres fruitiers : le palmier dattier et le jujubier amélioré.

2.2.1. Le jujubier amélioré

✧ Botanique

Le jujubier de son nom botanique *Zizyphus mauritiana Lam* est l'espèce la plus répandue dans les régions sahéliennes. Le jujubier local appartient à la **classe** des Cotylédons, **sous classes** des Dialypétales, **série** des Dixiflores, **sous série** des Isotémones, **ordre** des Célastrales **famille** des Rhamnacées **genre** *Zizyphus* **espèce** *mauritiana*.

Les variétés améliorées du jujubier en provenance de l'Inde ont été introduites par le Centre International de Recherche en Agroforesterie (ICRAF) au Burkina Faso en 2001 (GANABA, 2005).

Le jujubier amélioré est un arbuste épineux et sarmenteux, haut de 3 à 4 m dépassant rarement 10 m. Il a un système racinaire profond et puissant, avec des feuilles alternes ovales, entières et trinervées. L'espèce porte des épines brunes, en général groupées par paires. Les fleurs sont pentamères, petites, nombreuses, duveteuses et jaune-verdâtre. Le fruit ou jujube est une drupe.

❖ Ecologie

Le jujubier est cultivé dans les zones à pluviométrie comprise entre 400 et 2000 mm. Il affectionne les sols bien drainés et supporte des températures de 4°C à 49°C et des pH bas. Les cultivars importés, sont greffés sur les variétés locales. Ils peuvent ainsi se planter sur tous les sites favorables au développement des variétés locales au Burkina Faso. La culture du jujubier peut se faire en condition pluviale, en association avec d'autres cultures dans les aménagements hydroagricole ou en irrigation (OUEDRAOGO, 2002). L'irrigation surtout en zone aride et l'apport de fertilisant constituent des atouts d'amélioration fortement significatifs de la productivité et de la qualité des fruits (OUEDRAOGO, 2002).

❖ Exigences

Le jujubier a besoin en moyenne de 10 kg de fumure, 100g N, 100g P, et 50 g de K

❖ Intérêt socioéconomique

Le jujubier amélioré est un arbre à usages multiples.

Le fruit constitue l'intérêt principal du jujubier. Il est consommé frais ou séché. Sec, le fruit peut être transformé en farine pour diverses utilisations alimentaires : pâte, gâteau, boissons, bouillie. La valeur calorifique des fruits est de 20,9 calories.

Les feuilles sont utilisées pour l'alimentation humaine et animale. Le bois, résistant aux termites, est utilisé pour la fabrication de manches d'outils, de jougs de bœufs. C'est aussi un bon bois de chauffe et du bon charbon de bois. La racine, l'écorce et les feuilles sont utilisées dans diverses préparations médicinales : hémorroïde, diarrhée, vomissement, maux de ventre, plaie...

En plus des fruits, le jujubier fournit du fourrage de qualité et entre dans la mise en place de haies vives de protection des cultures, efficace et non compétitive. En effet, l'analyse bromatologique des feuilles de *zizyphus mauritiana* dans le nord du Burkina Faso, montre une valeur fourragère élevée, particulièrement intéressante en saison sèche.

Les variétés introduites présentent une grande capacité nutritive, écologique et monétaire. Du point de vue nutritif, ces variétés ont environ 17 fois la teneur en vitamine C de la pomme vendue sur la place du marché. Sur le plan monétaire, 1 kg de fruits selon les enquêtes menées au Mali coûterait 1 000 F CFA. Du point de vue écologique, il n'y a aucun inconvénient : comme elles sont supportées par la variété locale qui est le porte-greffe, il a toute l'adaptation, tous les avantages liés à l'enracinement, qui permettent de l'associer aux cultures et dans n'importe quel système de production ".

2.2.2. Le palmier dattier

✧ Botanique

Le palmier dattier appartient à la classe des Liliopsida, l'ordre des Arecales à la famille des Arecaceae, au genre Phoenix (mémento de l'agronome, 2002)

Le dattier est un arbre monopodial à ramification souterraine. Le système racinaire est fasciculé. Les feuilles sont pennées, finement divisées et longues de 4 à 7 mètres. L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles ou femelles, appelées spadices, enveloppées d'une très grande bractée membraneuse, la spathe. Les fleurs femelles ont trois carpelles indépendants, dont un seul se développe pour former la datte. Les fruits, les dattes, groupées en régimes, sont des baies, à chair sucrée entourant un « noyau » osseux qui est en fait la graine.

✧ Ecologie

Le palmier aime l'eau et la chaleur. La durée de fructification varie de 120 à 240 jours et cette période est d'autant plus courte que la température est élevée et que l'hygrométrie est basse. Pour les plantations adultes, la dose d'irrigation doit humecter une tranche de sol d'au minimum 1,20 m (Mémento de l'Agronome, 2002). Les exigences en sol sont faibles: le palmier s'adapte à tous les types de sol mais il préfère un sol léger et bien drainé.

✧ Exigences

Le palmier dattier n'est pas une culture vorace; en effet selon le mémento de l'agronome 2002, pour un palmier de 15 ans, et pour une production de 6000kg/ha, il faut 8000 kg/ha de fumier 100 kg/ha pour l'azote et 30 kg/ha pour l'acide phosphorique..

✧ Intérêt socioéconomique

Le palmier dattier fournit des fruits, très énergétiques ; avec les dattes, on peut produire de l'alcool et du vinaigre. Son bois est précieux tant comme combustible que comme bois d'œuvre dans des régions où les arbres sont très rares. Ses feuilles fournissent une matière première pour la fabrication de divers objets de vannerie. Entières, elles sont utilisées pour couvrir les toits. Le bourgeon terminal, comme pour beaucoup de palmiers, peut être consommé comme chou palmiste. Il est souvent employé comme arbre d'ornement.

2.3. Description du site expérimental

Le site expérimental couvre une superficie d'environ 2 ha cultivés en palmier dattier (1 ha) et en jujubier amélioré (1 ha). Les espèces plantées sont âgées de 0-4 ans. Chaque culture

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

a un système d'irrigation goutte à goutte complet avec une unité de tête constituée d'une bonbonne dans laquelle les fertilisants sont introduits, d'un filtre démontable, d'un compteur volumétrique pour contrôler les volumes d'eau desservis (en panne) et d'une vanne d'ouverture (photo 2).



Photo 2 : Parcelle de palmier dattier avec l'unité de tête

Deux canalisations de dimensions 520 m de long et 63 mm de diamètre pour le premier, 210 m de long et 50 mm de diamètre pour le deuxième permettent d'amener l'eau de la station de pompage (forage) aux parcelles (cf. annexe 5). Les caractéristiques des deux parcelles sont récapitulées dans le tableau II

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Tableau II : Caractéristiques du réseau d'irrigation des parcelles de dattier et de jujubier amélioré

	Parcelle de dattier	Parcelle de jujubier
Diamètre des rampes	16 mm	14 mm
Longueur des rampes	85 m	76,30 m
Écartement entre rampes	8 m	4 m
Nombres de pieds par rampes	9	13
Nombres de rampes	12	22
Écartement entre pieds	8 x 10 m	4 x 6 m
Types de goutteurs	Goutteurs en dérivation	Goutteurs en ligne (intégré)
Écartement entre goutteurs	23 cm	60 cm
Nombre de goutteurs par pieds	4	2-3
Nombre de goutteurs par rampes	36	127
Position de l'unité de tête	En tête de parcelle	En milieu de parcelle

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

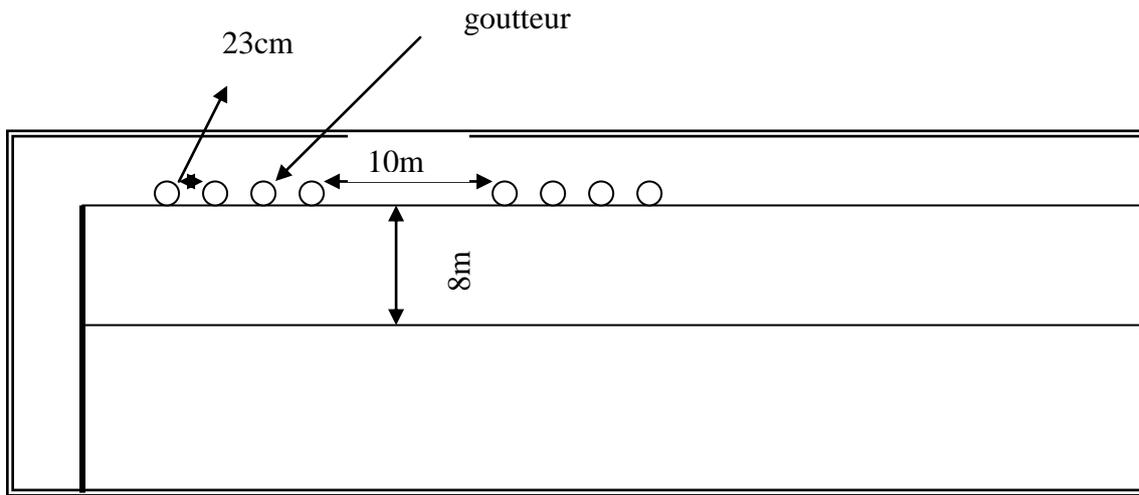


Figure 6 : Parcelle de palmier dattier

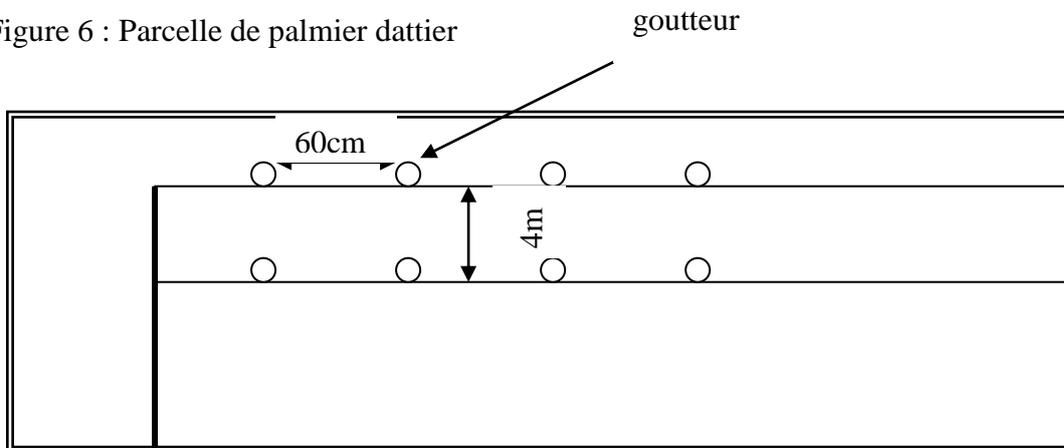
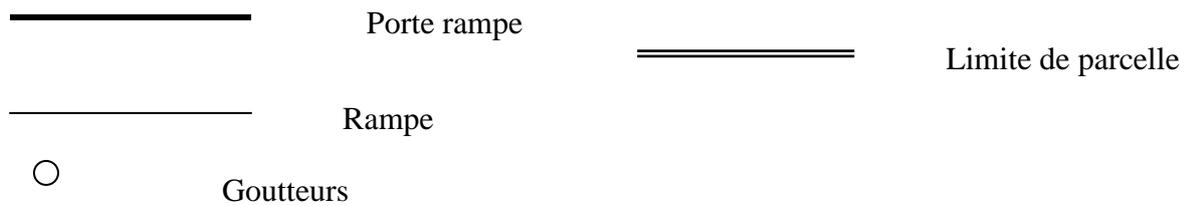


Figure 7 : Parcelle de jujubier



2.4. Les méthodes de collecte des données

2.4.1. Entretien avec les producteurs des sites pilotes de jardins potagers africains

Les contraintes et les avantages des jardins potagers africains installés auprès des producteurs pour constituer de vitrine de productions ont été pris en compte à travers des enquêtes menées auprès de ces producteurs. Il s'agissait d'étudier la fonctionnalité des systèmes à basse pression. Ces enquêtes sont réalisées sous forme d'interview semi structurée et des fiches ont été élaborées à cet effet (cf. annexe 2). Au total quatre producteurs ont été enquêtés.

2.4.2. Mesures des débits

Les mesures sur le terrain ont portées sur la mesure des débits au niveau de chaque parcelle. Pour cela nous avons incorporé à des bidons plastiques d'un litre enterrés sous les goutteurs des entonnoirs pour recueillir les volumes d'eau pendant 45 minutes d'irrigation (photo 3). Ce temps fixé correspond au temps d'arrosage des parcelles pendant la saison sèche. Le choix des goutteurs s'est fait de la façon suivante. Les goutteurs sont numérotés dans chaque parcelle. Pour la parcelle de dattier le premier goutteur après le réseau de tête porte le numéro I 1 (I pour le numéro de rampe et 1 pour le goutteur) ce numéro est suivi de la lettre P pour signifier que c'est la parcelle du palmier donc on aura par exemple n° PI 1. Nous avons procéder de la même façon au niveau du jujubier en commençant par la rampe juxtaposant la parcelle de dattier on aura également JI 1. Les mesures ont été faites d'abord par rampes intercalées. Pour le dattier tous les goutteurs situés sur la rampe ont été considérés par contre pour le jujubier compte tenu du nombre élevé de goutteurs par rampe, les mesures ont été intercalées. Nous avons effectués également des mesures en prenant comme variable les rampes. Les goutteurs de même numéro de série et de rampes différentes ont pris. Compte tenu du nombre de goutteurs les mesures ont été intercalées. Les figures 8 et 9 ci-après illustrent la procédure utilisée pour effectuer les mesures.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

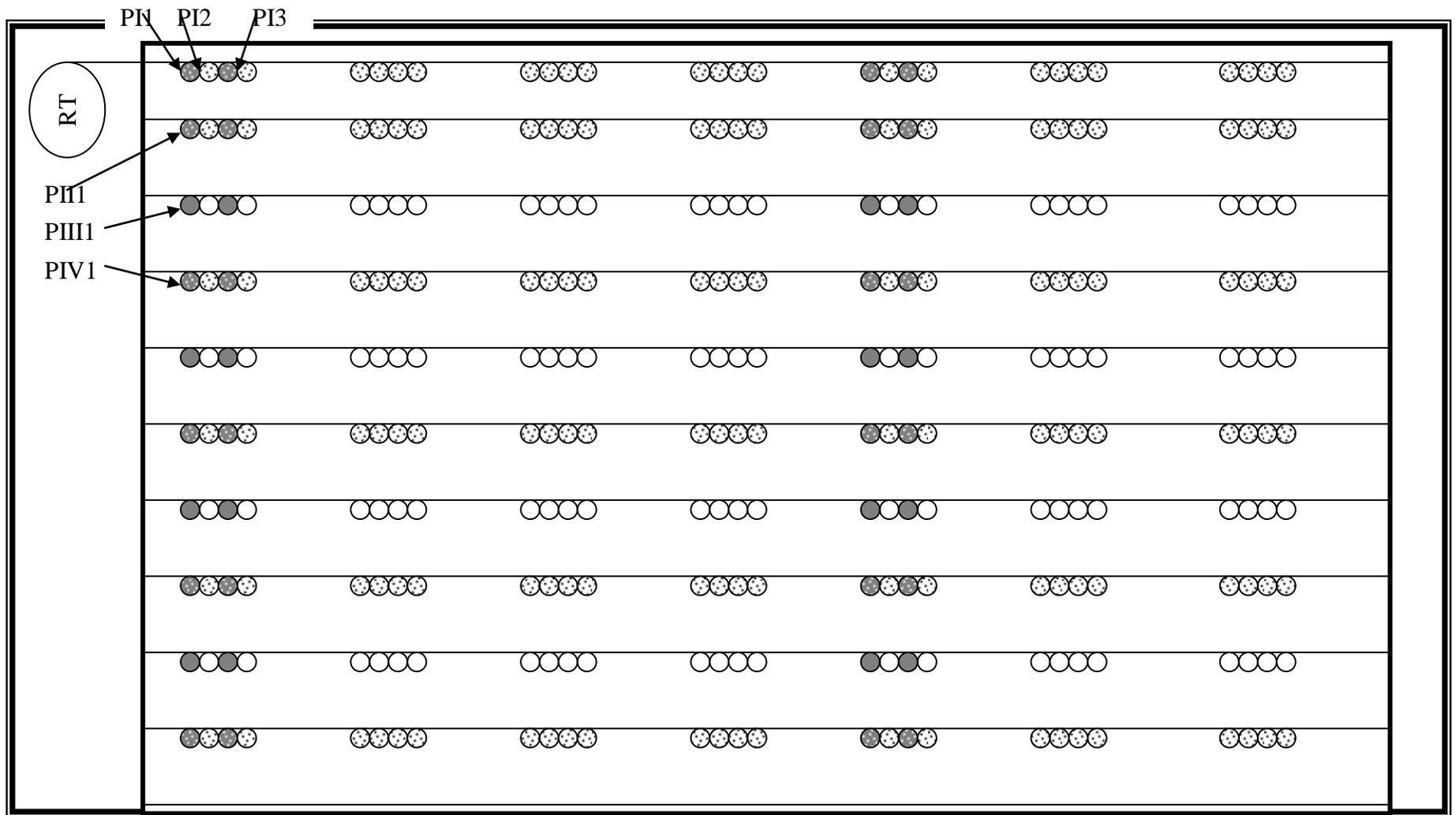


Photo 3 : Dispositif de mesure du volume d'eau au niveau de la parcelle de dattier
Les différentes mesures effectuées ainsi que leur durée d'exécution sont résumées dans le tableau III.

Tableau III : Résumé des mesures à effectuer et leur durée

	Jujubier amélioré		Palmier dattier		Total
	Par rampe	Inter rampe	Par rampe	Inter rampe	
Mesure /jour	40	13	36	48	
Nombre de jrs	7	3	7	3	
Total jours	10		10		20
Total des mesures	319		396		715

Notons qu'au niveau du jujubier une partie de la parcelle à partir de la 13^{ème} rampe n'est pas irriguée au goutte à goutte en raison des fuites d'eau au niveau des conduites d'amenée. Des fiches ont été élaborées pour la collecte des informations. Ces fiches rendent compte du volume d'eau recueilli par goutteur, du temps de fonctionnement, de la température et de l'hygrométrie de l'air (cf. annexe 1)



- Limite parcelle
- Rampe
- Goutteur
- Mesure inter rampe
- Mesure par rampe
- RT= réseau de tête

Figure 8 : dispositif de mesure des volumes d'eau dans la parcelle de palmier dattier

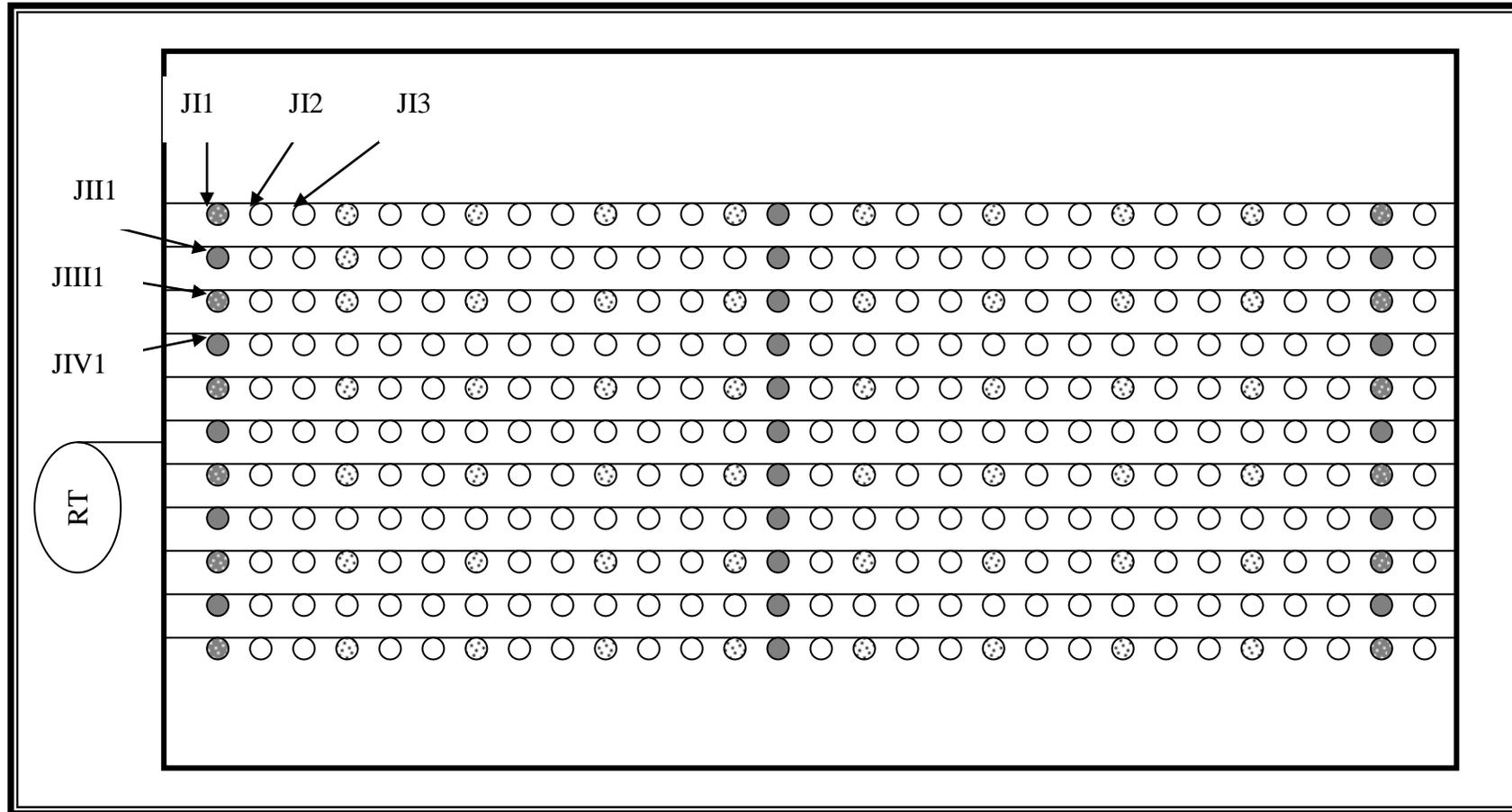
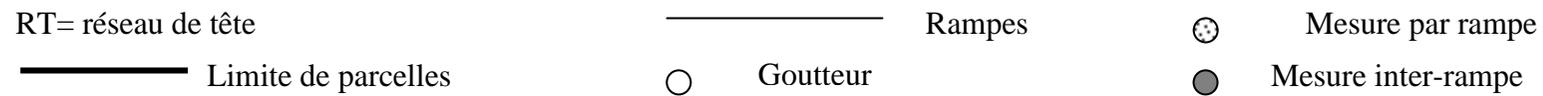


Figure 9: dispositif de mesure des quantités d'eau dans la parcelle de jujubier



La régularité de la distribution de l'eau sur la parcelle est mesurée à travers le coefficient d'uniformité. Le CU se calcule par la relation suivante:

$$CU = 100 * q_{min} / q_{moy}$$

Q_{min} = la moyenne des 4 valeurs les plus faibles

Q_{moy} = la moyenne des 16 valeurs mesurées

Pour calculer le coefficient d'uniformité (CU), on mesure le débit de 16 goutteurs sélectionnés comme suit : choisir la première et la dernière rampe, celles qui se trouvent au tiers et au deux tiers de la longueur du porte rampe ; ensuite sur chacune des rampes, prendre le premier et le dernier goutteurs ceux situés au 1/3 et au 2/3 de la longueur de la rampe (figure 10). On définit le CU par le rapport de la moyenne du premier quart des mesures classées par ordre croissant, à la moyenne de l'ensemble des mesures. Le coefficient d'uniformité doit être supérieur à 90 % pour que le réseau fonctionne correctement (MERMOUD, 2004).

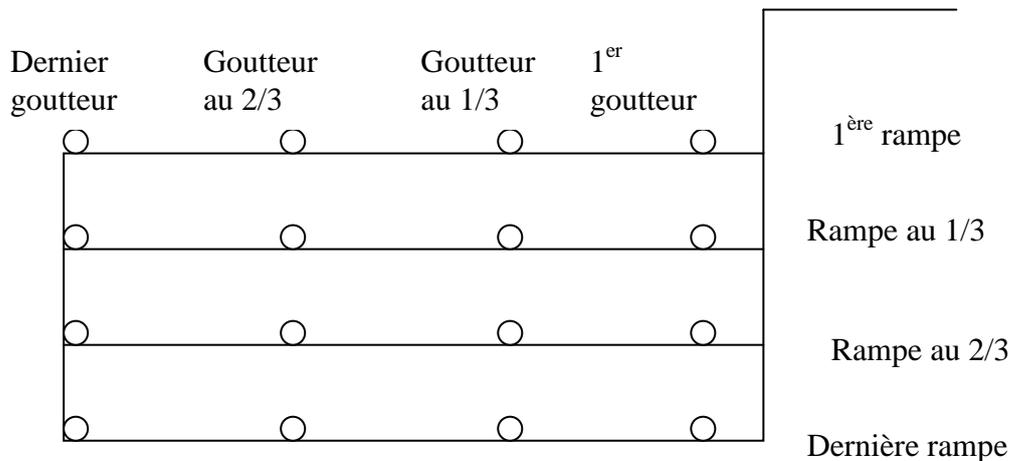


Figure 10 : Schéma représentant les 16 mesures pour calculer CU dans les parcelles

2.4.3. Mesures des pressions

Pour mesurer la pression au champ la procédure suivante a été appliquée : d'abord nous avons choisi la première et la dernière rampe, celles qui se trouvent au tiers et au deux tiers de la longueur du porte rampe ; ensuite sur chacune des rampes, nous avons effectué des mesures de pression par la méthode piezométrique. Elle a consisté à placer sur le goutteur choisi un tuyau transparent de diamètre interne de 2mm avec une longueur de 2m. A l'aide

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

d'un mètre lire la hauteur de l'eau dans le tuyau qui correspond à la pression à laquelle l'eau est soumise au niveau des goutteurs. Cette pression s'exprime en mètre de colonne d'eau. Les mesures de pression ont été effectuées sur le premier et le dernier distributeur, ceux qui se trouvent au tiers et au deux tiers de la longueur de la rampe. Cette méthode a été utilisée au niveau du palmier dattier où les goutteurs sont en dérivation. Au niveau de la parcelle de jujubier compte tenu de la nature des goutteurs (incorporé) il a été difficile de mesurer la pression à ce niveau. Nous avons donc à l'aide d'une perceuse mesuré la pression en début (2m) et en fin de rampe (la limite de la parcelle qui est irriguée) avec le même tuyau et la même procédure qu'au niveau de la parcelle de dattier

Tableau IV: Abscisses des points de mesures des pressions sur la rampe

Niveau de mesure	1 ^{er} goutteur (m)	Goutteur au 1/3 (m)	Goutteur au 2/3 (m)	Dernier goutteur (m)
Jujubier amélioré	2	-	-	57
Palmier dattier	3	33	63	85

2.4.4. Analyse de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau d'irrigation est un élément essentiel en irrigation goutte à goutte. Elle détermine le niveau de risque de colmatage. Les analyses physiques concernent les matières en suspension qui sont évalué par la turbidité de l'eau. La qualité chimique des eaux d'irrigation est liée essentiellement aux sels dissous qu'elles contiennent et qui dans certains contextes pédo-climatiques peuvent s'accumuler dans la zone racinaire. Les risques de salinisations s'apprécient au moyen de la conductivité électrique (CE) et le Sodium Adsorption Ratio (SAR). Des classes ont été définies pour caractériser les risques salins et alcalins. Le SAR est déterminé par :

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / \sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}$$

Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} en meq/l sont respectivement les ions sodium, calcium et magnésium

Les analyses chimiques vont concerner également les cations et les anions suivants : le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le fer total, l'ammonium, les carbonates, les

bicarbonates, les chlorures, les sulfates, les nitrites, les nitrates, les orthophosphates, ainsi que le pH.

2.4.5. Mesures du bulbe d'humectation

La forme du bulbe d'humectation dépend fortement des caractéristiques du sol notamment la texture et la structure. Les racines se développent essentiellement à l'intérieur du bulbe dans la zone où l'eau et l'air sont en proportion harmonieux. La forme et les dimensions du volume de sol humidifié (extension latérale et profondeur d'humectation) ont été déterminées. Pour cela après 45 min d'arrosage et 30 min de ressuyage un trou est creusé sous le distributeur et à l'aide d'une règle graduée nous avons pris les mesures. Nous avons effectué deux répétitions au niveau de chaque rampe.

2.4.6. Détermination des besoins en eau des cultures

Pour mesurer le fonctionnement du système nous avons déterminé les besoins en eau des plantes qui seront comparés à la dose d'arrosage. Les besoins en eau d'une culture nécessitent la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

- les données climatiques (ET_0) donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau de la culture
- les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol
- les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

Les besoins en eau des cultures seront évalués par culture et par mois et c'est les besoins en période de pointe qui seront considérées (annexe 7). Les besoins des cultures sont obtenus par la relation suivante :

$$BN = (ET_0 * K_c - P_{eff} + \Delta S) * (CS + 0,1)$$

BN= besoins en eau de la culture ou besoins nets

ET_0 = évapotranspiration de la culture de référence calculée par la formule de Penman

K_c = coefficient cultural de la culture qui dépend de stade de développement de la plante donné par le logiciel cropwat de la FAO de calcul des besoins en eau des cultures. Nous avons considéré le même stade pour le palmier dattier ($k_c=0,9$) ; pour le jujubier compte tenu du fait que nous n'avons pas eu des informations nécessaires, le k_c considéré est celui des fruits caducifoliés (phase initiale $k_c=0,4$, en mi-saison $k_c=1,1$, en fin saison $k_c=0,4$).

P_{eff} = Pluie efficace déduite de la pluviométrie moyenne par :

$$P_{eff} = P \text{ si } P \leq 20 \text{ mm et } P_{eff} = 0,8 * P \text{ si } P > 20$$

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

ΔS = Variation du stock d'eau dans la zone exploitable par les racines ; elle sera négligé pour les calculs.

CS= valeur maximale de la fraction de la surface du sol couverte par le feuillage de la culture ; le jujubier adulte taillé présente un couvert qui couvre presque la totalité de la surface du sol, on prendra donc CS=0,8 ; par contre au niveau du palmier dattier l'arbre à un port non étalé, il ne couvre donc pas la totalité du sol on prendra dans ce cas CS=0,4.

Les données climatiques sont fournies par la station météorologique de la région.

La dose d'arrosage se caractérise par la quantité d'eau apportée au sol à chaque arrosage. Nous avons considéré les moyennes extrêmes (min et max) de volume d'eau apporté par rampe au cour de chaque arrosage au niveau de chaque parcelle.

Les besoins nets de pointes sont les besoins en eau des cultures les plus élevés. La dose maximale apportée aux cultures par un arrosage est déterminée à l'aide de la formule :

$$D = Nqt/S$$

$$S = sa * sr$$

Avec :

N= le nombre de goutteur pour arroser une surface S,

qt= est le volume d'eau total apporté par arrosage ;

sa= l'écartement entre les arbres sur la rampe (10 m pour le dattier et 6 m pour le jujubier)

sr= l'écartement entre les rampes (4m au niveau du jujubier et 8m au niveau du dattier).

2.5. Les méthodes d'analyses

L'ensemble des mesures effectuées notamment les mesures des volumes d'eau délivrés par les goutteurs ont été traitées par le logiciel d'analyse excel. Celui-ci a permis de faire des analyses descriptives des données ainsi que des analyses de variance. Il a également servi pour les graphiques et les tableaux.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Contraintes et potentialités des jardins potagers africains

L'entretien réalisé auprès des producteurs de jardins potagers africains pilote fait ressortir quelques avantages et inconvénients des systèmes installés. En effet le problème majeur qui ressort est le manque d'eau au niveau de la zone. L'eau d'irrigation provient des puits ou des mares. Cette eau est prélevée par la majorité des irrigants à l'aide des pompes à pédale. Le constat général est que l'eau tarit quelques mois après la saison des pluies (janvier). Pour ce qui est des avantages on peut citer entre autre, l'augmentation des revenus, la diminution de la sensibilité aux maladies dues au contact des plantes avec l'eau, la diminution du nombre d'heure de travail.

Tous les producteurs sont favorables à l'extension du système goutte à goutte si le problème d'eau est résolu.

3.2. Calcul des besoins en eau des cultures

Le calcul des besoins en eau nous donne 5,2 mm/jour pour le palmier dattier et 5,6 mm/jour pour le jujubier. A partir de ces valeurs, nous avons déduit les volumes d'eau à apporter par irrigation. On obtient 134,4 l/jour /arbre pour le jujubier et 416 l/jour par arbre pour le dattier (tableau V).

Sur le terrain les mesures des débits nous donnent des volumes d'eau maximal apporter de 9 l/goutteur pour le palmier et de 10 l/goutteur pour le jujubier soit respectivement de 36l/arbre par arrosage pour le dattier et 30 l/arbre par arrosage pour le jujubier. Notons que le système fonctionne pendant 0,75h et cela une fois par semaine.

Ces résultats nous montrent que l'eau apporter est insignifiante comparé aux besoins des cultures. Le coefficient d'irrigation si l'objectif de l'irrigation n'était pas d'apporter toute la quantité nécessaire à la plante est de l'ordre 1% pour le palmier dattier et de 3% pour le jujubier.

Une étude d'optimisation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte avec des plants de palmier dattier mené en Algérie montre que les besoins de pointe de la plante sont estimés à 6mm/jour soit 486l/jour/palmier (ZELLA, 2002). Ce volume d'eau est livré par deux goutteurs de débit moyen individuel de 14,94 l/h (environ 30 l/h/palmier) avec un temps d'irrigation fixé à 17 h. On constate donc, en référence à cette étude, que les pieds de dattier des exploitations que nous avons étudiées ne vivent pas des irrigations telles qu'appliquées.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

En ce qui concerne le jujubier, nous n'avons pu consulter des études similaires sur la détermination des besoins en eau de cet arbre. Cependant, son comportement est fonction de l'irrigation. En effet, selon Walali 2003, pour une bonne rentabilité de cette culture il faut arroser copieusement et de façon fréquente.

Nous notons pour cette analyse que nous n'avons pas eu de données initiales du projet, ni de document technique sur le matériel installé. Il s'agit notamment du débit de fabrication des goutteurs et leur pression de service et également de la nature des goutteurs (compensé ou non ?). L'absence de données ne permet pas de voir si le système a été bien dimensionné au départ ou si c'est un problème de suivi.

Tableau V: Résumé des paramètres d'irrigation sur le terrain

Paramètres	Jujubier	Palmier dattier
Besoins nets de pointe (mm/jour)	5,6	5,2
Volume d'eau à apporter (l/j/arbre)	134,4	416
Volume d'eau à apporter par semaine (l/arbre)	940,8	2912
Temps d'arrosage (h)	0,75	0,75
Intervalle d'arrosage	1 fois par semaine	1 fois par semaine
Volume d'eau maximal réellement apporté par arrosage (l/arbre)	30	36
Coefficient d'irrigation (%)	3,2	1,24

Les parcelles de jujubier et de palmier dattier sont situées dans la partie nord de la station il s'agit donc de sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur ergs anciens. La texture est sableuse en surface et limono sableuse en profondeur. La structure est polyédrique subangulaire moyennement développer en éléments moyens et grossiers en surface, massive à sous structure polyédrique subangulaire faiblement développer en profondeur. La réserve utile du sol est de 70 mm. Si l'on compare la dose d'arrosage aux besoins en eau des cultures, on constate que l'eau apportée par arrosage est insuffisante pour satisfaire les besoins des plantes. Cette quantité d'eau apportée est insignifiante comparée aux besoins des cultures. Il

s'agit donc de définir les objectifs de l'irrigation : est ce une irrigation en situation de pénurie ou un apport d'une fraction des besoins des plantes ? Dans tous les cas selon l'expérience faite en Algérie un tel système à but de production et qui doit être une vitrine de production n'est pas viable.

3.3. Paramètre du système goutte à goutte en place

3.3.1. Distribution de l'eau au niveau de la parcelle

Les calculs des coefficients d'uniformité ont donné pour le palmier dattier $CU = 43\%$ et pour le jujubier $CU = 11\%$. Dans les deux cas on observe que le coefficient d'uniformité est très mauvais selon les critères d'appréciation de l'uniformité de l'arrosage généralement admis.

Les résultats de l'analyse de variance sont résumés dans le tableau VI et VII. Cette analyse de variance a pour objectif de montrer, si la distribution hétérogène de l'eau constaté au niveau des parcelles est due à la distance.

Tableau VI: Analyse de variance intra-rampe du volume d'eau dans la parcelle de jujubier

<i>Source des variations</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre rampes	0,935	0,470	2,132

Tableau VII: Analyse de variance intra-rampe du volume d'eau dans la parcelle de dattier

<i>Source des variations</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre rampes	1,859	0,089	2,136
Total			

Cette analyse de variance montre que la variation du débit en fonction des distances n'est pas statistiquement significative au niveau du jujubier ($p = 0,47$) ce qui n'est pas le cas pour le palmier dattier où la probabilité pour que les variations de débit des goutteurs dépendent de la distance est élevée ($p = 0,089$). Ces résultats sont illustrés par les figures 11 et 12 où au niveau du jujubier l'eau est distribuée de façon hétérogène à travers les rampes. Par contre au niveau du dattier la tendance est à la baisse au fur et à mesure qu'on évolue par rapport à la distance sur les différentes rampes.

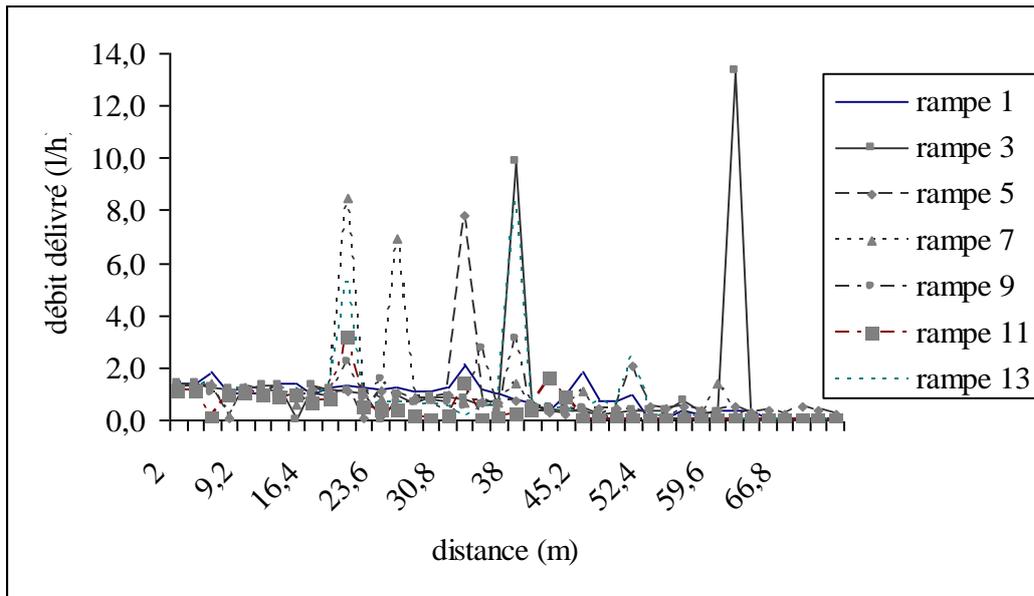


Figure 11: Evolution du débit délivré par les goutteurs dans la parcelle du Jujubier le long des rampes

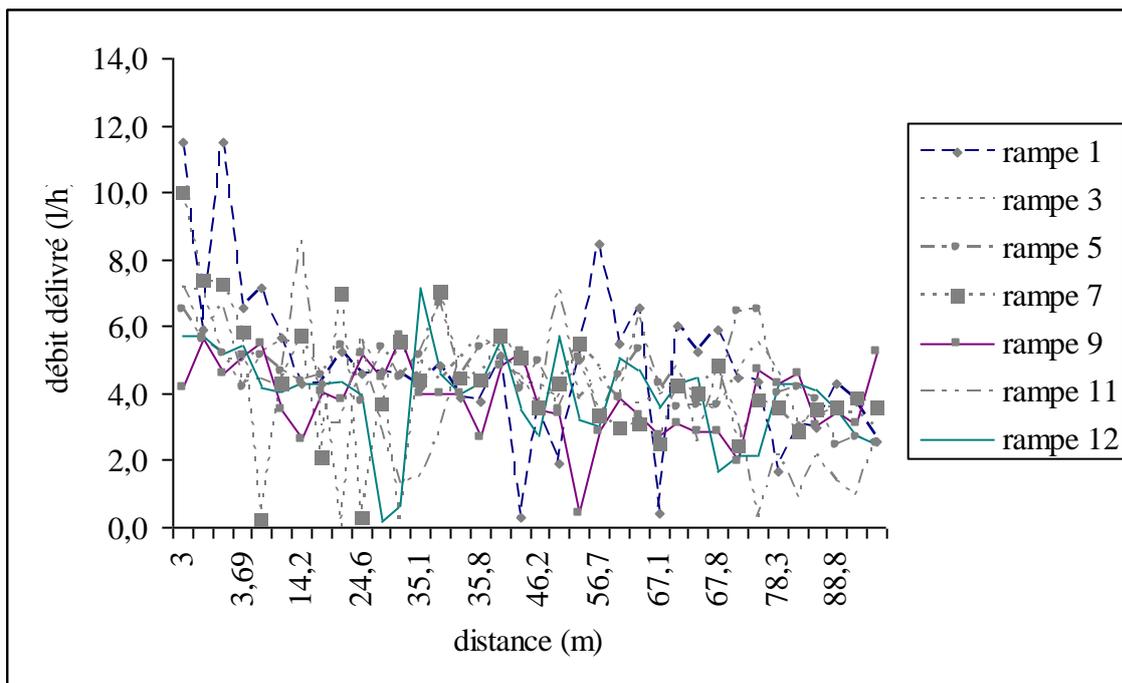


Figure 12: Evolution du débit délivré par les goutteurs dans la parcelle du Palmier dattier le long des rampes

Cela implique qu'au niveau du palmier dattier pour une rampe donnée, le volume d'eau délivré par les goutteurs diminue lorsque l'on tend vers la limite inférieure de la parcelle. Par contre au niveau du jujubier la distance n'intervient pas dans cette distribution hétérogène de l'eau par les goutteurs.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

La distribution de l'eau au niveau du palmier dattier peut être expliquée par le fait que la pression diminue au fur et à mesure qu'on va vers la limite inférieure de la parcelle. En effet il existe une loi débit- pression des goutteurs qui pour un bon fonctionnement du système les variations de pression doivent se traduire par des variations de débits aussi faibles que possible. Au niveau du jujubier, la distribution hétérogène de l'eau peut être due à la topographie de la parcelle (malheureusement faute de moyens nous n'avons pas pu déterminer la pente des parcelles pour vérifier cette hypothèse). Elle peut être due également à un colmatage des goutteurs.

L'analyse de variance au niveau des mesures entre les rampes présentée dans les tableaux VIII et IX montre que la variation du volume d'eau en fonction des distances n'est pas statistiquement significative pour le jujubier ($p = 0,03$) par contre elle est hautement significative pour le palmier dattier (0,00) au seuil de 1%. Cela implique qu'au fur et à mesure qu'on évolue sur le porte rampe la valeur moyenne délivrée par les goutteurs diminue en fonction de la distance quelle que soit la rampe pour le palmier dattier ce qui n'est pas le cas du jujubier même si on note une tendance à la baisse. Les figures 8 et 9 illustrent cette tendance à la diminution pour toutes les rampes au niveau des deux parcelles quand la distance diminue.

Tableau VIII : Analyse de variance inter-rampes du volume d'eau dans la parcelle du jujubier

<i>Source des variations</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes de goutteurs	2,17	0,03	1,96

Tableau IX : Analyse de variance intra-rampes du volume d'eau dans la parcelle du dattier

<i>Source des variations</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes de goutteurs	13,29	0,00	1,86

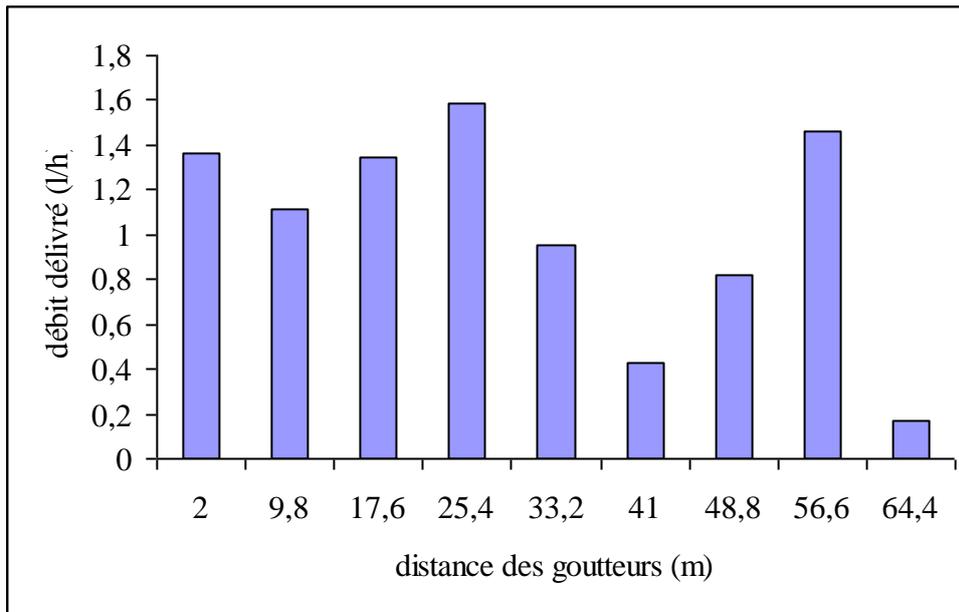


Figure 13 : Performances moyennes inter-rampes de l'irrigation dans la parcelle du jujubier

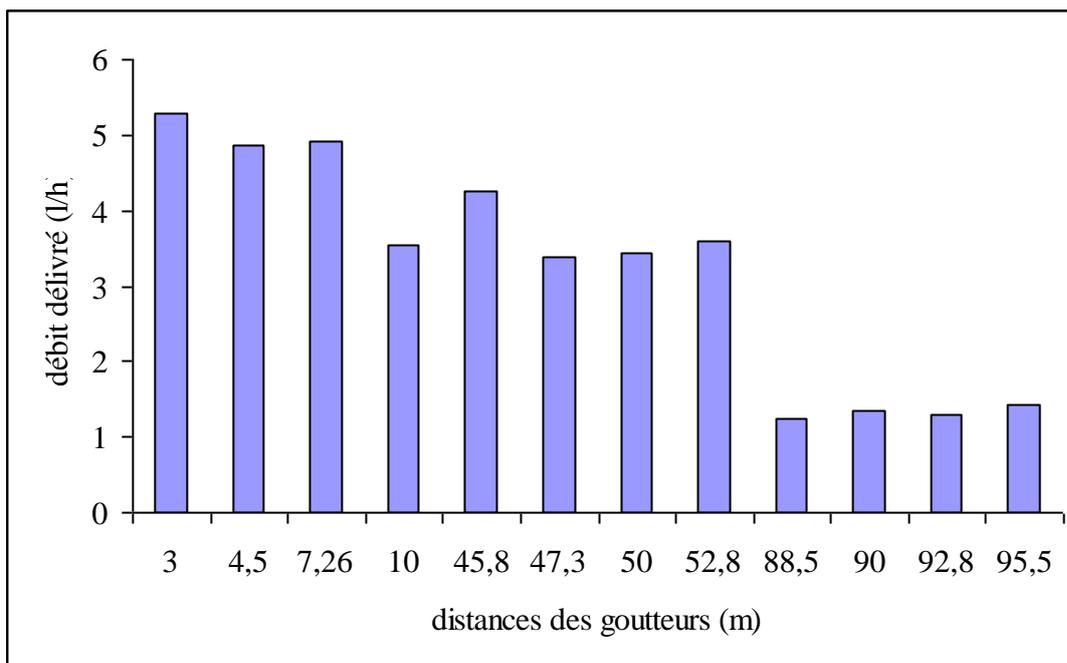


Figure 14 : Performances moyennes inter-rampes de l'irrigation goutte à goutte dans la parcelle du dattier

3.3.2. Distribution de la pression au niveau des parcelles

Compte tenu du nombre réduit des mesures de pression, une analyse statistique n'est pas possible ; nous allons donc effectué des comparaisons.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

L'analyse des figures 15 et 16, montre que la pression diminue en fonction de la distance sur la rampe pour les deux parcelles. Plus on s'éloigne du porte rampe plus la pression diminue.

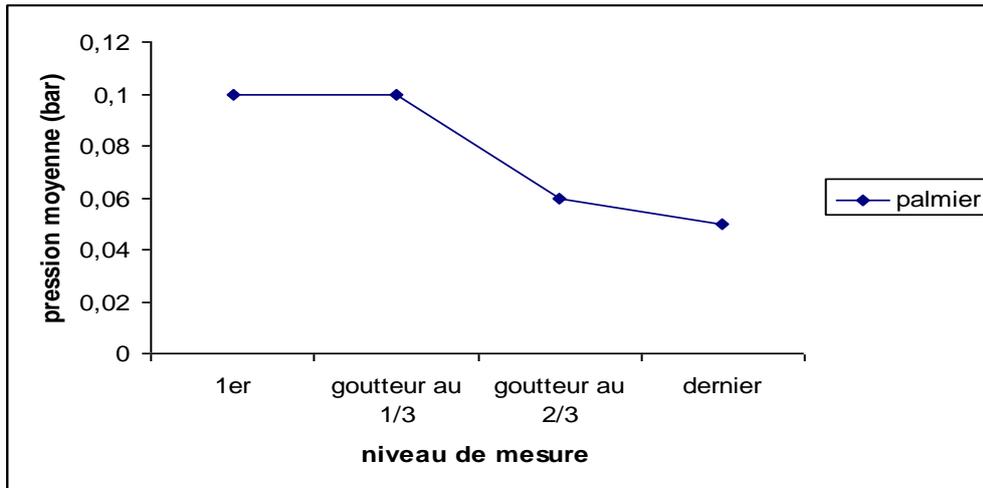


Figure 15 : variation de la pression moyenne le long de la rampe dans la parcelle de dattier

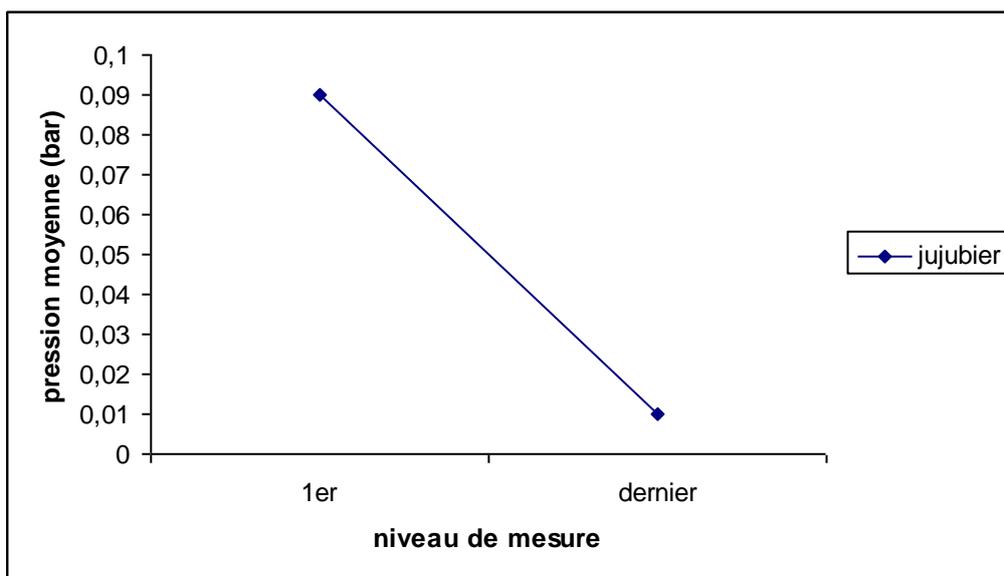


Figure 16 : variation de la pression moyenne le long de la rampe dans la parcelle de jujubier

L'analyse de l'ensemble des résultats aussi bien au niveau des doses d'apports que la distribution de ces doses présente un dysfonctionnement de l'ensemble du système. En effet les volumes d'eau apporter pour les cultures sont nettement insignifiant comparé aux besoins des plantes. Cela nous amène à ce poser la question pourquoi un système d'irrigation dans ce cas. Les caractéristiques du matériel si elles étaient disponibles nous permettraient de voir si tous les paramètres ont été pris en compte lors de l'installation. En effet, le choix du goutteur (type et débit), la détermination de leur emplacement sur les rampes et de l'écartement de ces

dernières sont des éléments essentiels à la réussite d'un projet (MERMOUD, 2004). Il y a également les informations sur la source d'eau notamment le débit de pompage, la durée de fonctionnement du forage, la pression de l'eau à la sortie du forage, la pression à la station de tête. Ces derniers éléments sont à prévoir dans la conception du projet (installation de nanomètre) et notamment pour le suivi et l'entretien du système. En plus de présenter un faible apport le système présente une mauvaise uniformité d'irrigation (inférieur à 50 pour les deux parcelles). Cette hétérogénéité de distribution est fonction de la distance au niveau du palmier ce qui n'est pas le cas pour le jujubier. Au niveau du jujubier l'observation sur le terrain à montrer que le terrain présente des irrégularités en ce qui concerne la topographie. Ceci pourrait expliquer l'hétérogénéité de la distribution de l'eau dans cette parcelle. En effet, selon MERMOUD 2004, les différences de pression dans le réseau peuvent occasionner une forte homogénéité des débits délivrés et les variations de charges sont dues aussi bien aux pertes de charges qu'aux différences de niveau topographiques. La pression au niveau du jujubier diminue de 0,08 bar lorsqu'on est à 57m du porte rampe. On pourrait également associé cette absence d'uniformité de l'irrigation à la position du réseau de tête qui se trouve dans une position basse par rapport à la parcelle. Au niveau du palmier dattier, l'hétérogénéité de la distribution de l'eau peut être également lié à la variation de pression. En effet la différence de pression au niveau de la parcelle de dattier est de 0,07 bar. La variation relative de la pression obtenue par la formule

$$Hvar = (Hmax - Hmin) / Hmax$$

Nous donne, pour le palmier dattier une Hvar de 0,5 et 0,9 pour le jujubier.

Selon Zella 2004, la micro irrigation est une technique dont l'uniformité de distribution d'eau par les goutteurs est très sensible aux faibles variations de pression.

Cette faible valeur des coefficients d'uniformité agit également sur les doses à apporter aux cultures. En effet, un coefficient d'uniformité faible entraîne une augmentation des quantités d'eau nécessaire pour les cultures. Il s'en suit un gaspillage de la ressource eau. La qualité de la distribution de l'eau influe sur la qualité de la production.

Des études ont été menées en Israël dans la vallée du Jourdain sur les systèmes de goutte à goutte. En effet cette étude montre deux facteurs favorisent le colmatage du système : il s'agit de l'absence de maintenance préventive et l'existence d'erreurs d'opérations.

Un manque de maintenance préventive

Une de ces opérations de maintenance est la purge régulière des lignes de goutteurs. La technique de purge consiste à ouvrir une par une les extrémités d'une ligne de goutteur

pendant que le système fonctionne : l'eau s'écoule pendant quelques minutes emportant les particules. La ligne est rebouchée quand l'eau redevient claire. L'ouverture de chaque ligne de goutteurs prend du temps d'autant plus qu'elles sont généralement fermées avec du fil de fer difficile à détacher et rattacher. Cette opération de purge, qu'il est recommandé d'effectuer au moins une fois par semaine, n'est donc quasiment jamais réalisée.

Des erreurs d'opération qui aggravent les problèmes hydrauliques liés à la mauvaise conception des réseaux

Le deuxième facteur qui favorise le colmatage des goutteurs est l'utilisation de ceux-ci à des pressions trop basses. La plupart des goutteurs vendus localement doivent fonctionner à une pression nominale de 1 bar. A cette pression, la vitesse de l'eau est suffisante pour limiter la sédimentation de particules. Si l'on opère le système à des pressions trop basses, la vitesse de l'eau diminue, les phénomènes de sédimentation s'amplifient.

Cette étude présente une similitude avec l'étude en cours. En effet outre la qualité de l'eau d'irrigation jugée bonne par les normes d'irrigation les caractéristiques telle la variation de pression en début et en fin de rampe, l'absence de mesure d'entretien sont identiques.

3.3.3. Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation

Le tableau suivant nous montre le résumé des analyses effectuées sur l'eau destiné à l'irrigation. Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) calculé est de 5,8 ce qui le classe dans la catégorie S1 c'est-à-dire qu'il présente un risque faible ($SAR < 10$) selon les classes de risque de salinité défini (MERMOUD, 2004). La conductivité électrique mesurée est de 357 $\mu S/cm$ ce qui représente un risque moyen ($250 < CE < 750$) selon les classes de risque salin. Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, l'eau analysée appartient à la classe c2s1. L'interprétation permet de dire que la qualité de l'eau est moyenne à bonne : A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers) (cf. annexe 5).

L'analyse de l'ensemble du tableau X montre que l'eau est de bonne qualité pour l'irrigation puisqu'elle présente un pH inférieur à 7 (6,75) également les autres éléments analysés notamment les différents ions car les résultats obtenus sont compris dans les intervalles donnés (cf. annexe 6).

Tableau X: Résultats des analyses de l'eau ainsi que les normes

Paramètre de l'eau	Unités	Résultats
pH		6,75
Conductivité électrique à 20°C	µS/cm	357
Turbidité	NTU	0,21
Calcium (Ca ²⁺)	méq/l	1,9
Magnésium (Mg ²⁺)	méq/l	0,9
Sodium (Na ⁺)	méq/l	6,86
Potassium (K ⁺)	mg/l	1,67
Fer total (Fe)	mg/l	0,02
Ammonium (NH ⁴⁺)	mg/l	0,1
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	méq/l	0
Bicarbonates (HCO ₃ ³⁻)	méq/l	3,4
Chlorures (Cl ⁻)	méq/l	0,2
Sulfates (SO ₄ ⁻)	méq/l	0,14
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,02
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9,3
Ortho phosphates (PO ₄ ⁻)	mg/l	0,09
SAR		5,8

3.3.4. Caractéristiques du bulbe d'humectation

Le volume maximal de sol humidifié par un goutteur de débit donné, sur une profondeur déterminée, sans qu'il y ait perte par percolation, est fonction des caractéristiques de sol. On ne peut l'augmenter en faisant varier la durée d'arrosage.

Tableau XI : Caractéristiques du bulbe d'humectation au niveau de chaque parcelle

Parcelle		Largeur moyenne (cm)	Profondeur moyenne (cm)
Palmier dattier	Début rampe	27	52
	Fin rampe	32	23
Jujubier	Début rampe	40	17
	Fin rampe	30	8

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Le tableau XI montre que l'écoulement de l'eau diffère selon que l'on est au début ou en fin de rampe pour les deux parcelles. Au niveau du palmier dattier, la diffusion latérale de l'eau est faible par contre on a une forte percolation. Au niveau du jujubier c'est le contraire qui se produit c'est-à-dire que l'extension latérale est conséquente. Les sols en présence sont des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur ergs anciens. La texture est sableuse en surface et limono sableuse en profondeur. La structure est polyédrique subangulaire moyennement développer en éléments moyens et grossiers en surface, massive à sous structure polyédrique subangulaire faiblement développer en profondeur.

Selon MERMOUD, 2004 en sols grossiers, l'infiltration est influencée principalement par les forces de gravité et le bulbe est étroit et allongé. En sols fins, la conjugaison des forces de gravité et de succion se traduit par un bulbe d'humidification à beaucoup plus grande extension latérale. Au niveau des deux parcelles, les résultats obtenus peuvent être lié au débit faible délivré par les goutteurs et aussi à l'hétérogénéité de l'irrigation ; Ainsi au niveau du jujubier l'insuffisance d'eau ainsi que le faible débit des goutteurs pourraient expliquer la forme du bulbe d'humectation qui présente une extension latérale conséquente. Par contre au niveau du palmier dattier la diffusion latérale de l'eau est faible par contre on a une forte percolation. Cela pourrait être due à la nature du sol qui est sableux en surface l'infiltration serait principalement dominée par l'action des forces de gravité en un mouvement vertical. Dans tous les cas, les faibles volumes d'eau apportée influence le bulbe d'humectation.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le but de ce travail était d'évaluer les performances de l'irrigation goutte à goutte à forte pression installé dans la station expérimentale de Katchari. Pour cela nous avons d'abords décrits le système en place et interviewé des producteurs des systèmes d'irrigation goutte à goutte à basse pression : les jardins potagers africains. Ensuite les paramètres du système d'irrigation goutte à goutte ont été mesuré notamment les volumes d'eau délivrés par les goutteurs permettant d'évaluer l'uniformité d'arrosage à travers le coefficient d'uniformité et d'effectuer des analyses statistiques, les caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation, les caractéristiques du bulbe d'humectation, la distribution de la pression au niveau des goutteurs pour les deux parcelles. Enfin les besoins en eau des cultures (palmier dattier et jujubier amélioré) ont été calculé.

L'interview sur les producteurs des jardins potagers africains montre que les producteurs sont favorables à l'extension des superficies si les problèmes d'accessibilité à l'eau sont résolus.

Les résultats obtenus à travers le coefficient d'uniformité et les analyses statistiques des débits délivrés par les deux types de goutteurs dans les deux parcelles montrent une hétérogénéité de la distribution de l'eau au niveau des parcelles. Les pressions au niveau des goutteurs diminuent lorsque l'on s'éloigne du porte rampe. De plus ses pressions restent faibles pour les types de goutteurs utilisé. Les bulbes d'humectations mesurés au niveau des goutteurs montrent que l'écoulement de l'eau diffère selon que l'on est au début ou en fin de rampe pour les deux parcelles. Au niveau du palmier dattier, la diffusion latérale de l'eau est faible par contre on a une forte percolation. Au niveau du jujubier c'est le contraire qui se produit c'est-à-dire que l'extension latérale est conséquente. Pour ce qui est des caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation, le rapport d'adsorption du sodium (SAR) ainsi que la conductivité électrique de l'eau présentent des risques faibles à moyen selon les classes de risque établi. Les autres paramètres chimiques permettent de dire que l'eau présente les qualités requises pour un système d'irrigation goutte à goutte.

Le calcul des besoins en eau des cultures ainsi que les volumes d'eau théorique a apporté aux cultures montre que les volumes d'eau délivrés par les goutteurs avec la fréquence d'arrosage de un jour par semaine et de temps d'arrosage 45 minutes restent très insuffisants pour satisfaire les besoins des cultures.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Il ressort de l'analyse des résultats que le dysfonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte mis en place est dû essentiellement à l'insuffisance de l'entretien. En effet outre le fait que l'eau d'irrigation répond aux normes requises on constate un problème d'obturation des goutteurs. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la faible vitesse de l'eau à l'intérieur des rampes associée au manque d'entretien favorise l'accumulation de dépôts chimiques obturant ainsi les goutteurs. Il peut être alors proposé un débouchage chimique des goutteurs et/ou un renouvellement du système (des goutteurs) car le vieillissement peut être également une cause de dysfonctionnement. De plus la grande variation des pressions ainsi que la faible valeur de ces pressions entraînent également une hétérogénéité de la distribution de l'eau en parcelle. En effet pour les arbres fruitiers il est recommandé des goutteurs avec des débits de 4l/h sous une pression de un bar (charge de 10m de colonne d'eau).

Il est constaté des pieds morts ou de petites tailles sur les deux parcelles surtout lorsqu'on évolue vers la fin de la limite inférieure de la parcelle. Cela pourrait être dû à l'hétérogénéité de la distribution de l'eau qui fait que certains pieds ne reçoivent pas l'eau nécessaire à leur croissance, à la quantité très insuffisante de l'eau apportée. Cela pourrait également être lié à des problèmes de fertilité du sol et des études plus poussées sont recommandées dans ce sens.

L'étude de façon générale a montré un dysfonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte mis en place à la station expérimentale de Katchari. Compte tenu des objectifs expérimentaux de ce système en vue d'une vulgarisation auprès des producteurs, nous proposons de contacter les constructeurs du système (forage et matériel d'irrigation) pour prendre les informations de projet pour d'éventuelles corrections ou un renouvellement ou un changement des goutteurs, l'utilisation de connecteurs pour faciliter le nettoyage.

Nous préconisons également pour une bonne maîtrise du système de faire une étude économique. En effet d'autres études pourraient s'orienter dans l'évaluation de la rentabilité économique de ce système. Des études sur le système d'irrigation basse pression (jardins potagers africains) ont montré la rentabilité économique de ce système à la troisième année de production (GANABA, 2004).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUSQUET (M), 2001 : Le jardin potager africain ; rapport de stage Sahel DEFIS; stage de maîtrise en aménagement du territoire auprès de l'Université de la Côte d'OPALE, Dunkerque 2001 ; 38p.

Bulletin de la FAO d'irrigation et de drainage n°29 ,

ELLATIR (H), 2005 : La conduite et le pilotage de l'irrigation goutte à goutte en maraîchage ; fiche technique n°124. Bulletin mensuel d'informations et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) du Maroc ; 6p.

FAO, 1997 : Une nouvelle publication de la Fao vise à diffuser les techniques d'irrigation à petite échelle aux agriculteurs de l'Afrique subsaharienne.
www.fao.org/nouvelle/1997/9707004.fhtm du 24/07/06

FAO, 2006 : La petite irrigation dans les zones arides : critères et options pour des méthodes d'irrigation appropriée ; archives de document de la Fao produit par le département de l'agriculture ; www.fao.org/docrep/w3094f/w3094f05.htm du 24/07/06

FAO, 2006 : La petite irrigation dans les zones arides : sécurité alimentaire et irrigation ; archives de document de la Fao produit par le département de l'agriculture ; www.fao.org/docrep/w3094f/w3094f02.htm du 24/07/06

FAO, 2006 : Une opportunité inexploitée ; Fao salle de presse dossiers de fond ; www.fao.org/newsroom/fr/focus/2006/1000252/index.html du 24/07/06

GANABA (S), 2004 : Promotion du jardin potager africain pour la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté au Burkina Faso. Atelier sur la promotion de la culture du palmier dattier à Kaya Burkina Faso 2p.

GANABA (S), 2005 : Fiche pour la production de jujube au CRREA du Sahel. Département Productions Forestières, INERA, CRREA du Sahel, Burkina Faso 3p.

GANABA (S), 2005 : Test de comportement en milieu réel du jujubier amélioré au Sahel ; Rapport technique final ; INERA-PADDAB, 43p.

GANABA (S), PASTERNAK (D), KOALA (S) et DIOUF (A), 2004 : Le jardin potager africain : un système intensif de production agroforestière par économie d'eau au Sahel. Communication FIRSIT 2004, 18p.

KETTAB (A), ZELLA (L), 2003 : Développement de la micro irrigation dans le monde ; www.afeid.montpellier.cemagref.fr/mpl2003/conf/kettab.pdf

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

MEMENTO DE L'AGRONOME, 2002 : Mémento de l'agronome, / CIRAD GRET ; Ministères des Affaires Etrangères 1683p.

MERMOUD (A), 2004 : Cour de micro irrigation ; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Institut des Sciences et Technologiques de l'Environnement / Laboratoire d'Hydrologie et Aménagements 61p.

NGAYE-YANKOÏSSET (P.P.), 2005 : Développement Agricole Tropical Option Gestion Social de l'Eau. Thèses de Master of Sciences ; ARID et Centre National d'Etude agronomique des Régions Chaudes (CNEARC).

OUEDRAOGO (S.J.), KY/DEMBELE (C), GUISSOU (T.), BATIONO (B.A.), KABORE (A.), 2002 : La culture du jujubier greffé ; fiche technique n° / 2002/ foresterie/INERA-DPF/CNRST 2p.

PAPIN (C.), 2006 : Une solution au bouchage des goutteurs et au problème d'uniformité de l'irrigation : le tuyau collecteur ; Ministère Régional Eau et Agriculture ; 7p. www.mrea-jo.org

RIEUL (L.), RUELLE (P.), 2003 : Guide pratique de l'irrigation 3^{ème} édition ; CEMAGREF ; 344p.

TIERCELLIN (JR.), 1998 : Traité de l'irrigation ; Paris 11, rue Lavoisier

WALALI (L), 2003 : 'avocatier, le chemmolier, le kaki, le jujubier ; fiche technique n°108. Bulletin mensuel d'informations et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) du Maroc ; 4p

ZAYANI (K.); DALI (N.); ALOUINI (A.); HADJ TAIEB (M), 1999 : Evaluation de l'irrigation localisée de la vigne de table dans la région de Mornag . In Lamaddalena N. (ed.). *Annual Meeting of the Mediterranean Network on Collective Irrigation Systems (CIS_Net)*. Bari : CIHEAM-IAMB, 2000. p. 105-119 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n°. 31).

ZELLA (L) ; KETTAB (A), 2002 : optimisation d'un réseau de micro irrigation. Actes 4^{ème} Symposium international de l'eau. Cannes, France, 3-7 juin 2002 ; 11p.

Zella (L.), Kettab (A.) & Chasseriaux (G.), (2004). Modélisation des réseaux de micro irrigation ; www.rse.uquebec.ca/fr/vol17/v17n103.htm

ZERBO (L.), 1993 : Caractérisation des stations de recherches agronomiques : Di, Katchari, Kouaré ; rapport d'étude de la cellule de télédétection de l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles, Burkina Faso p41-69.

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Annexe2 : FICHE D'ENQUETES AUPRES DES PRODUCTEURS

:

Date :Fiche n°:

Information générale

Village :

Nom :

Prénom (s) :

Information sur le système

Date d'implantation du système et auteur:.....

.....

Provenance de l'eau d'irrigation :.....

Type de culture en place :.....

Superficie :.....

Type de réservoir :.....

Type de goutteurs :.....

Est ce que le système est entretenu si oui

comment ?.....

.....

Type de réseau de tête :.....

.....

D'où provient le matériel d'irrigation ?

.....

Contraintes

Avez vous des problèmes d'eau ? si oui lesquels ?

.....

Que faites vous pour y remédier ?

.....

Avez vous des problèmes de fertilité des sols ? si oui lesquels ?.....

.....

Quelles solutions appliquez vous ?.....

.....

Est ce que l'application du système est difficile ? si oui pourquoi ?

.....

Quelles sont les difficultés que vous rencontrez ?

.....

.....

.....

Avantages

Que pensez vous du système ?

.....

.....

Combien de campagne faite vous par an ?.....

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

A combien estimez vous votre production annuelle ?.....

Est elle satisfaisante ? si oui pourquoi ?.....

Si non pourquoi ?.....

Quels sont selon vous les avantages du système ?

.....
.....
.....

Proposition d'amélioration

Quelles solutions proposez vous pour une amélioration du système ?

.....
.....
.....

Que pensez vous d'un système à forte pression (augmentation de la superficie) ?

.....
.....
.....

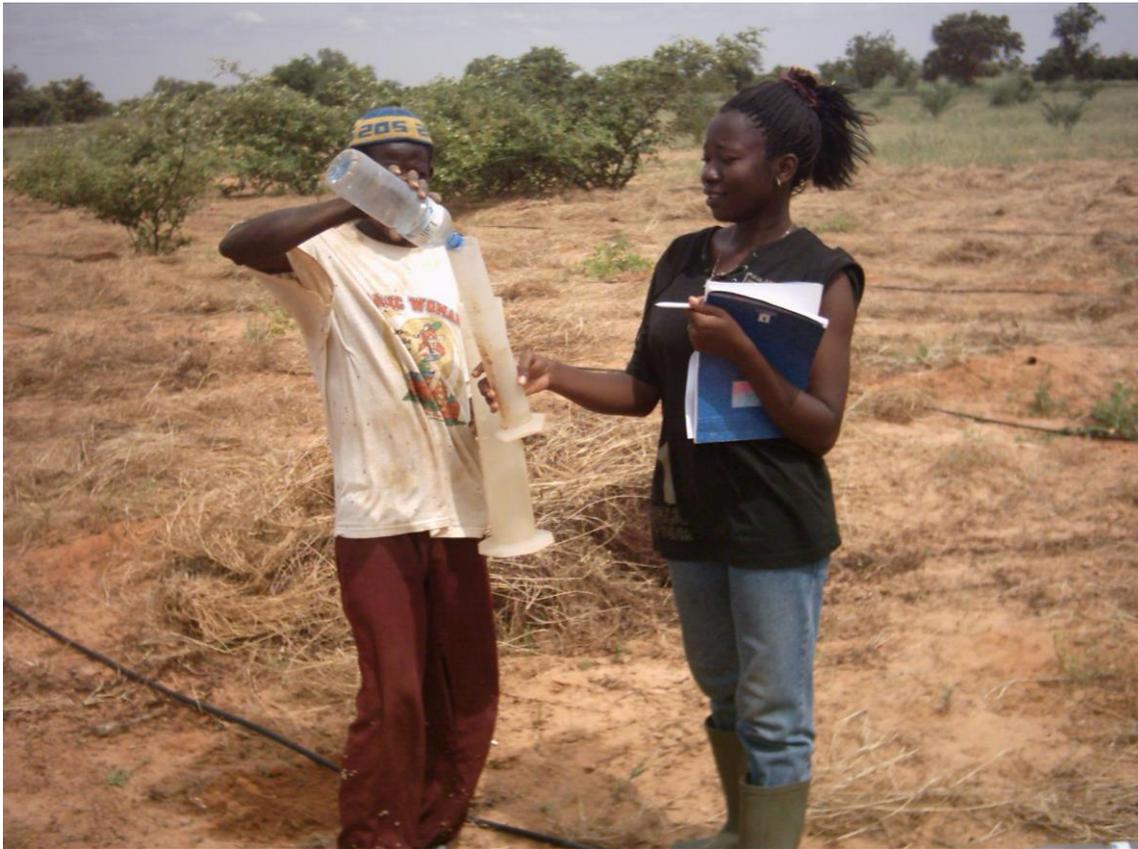
Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Annexe 3 : Ensemble de photo illustrant les mesures des volumes d'eau au niveau des deux parcelles



Dispositif de mesure du volume d'eau au niveau des parcelles

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari



Mesures des volumes d'eau délivrée par les goutteurs



Procédé de nettoyage des rampes

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari



Parcelle de jujubier



Parcelle de dattier

Annexe 4 : diagramme de classification des eaux d'irrigation

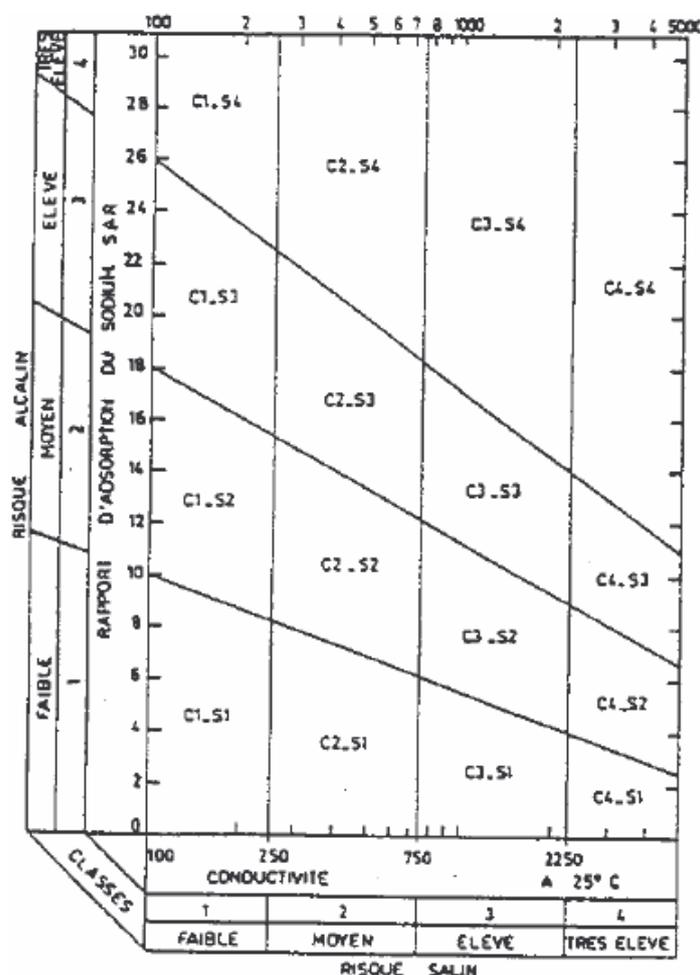
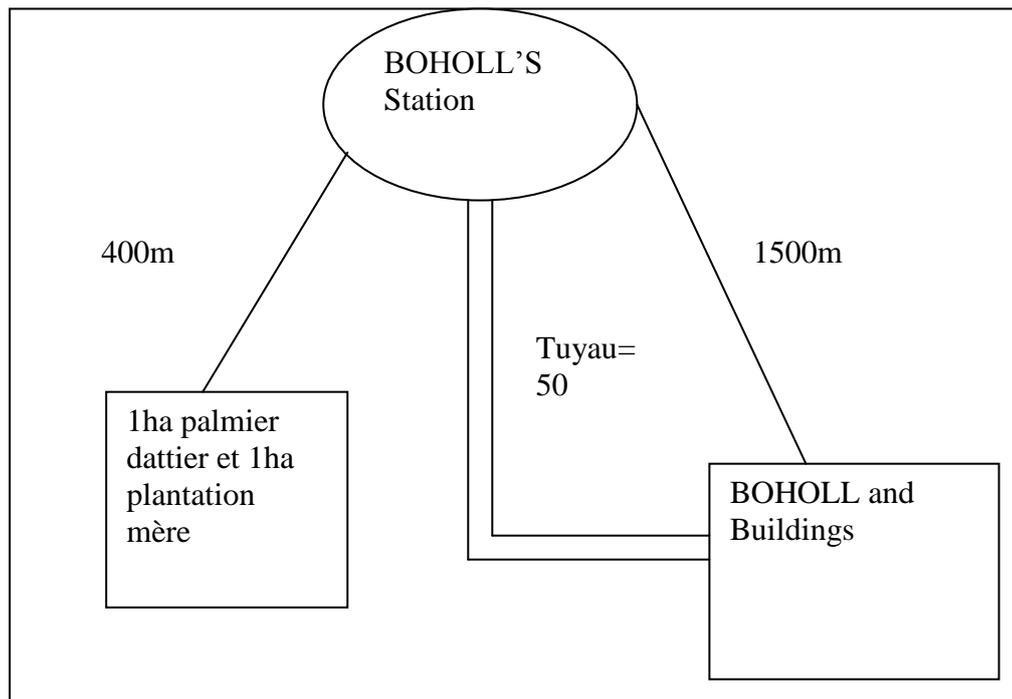


Fig. 57 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Interprétation des classes correspondant aux couples risques salins - risques alcalins

C1	S1	Qualité moyenne à bonne. A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).
C2	S1	
C2	S2	Qualité moyenne à médiocre. A utiliser avec précaution.
C1	S3	Nécessité de drainage avec doses de lessivage et / ou apports de gypse
C3	S1	
C1	S4	Qualité médiocre à mauvaise. Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec doses de lessivage et / ou apports de gypse.
C2	S3	
C3	S2	
C4	S1	
C2	S4	Qualité mauvaise. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions, que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables
C4	S2	
C3	S3	
C3	S4	Qualité très mauvaise. A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles.
C4	S3	
C4	S4	Eau déconseillée pour l'irrigation.

Annexe 5 : Dispositif d'irrigation goutte à goutte à forte pression à la station de Katchari



Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso : cas de la station de Katchari

Annexe 6 : analyse chimique de l'eau d'irrigation

Paramètres de l'eau	Unités	Résultats	Teneur habituelle dans l'eau d'irrigation
pH		6,75	6,0-8,5
Conductivité électrique à 20°C	dS/m	0,357	0-3
Turbidité	NTU	0,21	
Calcium (Ca ²⁺)	méq/l	1,9	0-20
Magnésium (Mg ²⁺)	méq/l	0,9	0-5
Sodium (Na ⁺)	méq/l	6,86	0-40
Potassium (K ⁺)	mg/l	1,67	0-2
Fer total (Fe)	mg/l	0,02	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,1	0-5
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	méq/l	0	0-0,1
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	méq/l	3,4	0-10
Chlorures (Cl ⁻)	méq/l	0,2	0-30
Sulfates (SO ₄ ⁻)	méq/l	0,14	0-20
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,02	
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9,3	0-10
Orthophosphates (PO ₄ ⁻)	mg/l	0,09	0-2
SAR		5,8	0-15

Caractérisation et évaluation des performances de l'irrigation goutte à goutte sur les cultures agroforestières en région sahélienne du Burkina Faso :
cas de la station de Katchari

Annexe 7 : calcul des besoins en eau des cultures

le palmier dattier												
mois	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
etp mm	150,9	147	177,9	175,6	200,1	182,2	164,1	151,2	151,2	166,6	149,1	147,8
kc	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
etm	135,81	132,3	160,11	158,04	180,09	163,98	147,69	136,08	136,08	149,94	134,19	133,02
p	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
pluie	0	0	3,4	2,5	29,3	69,5	139,6	142,5	84,9	17	0	0
pluie efficace	0	0	3,4	2,5	23,44	55,6	111,68	114	67,92	17	0	0
BN	136,31	132,8	157,21	156,04	157,15	108,88	36,51	22,58	68,66	133,44	134,69	133,52
efficience	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
CU	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
BB	378,64	368,89	436,69	433,44	436,53	302,44	101,42	62,72	190,72	370,67	374,14	370,89

le jujubier												
stade	mi-saison	fin saison	début saison	mi-saison	mi-saison	mi-saison	mi-saison	mi-saison				
mois	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
etp mm	150,9	147	177,9	175,6	200,1	182,2	164,1	151,2	151,2	166,6	149,1	147,8
kc	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
etm	165,99	58,8	71,16	70,24	80,04	72,88	180,51	166,32	166,32	183,26	164,01	162,58
p	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
pluie	0	0	3,4	2,5	29,3	69,5	139,6	142,5	84,9	17	0	0
pluie efficace	0	0	3,4	2,5	23,44	55,6	111,68	114	67,92	17	0	0
BN	166,89	59,7	68,66	68,64	57,5	18,18	69,73	53,22	99,3	167,16	164,91	163,48
efficience	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
CU	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
BB	1685,76	603,03	693,54	693,33	580,81	183,64	704,34	537,58	1003,03	1688,48	1665,76	1651,31