



HUMIDITES CARACTERISTIQUES DES SOLS ET RENDEMENTS DES CULTURES DU SITE EXPERIMENTAL DE TOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 29 Juin 2016 par

Tégawindé Vanessa Rosette KABORE

Travaux dirigés par : Dr. Dial NIANG

Enseignant-Chercheur LEAH-2iE

Dr Vivien Chaim DOTO

Enseignant-Chercheur LEAH-2iE

Mr Cheick Oumar ZOURE

Doctorant LEAH-2iE

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Amadou KEITA**

Membres et correcteurs : **Dr. Fowe TAZEN**

Dr Vivien Chaim DOTO

Mr Bouraima. KOUANDA

Promotion [2014/2015]

DECICACE

A ma famille,

Je dédie affectueusement mon mémoire.

REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements :

- Au professeur Hama YACOUBA, Directeur de la Recherche et son équipe, qui n'ont ménagé aucun effort pour m'assurer la logistique nécessaire à ce travail au sein du Laboratoire d'Hydrologie et des Ressources en Eau (LEAH)
- A mon encadreur principal, le Docteur Dial NIANG, pour son indéfectible disponibilité et sa bonne volonté pour l'aboutissement de ce travail. j'ai bénéficié de ses connaissances et son expérience dans le domaine de la recherche scientifique ;
- Au Docteur Mamadou KEITA, qui n'a jamais hésité à apporter sa contribution pour la réussite de mon travail ;
- A Mr Cheick Oumar ZOURE et au Docteur Vivien Chaim DOTO, pour les précieux conseils, leur disponibilité et leur soutien ;
- A Mr Mathieu KABORE et Mr Emmanuel ZONGO, pour leur appui dans la collecte des données sur le terrain et dans les analyses au laboratoire.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers :

- mes parents qui ont su me donner ce qu'il me fallait. Merci pour votre amour inestimable, votre confiance, et vos sacrifices ;
- mon cher et tendre époux, pour tout le soutien moral et intellectuel ;
- l'ensemble du corps professoral et administratif de 2iE, plus particulièrement à tous mes enseignants, pour la bonne formation reçue ;
- mes collègues stagiaires, pour leurs soutiens multiformes.

RESUME

La présente recherche a été menée dans le bassin versant de Tougou, localisé dans la partie Nord du Burkina Faso, sur le site expérimental de Tougou mise en place en 2014. Cette expérience vise à évaluer la performance hydrique de quelques techniques culturales mises en œuvre sur le Sahel burkinabé à savoir le zaï, la demi-lune et le cordon pierreux. Notre thème d'étude qui est « humidités caractéristiques et rendement du site expérimental de Tougou » fait partie intégrante de ce projet de recherche. Pour mener cette étude, nous nous sommes intéressés à évaluer l'impact des techniques culturales sur la réserve utile du sol et sur les rendements des cultures.

La démarche adoptée a consisté à traiter des échantillons de sols au laboratoire par horizon de 10 cm jusqu'à 80 cm de profondeur à des pressions de 15 bars (pF3) et 1 bar (pF4.2) en vue de déterminer les humidités au point de flétrissement permanent et les humidités à la capacité au champ. Ces valeurs d'humidités sont indispensables à la quantification de la réserve utile. Aussi, des carrés de rendements ont été posés sur les parcelles afin de déterminer les rendements.

Les résultats obtenus révèlent une différence de la réserve utile en fonction de la pratique culturale. Le zaï améliore le mieux la réserve utile et ce, dès sa première année de mise en place, avec une augmentation de 13.23% pour le bloc 1 et 10.91% pour le bloc 2 comparativement aux parcelles témoins qui ont une réserve utile de 97.43 mm pour le bloc 1 et 96.85 mm pour le bloc 2. Les rendements sont également améliorés de plus de 15% par rapport au témoin qui a produit 0.04 t/ha. Ensuite vient la demi-lune avec une amélioration de la réserve utile de 6.96% pour le bloc 1 et 9.84% pour le bloc 2 et des rendements 20% supérieurs au témoin. Cependant le cordon pierreux a des valeurs de réserve utile et de rendements presque identiques à ceux des parcelles témoins.

Le zaï et la demi-lune sont des pratiques culturales qui ont permis d'améliorer considérablement le stockage de l'eau dans le sol de même que les rendements agricoles dès la première année de leur mise en place. Les résultats du cordon pierreux ne sont pas différents de ceux de la parcelle témoin. Ceci est certainement dû au fait que l'action des cordons pierreux commence à se sentir à partir de la deuxième année.

Mots clés :

- 1- Tougou
- 2- Réserve utile
- 3- Presse à membrane de Richard
- 4- Humidité caractéristique
- 5- Rendements

ABSTRACT

This research was conducted in Tougou watershed, located in the northern part of Burkina Faso, on the experimental site of Tougou established in 2014. This experiment aims to measure the soil water supply performance of some cultivation techniques implemented on Burkina Faso's Sahel namely zai, half-moon and stone bunds. Our topic entitled: "moisture characteristics and yield of experimental site of Tougou" is an integral part of this research project. So we evaluated the impact of cultural techniques on soil available water and the yields of different experimental plots.

These humidity values are essential to the quantification of the useful reserve. Also squares yields were laid on the plot to determine yields. These results reveal a difference of useful reserve depending on the cultural practice. Zai enhances the useful reserve in its first year of implementation; with an increase of 13.23% for the block 1 and 10.91% for block 2 compared to the baseline corresponding to the control plot which equals 97.43 mm/m for the bloc 1 and 96.85mm/m for the bloc 2. the yields are 15% better than the witness return which yields equals 0.04t/ha. Then comes the half-moon with an increase of 6.96% for the block 1 and 9.84% for block 2 and 20 times productive than the control plot. However the stone bunds have useful reserve and almost identical yields than the control plots. Cultural practices thus improving the water storage in the soil as well as agricultural yields in the first year of their implementation, except for the stone bunds.

Key words :

- 1- Tougou
- 2- Available water
- 3- Pressure membrane apparatus
- 4- Characteristic moistures
- 5- Yields

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
TABLE DES MATIERES	Erreur ! Signet non défini.
LISTE DES TABLEAUX.....	Erreur ! Signet non défini.
LISTE DES FIGURES	vii
SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
I. INTRODUCTION	1
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
2.1. Le sol, un complexe tri phasique	4
2.2. L'eau dans le sol	5
2.3. Définition du potentiel hydrique.....	5
2.4. La notion de réserve utile et d'humidité	6
2.5. Méthodes d'estimation des humidités caractéristiques.....	8
2.5.1. Les différentes méthodes de mesure sur le sol en place (<i>in situ</i>)	8
2.5.2. Les différentes méthodes de mesure au laboratoire	9
2.6. Impacts agronomique et physique des techniques de conservation des eaux et des sols	12
III. HYPOTHESES ET OBJECTIFS DU TRAVAIL.....	3
3.1. Hypothèses.....	3
3.2. Objectifs de la recherche	3
IV. MATERIEL ET METHODES	14
4.1. Présentation de la zone d'étude, du site expérimental et du dispositif	14
4.1.1. La zone d'étude	14
4.1.2. Le site expérimental	14
4.1.3. Le dispositif expérimental	16

HUMIDITES CARACTERISTIQUES ET RENDEMENTS DES SOLS DU SITE
EXPERIMENTAL DE TOUGOU

4.2.	Protocole de prélèvement des échantillons de terre.....	19
4.3.	Procédure de détermination des humidités caractéristiques : marmite de Richards..	20
4.4.	Détermination et calcul des rendements sur les parcelles expérimentales par la méthode des carrés de rendement	23
V.	RESULTATS ET DISCUSSION.....	25
5.1.	Etude des humidités caractéristiques	25
5.1.1.	Humidité au point de flétrissement permanent	25
5.1.2.	Humidité à la capacité au champ	26
5.2.	Etude de la réserve utile.....	27
5.2.1.	Distribution de la réserve utile suivant les différents horizons.....	27
5.2.2.	Réserve utile dans les différentes parcelles expérimentales	27
5.3.	Etude des rendements de la saison 2015	28
5.4.	Discussion.....	29
	CONCLUSION, RECOMANDATION ET PERSPECTIVE	32
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33
	ANNEXES	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : composition moyenne du sol	4
Figure 2 : Réserves utile de divers types de sol.	6
Figure 3 : Schématisation de la réserve utile en eau du sol.....	7
Figure 4 : partie essentielle d'un tensiomètre et son contact avec le sol.....	9
Figure 5 : Schéma de mesure par succion de la teneur en eau à pF 2.5 (d'après Duchaufour, 1970, précis de pédologie, 3 ^e éd., p. 57, Masson)	11
Figure 6 : Localisation du site expérimental dans la zone d'étude.	14
Figure 7 : Schéma du dispositif expérimental de TOUGOU	16
Figure 8 : Presse à membrane de Richard de type 08.03 avec numérotation des différentes composantes.	21
Figure 9 : Humidités au point de flétrissement permanent (pF 4.2) des différentes parcelles des blocs 1 et 2.	25
Figure 10 : Humidités à la capacité au champ (pF 3) des différentes parcelles des blocs 1 et 2.....	26
Figure 11 : Réserve utile par horizon des différentes parcelles du dispositif.....	27
Figure 12 : Réserve utile selon les pratiques culturales.....	28
Figure 13 : Rendements agricoles des parcelles expérimentales (saison 2015).....	29

SIGLES ET ABREVIATIONS

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

EnGREFF: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

FAO: Food and Agriculture Organization

INERA: Institut d'Etude et de Recherche Agricole

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

LEAH: Laboratoire d'Hydrologie et Ressources en Eau

ONG: Organisation Non Gouvernementale

PATECORE: Projet d'Aménagement des Territoires et Conservation des Ressources dans le plateau central

PIB: Produit Intérieur Brut

RECA: Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger

RU: Réserve Utile

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, pays sahélien de l'Afrique Occidentale dispose d'une superficie cultivable de 9 millions d'hectares soit 33% de la superficie totale et est exploitée à 50% (FAO, 2005). Le secteur agricole emploie près de 86% de la population active du pays. Il représente 40% du PIB et assure 60% des exportations (Somé, et al., 2012). Cette agriculture occupe une place prépondérante dans l'économie nationale, elle est essentiellement pluviale et pratiquée en majorité à l'échelle familiale. Les conditions de production sont difficiles et très dépendantes des aléas climatiques. En effet, la productivité agricole est essentiellement liée à la disponibilité en ressources naturelles : le sol, les éléments minéraux et l'eau. Cependant, le contexte climatique actuel (réchauffement climatique, baisse des pluies) et les changements d'occupation des sols amplifient la dégradation des terres et la désertification.

Les saisons pluvieuses sont de plus en plus courtes avec des évènements pluvieux violents, ayant pour conséquence l'érosion qui emporte en moyenne 0.5 mm d'épaisseur de sol par an, pendant que 3/4 des sols du pays sont déjà pauvres (Salif, 2000). Les terres agricoles s'appauvrissent de plus en plus et celles arables se dégradent dans le même temps, entraînant la réduction de la rétention de l'eau et une baisse de la capacité d'échange cationique du sol. Les rendements observés pour les céréales sont passés de 0.7t/ha au cours de la campagne 1996-1997 à 0.5t/ha au cours de la campagne 2001-2002. Cette situation est due à la combinaison au fil des années, d'actions bioclimatiques et anthropiques exacerbées par l'accroissement démographique (Gombé & Kacem, 2004).

Dans un tel contexte, plusieurs stratégies d'adaptation comme l'usage des semences améliorées, la promotion des nouvelles techniques culturales, et le respect des calendriers agricoles ont été adoptées par les paysans. La vulgarisation des nouvelles techniques culturales dans les années 85 par les ONG a concernée le labour, le Zaï, le cordon pierreux, la demi-lune, le paillage, la bande enherbée etc. Bien qu'exigeantes en main d'œuvre et en effort physique, de nombreuses études (PATECORE, 2000) (Ouédraogo, et al., 2002) (Zombré, 2003) ont démontré l'efficacité de ces pratiques qui est entre autre: l'amélioration des rendements agricoles, la diminution de l'érosion, la régénération des ligneux, la remontée des eaux souterraines, la récupération des terres dégradées.

En étroite ligne avec ces nouvelles pratiques culturales, une étude sur le fonctionnement hydrique de plusieurs pratiques culturales a été initiée sur le site expérimental

de Tougou (localité située au Nord du Burkina). Il s'agit d'évaluer les performances hydriques de quelques techniques culturales mises en œuvre au Sahel burkinabé. C'est l'objectif général de ce travail de recherche dont la thématique est «**Humidités caractéristiques et rendements des sols du site expérimental de Tougou**»

Le présent mémoire est organisé en plusieurs parties : une première partie comprenant une introduction, qui fait ressortir le contexte et les objectifs de cette étude ; une deuxième partie composée de la synthèse bibliographique ; une troisième partie comportant matériels et méthodes dans laquelle nous présentons le site expérimental, les méthodes de collecte et de traitement des données ; une quatrième partie consacrée à l'analyse et l'interprétation des résultats. Nous terminons cette étude par une conclusion, des recommandations et des perspectives.

I. HYPOTHESES ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

1.1. Hypothèses

Les questions de recherche qui ont motivent notre étude sont les suivantes:

- les techniques culturales adoptées sur le site expérimental de Tougou favorisent elles la rétention en eau dans le sol ?
- Qu'en est-il des rendements?
 - Les questions ci-dessus suscitent les hypothèses suivantes :
 - Hypothèse 1 : les techniques identifiées favorisent le stockage de l'eau dans le sol.
 - Hypothèse 2 : le stockage en eau du sol, améliore les rendements culturaux.

1.2. Objectifs de la recherche

L'objectif global de notre travail est d'étudier la relation entre les humidités caractéristiques et les rendements selon le mode de gestion des terres appliqué à la parcelle au cours de la campagne 2015 sur le site expérimental de Tougou.

Plus spécifiquement, il s'agira de déterminer :

- les réserves utiles des sols du site expérimental,
- L'influence des modes de gestion des sols sur le stockage de l'eau en zone racinaire
- La relation entre le stock d'eau disponible et les rendements des cultures.

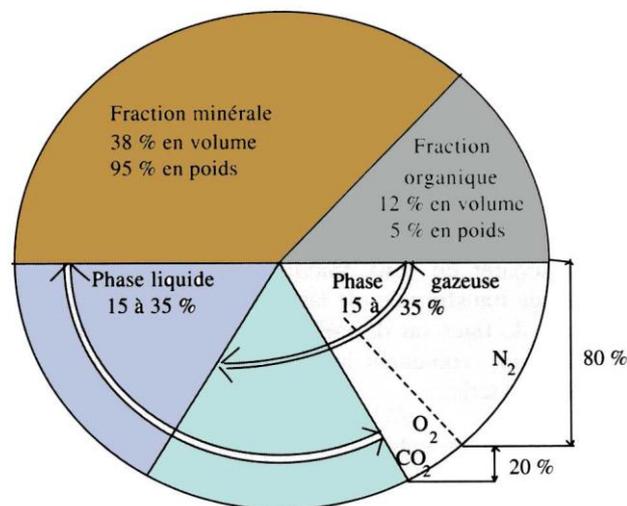
Pour l'atteinte des objectifs de notre étude, la méthodologie et le matériel utilisés sont énumérés dans le paragraphe suivant.

II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Le sol, un complexe triphasique

Le sol est un ensemble poreux, organo-minéral constitué de trois (03) phases dépendant les unes des autres comme le montre la figure (EnGREF, 1999). Ci-dessous.

- Une phase solide ou la matrice du sol comprenant les éléments minéraux et la matière organique. Les éléments minéraux sont des particules de tailles et de formes diverses pouvant être du gravier ($d > 2$ mm), du sable ($d < 2$ mm) ou de l'argile ($d < 2$ μ m) tandis que la matière organique provient des débris animaux ou végétaux plus ou moins décomposés. Les vides existant entre les particules constituent la porosité du sol (Mermoud, 2006).
- Une phase gazeuse qui est l'air du sol. Il est plus concentré que l'air de l'atmosphère en CO_2 et en O_2 car cet air permet la respiration des organismes vivants du sol et est indispensable à la décomposition de la matière organique.
- Une phase liquide qui est la solution du sol, constituée d'eau et d'éléments dissous. Cette phase peut faire défaut. On dira alors que le sol est sec ou qu'il est saturé d'eau.



Composition moyenne du sol

Figure 1 : composition moyenne du sol

2.2. L'eau dans le sol

Dans le sol, l'eau provient des précipitations, des remontées capillaires et/ou des apports par l'irrigation. Au contact du sol, celle-ci s'infiltré totalement ou partiellement pour former des films fins autour des particules solides et des parois fissurées. Cette eau, désormais souterraine est ensuite répartie en trois types qui sont :

- L'eau gravitaire ou eau mobilisable, dont la force est assez faible pour s'opposer à la pesanteur. Sous l'action de la force de gravité, cette eau s'écoule dans les macros porosités du sol et alimente les nappes, les ouvrages de captages et les sources (Koïta, 2013).
- L'eau de rétention capillaire c'est une partie de l'eau non mobilisable dont la force de rétention du sol est inférieure à celle de succion racinaire des plantes. Cette eau est contenue dans les micros porosités et constitue la réserve utilisable par les plantes.
- L'eau adsorbée qui est difficile à extraire car elle forme un film continue d'une épaisseur de l'ordre de quelques microns autour des particules solides (Robinson, et al., 2012).

2.3. Définition du potentiel hydrique

Le potentiel hydrique est l'énergie qu'il faut fournir à une unité de masse d'eau pure pour la faire passer de l'état libre à la pression atmosphérique à l'état qu'elle a dans le système considéré, au cours d'une transformation réversible (Ministère de l'agriculture C.T.G.R.E.F., 1979). Il représente la quantité d'énergie qu'il faudra fournir pour extraire l'eau de sol et est négatif en milieu non saturé et positif en milieu saturé. Lorsqu'il existe des différences de potentiels, le mouvement de l'eau se fait dans le sens des potentiels décroissants c'est-à-dire des milieux les plus humides vers les milieux les plus secs.

Le potentiel hydrique est une force résultante de plusieurs phénomènes agissant sur l'eau en modifiant son énergie par rapport à l'eau pure et libre. Ces forces découlent de :

- La gravité : potentiel gravitationnel Pot_g
- La pression de l'eau en milieu saturé: potentiel de submersion Pot_s
- L'attraction de l'eau par la matrice du sol en milieu non saturé : potentiel matriciel Pot_m
- La présence de sel : potentiel osmotique Pot_o (Merloud, 2006)

Le système est en équilibre lorsque le potentiel hydrique total est le même en tout point c'est-à-dire

$$h = Pot_g + Pot_s + Pot_m + Pot_o = constante$$

La tension de l'eau du sol croissant très rapidement, les scientifiques ont jugé commode de créer une échelle logarithmique pour l'expression des potentiels hydriques, le pF, défini comme suit :

$$pF = \log_{10} h$$

Avec h exprimé en centimètre de colonne d'eau (C.T.G.R.E.F., 1979).

2.4. La notion de réserve utile et d'humidité

La réserve utile (RU) correspond à la partie de la réserve en eau du sol que la plante peut exploiter efficacement au moyen de la succion de ses racines (Abdellaoui, et al., 2011). Elle est exprimée en millimètre et dépend de la texture du sol comme l'indique la figure 2. C'est une variable d'état dépendante des propriétés physico-chimiques du sol, de la composition granulométrique et de la distribution de la porosité (Inra, 2015). Elle est calculée à partir de la rétention en eau au pF3 et pF4.2, de la densité apparente comme le montre la figure 3 et de la profondeur. L'humidité mesurée au pF3 correspond à l'humidité à la capacité du champ (h_{cc}) et celle mesurée au pF4.2 correspond à l'humidité au point de flétrissement permanent (h_{pfp}).

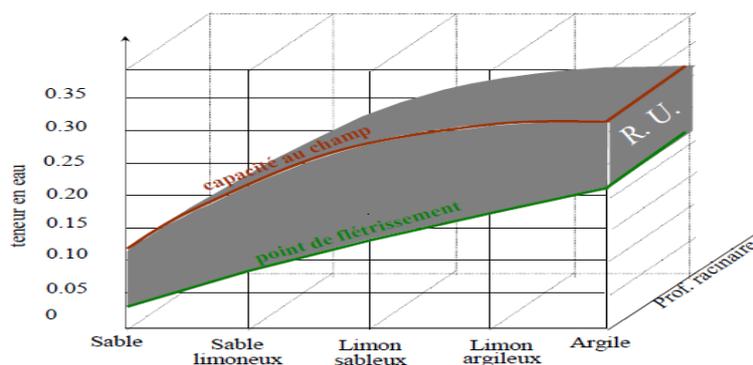


Figure 2 : Réserves utile de divers types de sol.

- L'humidité à la capacité du champ (h_{cc}) est la teneur en eau du sol après saturation et ressuyage en 48 h de toute l'eau gravitaire. Cette teneur est étroitement liée à la constitution minéralogique du sol et augmente avec le taux d'argile et de matière

organique (Bréda, et al., 2002). L'eau disponible est retenue par les particules solides de la matrice du sol grâce à une force de rétention plus faible que la force de succion des plantes. Celles-ci y puisent l'eau nécessaire pour couvrir leurs besoins hydrologique et l'air dont elles ont besoin pour une croissance normale.

- L'humidité au point de flétrissement permanent (h_{pfp}) est la teneur en eau du sol lorsqu'il ne reste plus que l'eau adsorbée. Elle correspond au potentiel hydrique à partir duquel la plante ne peut plus extraire d'eau.
- La densité apparente (d_a) d'un sol correspond à sa masse par unité de volume ayant séché à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Ce volume comprend les solides et les pores (Alongo & Kambele, 2013). La densité apparente est normalement exprimée en gramme par centimètre cube (g/cm^3). Elle décrit l'état de compaction du sol et indirectement sa porosité (Blake & Hartage, 1986). Lorsqu'elle est élevée, le sol ne contient pas de pores nécessaires à la croissance des racines, la capacité de rétention en eau est réduite et la circulation des fluides est ralentie (drainage et échange gazeux).

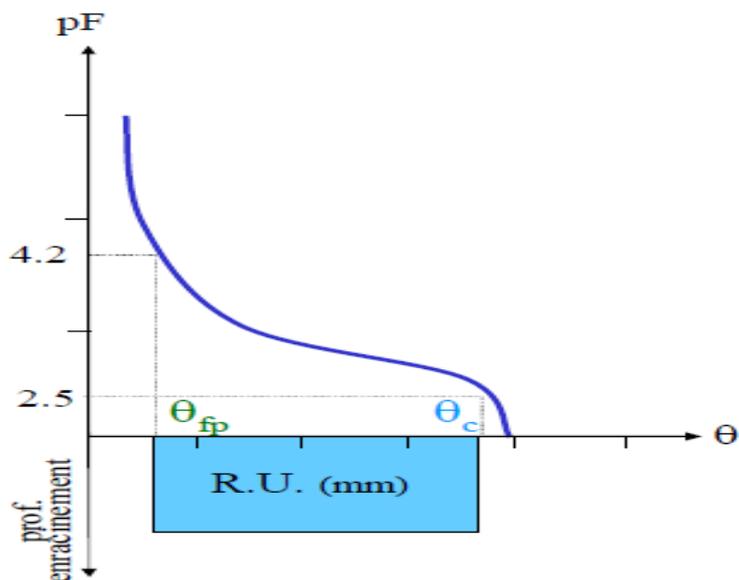


Figure 3 : Schématisation de la réserve utile en eau du sol

2.5. Méthodes d'estimation des humidités caractéristiques

Le potentiel matriciel peut être mesuré de deux façons différentes : au laboratoire et *in situ*.

- Les mesures de laboratoire

Elles consistent à donner une correspondance entre le pF et l'humidité de l'échantillon prélevé à partir du résultat de la mesure de son humidité. Les mesures de laboratoire ont l'avantage d'être pratiquées sur terre fine et permettent donc d'enregistrer le comportement des éléments structuraux fins conservés, mis en contact de façon standard et conventionnelle. Elles prennent en compte la réaction du volume traité intact d'où des possibilités intéressantes de comparaison. Cependant, elles sont une source d'imprécision liées à l'hétérogénéité du terrain et à l'humectation.

- Les mesures *in situ*

Par comparaison, elles ont l'avantage d'être des mesures directes, réelles et instantanées donc à priori adaptées aux interprétations dynamiques. Toute fois, ces mesures sont limitées par les appareillages actuellement utilisables, les tensiomètres qui sont de dimensions relativement importantes, induisant des résultats globaux et interdisant aussi bien l'analyse à une échelle plus fine que celle de la mesure l'horizon.

2.5.1. Les différentes méthodes de mesure sur le sol en place (*in situ*)

- **Méthode des tensiomètres à bougies poreuses**

Le tensiomètre est constitué d'un tube rempli d'eau bouché à l'extrémité inférieure par une bougie poreuse et muni à l'extrémité supérieure d'un manomètre à vide ou relié à un manomètre à mercure. Le tube rempli d'eau est placé à l'intérieur du sol de sorte à assurer un bon contact entre la bougie poreuse et le sol. Au début de l'opération, l'eau contenue dans le tube est à la pression atmosphérique. Dans le sol, des films d'eau naissent autour des particules en contact avec la partie poreuse du tensiomètre comme l'indique la figure 4. Lorsque le sol s'assèche, il exerce sur ces films d'eau une force de succion qui fait passer l'eau du tensiomètre dans le sol par la bougie poreuse. L'eau est sucée par le sol jusqu'à ce que la dépression créée dans le tensiomètre soit suffisante pour s'équilibrer avec la succion du sol. La valeur de la succion du sol peut alors être directement lue à l'aide du manomètre. Lorsqu'il y a apport d'eau dans le sol par la pluie ou l'irrigation, le potentiel matriciel de l'eau du sol diminue et le phénomène inverse se produit jusqu'à l'atteinte de l'équilibre.

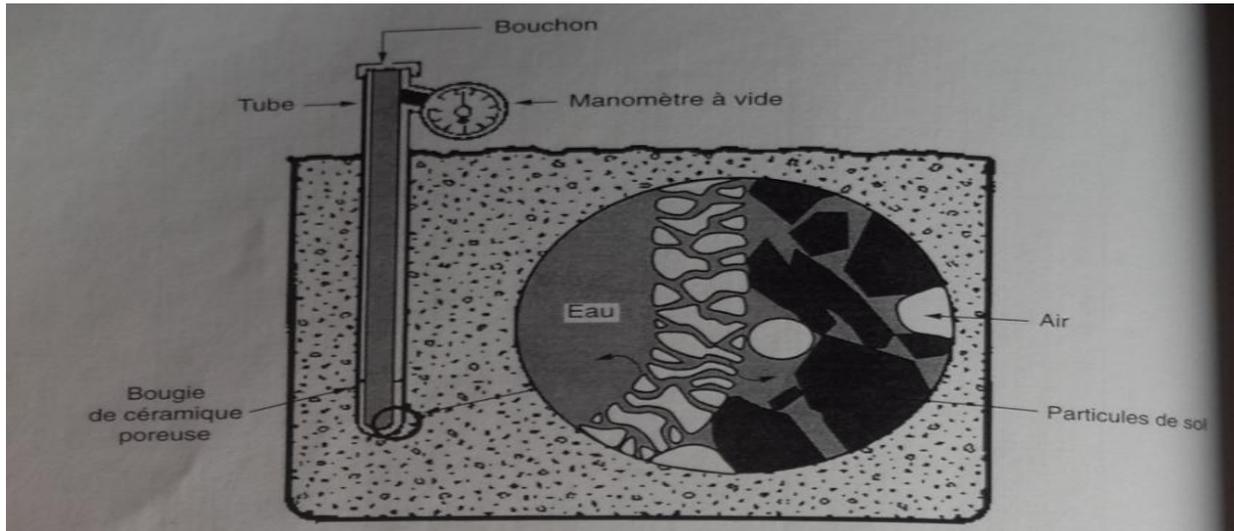


Figure 4 : partie essentielle d'un tensiomètre et son contact avec le sol

○ **Mesure du point de flétrissement par méthode biologique**

Cette méthode permet de quantifier l'eau restante dans le sol lorsque la plante se fane. Elle consiste à laisser le sol occupé par des plantes adultes, se dessécher en condition contrôlée jusqu'à fanaison puis on mesure l'humidité restante à ce moment physiologique caractéristique.

2.5.2. Les différentes méthodes de mesure au laboratoire

○ **Les fonctions de pédotransfert (FPT)**

Les premières FPT ont été établies suite à un besoin de prédiction des propriétés hydrauliques du sol par la communauté scientifique ces dernières décennies. Celles-ci permettent de prédire la capacité de rétention en eau des sols à partir de grandeurs aisément mesurables comme la texture, la densité apparente et la teneur en matière organique etc. (Vauthier, 2011). Les FPT peuvent être élaborées à partir de jeux de données à caractéristiques très variables. Selon le mode d'élaboration, on distingue :

- Les fonctions de pédotransfert continue (FPTC): ce sont des fonctions qui permettent une prédiction des propriétés de rétention en eau en rendant continuellement compte des variations des propriétés du sol. Ce sont des équations obtenues par régression multilinéaire et permettant d'établir des liens entre les propriétés hydriques du sol et d'autres paramètres physiques facilement mesurables.

- Les classes de fonction de pédotransfert (CFPT): ce ne sont pas des fonctions à proprement parler. Elles sont juste de simples jeux de valeurs moyennes attribuant une teneur en eau à chaque type de sol. Les sols sont donc regroupés en classes parfois en sous-classe, de texture auxquelles ont attribués des propriétés de rétention d'eau (Bastet, et al., 1999)

Selon la littérature, les FPT sont très utilisées. Néanmoins, une fonction de pédotransfert déterminée dans un contexte de pédogénèse précis sera faiblement biaisée si on l'utilise dans le même pédoclimat. Mais employée dans un contexte différent, les estimations seront plutôt biaisées.

○ **la rétractométrie**

C'est une méthode qui mesure le retrait des échantillons de sol préalablement humidifiés par capillarité dans un bac à sable. On observe le départ d'eau à 28-30°C après 72 heures lorsque le sol est argileux (Hassine, et al., 2003). L'appareil utilisé pour l'analyse est le rétractomètre. Il est décrit par Braudeau (1988-1995). Il mesure respectivement le diamètre, la hauteur ainsi que la masse d'une série de huit échantillons de sol lui permettant de calculer la courbe de retrait sur laquelle on s'intéresse particulièrement à la teneur en eau à la capacité de champ et à celle correspondant au point de flétrissement permanent. La méthode rétractométrique permet le suivi continu des variations volumiques et de poids d'où on déduit les variations de teneur en eau.

La méthode rétractométrique rend compte de l'organisation de l'échantillon non perturbé mais selon les études de Nacib et al. (2006), cette méthode est inadaptée pour les sols à faible teneur en argile (< 9%). Pour les sols argilo-limoneux, l'estimation des caractéristiques hydriques est similaire à celle faite avec la méthode de mesure des pF.

○ **Méthode par succion, pF 2.5**

Elle est encore appelée méthode de Bouyoucos, et consiste à soumettre à l'échantillon de sol préalablement saturé, disposé sur un filtre de Büchner, une dépression à l'aide d'une pompe à vide, branchée sur un robinet. De l'air préalablement saturé en eau par barbotage circule en permanence à travers l'échantillon (figure 5). Ce dispositif permet d'empêcher le dessèchement de l'échantillon par l'air sec en plus de celui produit par la dépression, en faisant passer sur celui-ci, de l'air humide. Cette méthode est plus simple et nécessite un

matériel moins onéreux que celle précédente. Cependant, elle est moins rigoureuse et moins sophistiquée et n'est valable que pour les $pF < 2.7$ bars.

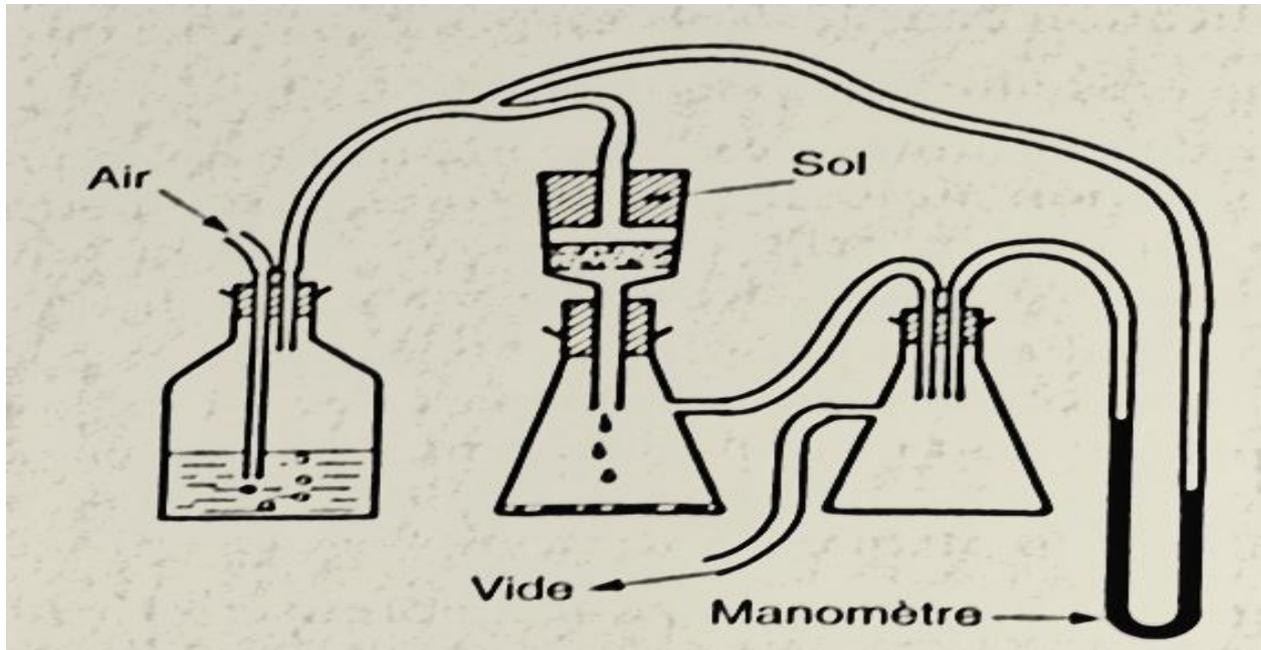


Figure 5 : Schéma de mesure par succion de la teneur en eau à $pF 2.5$ (d'après Duchaufour, 1970, précis de pédologie, 3^e éd., p. 57, Masson)

○ **Méthode hygroscopique Pf 4.2**

Cette méthode est basée sur l'équilibre existant entre le degré hygrométrique de l'air et l'énergie de rétention de l'eau dans les sols. Pour ce faire, deux échantillons de sol à analyser sont mis en contact avec de l'air à degré hygrométrique connu et constant. On utilise d'une part l'air à degré hygrométrique de 95%, et d'autre part l'air à degré hygrométrique de 79.5%. Ce contact est maintenu jusqu'à ce que la teneur en eau du sol ne varie plus. La teneur en eau des deux échantillons est mesurée par étuvage et la teneur en eau au point de flétrissement est déduite par extrapolation sur un graphique. Le potentiel matriciel est donné par :

$$\psi(\text{g. cm}) = 108.333 T. \log 100/e$$

Avec T : température absolue ($^{\circ}\text{C} + 273$)

e: degré hygrométrique de l'air en %

○ **Méthode des chambres à pression**

Cette méthode encore appelée « méthode de la presse à membrane » ou « méthode de Richard » (1953) consiste à saturer au préalable en eau, les échantillons à étudier puis à les

soumettre à une pression déterminée dans une enceinte fermée. L'eau en excès sera éliminée par une plaque poreuse ou une membrane spéciale jusqu'à l'équilibre entre la force appliquée et la force de rétention de l'eau dans le sol. Ils sont pesés à la sorti de la marmite à l'état humide avant d'être étuvés à 105°C pendant 24 h et pesés à l'état sec.

La méthode de Richard fourni de bons profils d'humidité. Cependant, il faut rester vigilant car la valeur de la pression à exercer sur l'échantillon de sol saturé pour Hcc varie en fonction de la texture. Selon Morel (1989), pF=3 pour l'argile (1bar), pF=2.5 pour les limons (0.33bar) et pF=2 pour le sable (0.1bar) à la capacité du champ.

Au regard des avantages et limites des techniques d'estimation des humidités au laboratoire, celle que nous jugeons optimale et adoptons pour la présente étude est celle dite de Richard.

2.6. Impacts agronomique et physique des techniques de conservation des eaux et des sols

La mise en œuvre des techniques de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso, a permis l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, la régénérescence de la végétation, des terres dégradées et l'augmentation de la productivité agricole des zones d'études. Dans ce paragraphe, nous nous intéresserons uniquement à l'impact de ces techniques sur les propriétés physiques et les rendements.

○ Impact des techniques de conservations sur les propriétés physiques du sol

La bibliographie abonde de références sur l'intérêt agronomique des techniques culturales (Kaboré & Valdenaire, 1991) ; (Zombré, et al., 1999) ; (Sangaré, 2002). Les résultats obtenus indiquent clairement l'amélioration de l'état des sols sur les sites expérimentaux. En effet, ces techniques permettent de contrôler le ruissellement des eaux de surface en assurant l'infiltration d'une grande partie et en emprisonnant les sédiments transportés par l'eau ruisselée. Aussi, elles améliorent la structure du sol et la dynamique des éléments minéraux par la perturbation physique et stimulation de l'activité biologique du sol. Ainsi, la structure du sol est modifiée de sorte à ce que l'infiltration soit maximisée et l'évaporation minimisée.

En outre, l'apport d'amendements organique, (humus et pailles) et minérale, (Burkina Phosphate) révèle une augmentation considérable des teneurs en éléments nutritifs du sol et de sa fertilité. C'est ce qui implique la baisse de l'acidité initiale et l'augmentation du taux de

phosphore dans le sol (Zougmoré et al., 1999). Ces apports améliorent les techniques culturales et les déficiences du sol et certains éléments de la matière organique sont corrigées.

Ces pratiques ont donc un impact positif sur les caractéristiques chimiques et physiques des sols ainsi que sur la récupération des terres dégradées.

- **Impact agronomique des techniques culturales**

On ne peut pas dissocier l'évaluation de l'effet du travail du sol sur le rendement et la fertilité du sol. Cependant, on constate que les techniques culturales appliquées simplement sans apport d'engrais ou de fumier ont comme résultat l'augmentation du rendement. Cela se justifie par le fait que le sol devient plus meuble et les racines ont la possibilité d'aller plus en profondeur et de mieux se développer. Il y a également une augmentation de la quantité d'humidité dans le sol qui contribue beaucoup. Mais une augmentation des rendements signifie une absorption intense de nutriments du sol à la base pauvre. Si ceux-ci ne sont pas remplacés, le sol s'appauvrit plus vite.

Pour une agriculture durable, il est indispensable d'associer l'usage d'amendements organiques et minéraux aux techniques de gestion des eaux et des sols. Si on ne le fait pas, au début de l'exploitation, les rendements vont augmenter puis le sol s'appauvrira en éléments nutritifs et sa sensibilité à l'érosion sera de plus belle au bout de quelques années. Les rendements deviendraient alors moindres qu'au départ. Cela s'explique par l'amélioration des propriétés hydrodynamiques du sol, facilitant la germination et la croissance des plantes.

III. MATERIEL ET METHODES

3.1. Présentation de la zone d'étude, du site expérimental et du dispositif

3.1.1. La zone d'étude

La zone d'étude est le bassin versant de Tougou, localisée dans la partie Nord du Burkina Faso (Région du Nord), province du Yatenga. Il est situé à 23 km de la ville de Ouahigouya et regroupe trois (03) villages qui sont : Basnére en amont, Faogodo au centre et Tougou à l'exutoire. D'une superficie de 37 km², ce bassin a pour coordonnées 13°11'N et 13°26'N ; 2°6'E et 2°24'E. L'accès à cette zone se fait par la route nationale numéro 22 reliant Ouahigouya à Tita.

3.1.2. Le site expérimental

o La géolocalisation du dispositif expérimental

Comme l'indique la figure 6, le site expérimental est situé dans le village de Tougou, dans la rive gauche du cours d'eau. Il est positionné à 200 m d'une concession et a pour coordonnées GPS ; X = 580 109 m Y = 1 511 422 m et Z = 335 m.

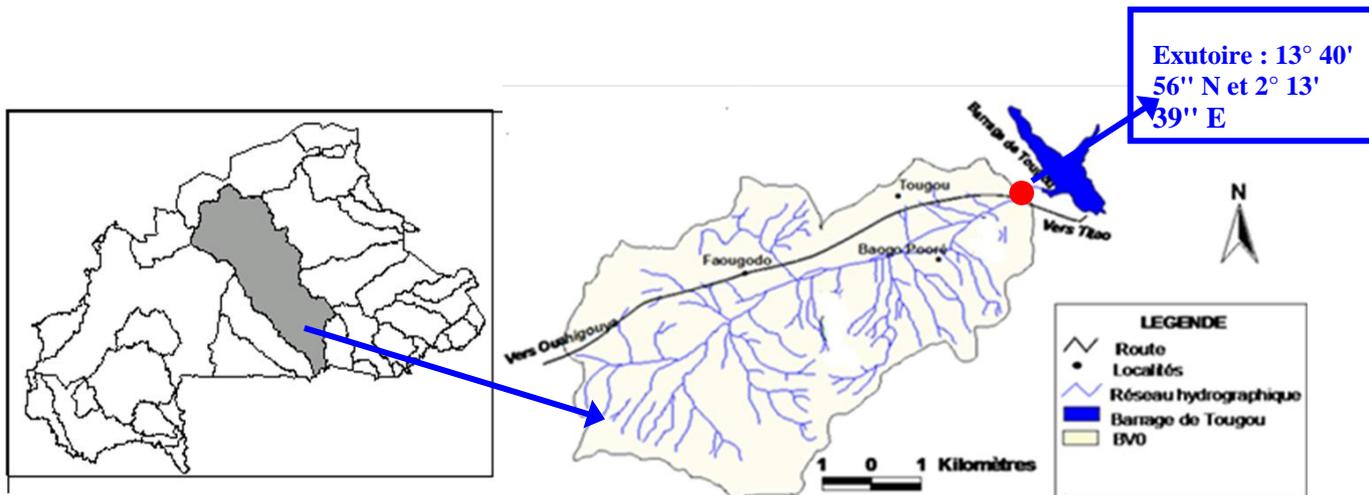


Figure 6 : Localisation du site expérimental dans la zone d'étude.

Source : BODT 2002

○ **Le climat**

Le site expérimental est situé en zone soudano-sahélienne et est sous l'influence du climat sahélien avec deux saisons :

Une saison pluvieuse de Juin à Octobre (Diello et *al.*, 2005) marquée par le passage de la mousson qui est un vent frais et humide. La pluviométrie est caractérisée par une grande variation spatio-temporelle avec une moyenne interannuelle de 525 mm d'eau de pluie par an sur la période de 1960 à 2006.

Une saison sèche qui est la plus longue. Elle s'étant de Novembre à Mai et est dominée par l'Harmattan qui est un vent chaud et sec.

Les températures varient suivant deux périodes : une période froide de Novembre à Février et une période chaude de Mars à Mai (Mounirou, 2012).

○ **L'hydrologie**

Le cours d'eau principal de Tougou est une rivière du nom de « Bilampouanga ». Long de 8.5 km, il se jette dans le barrage de Tougou mise en eau pour la première fois en 1962. La profondeur des axes d'écoulements du lit mineur varie entre 1 et 2 m. Le cours d'eau est saisonnier et taris généralement en Octobre juste après l'hivernage.

○ **Les sols**

Le site est dominé par des sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions. La texture est limono-sableuse dans l'épaisseur 0-22 cm, limono-argileuse entre 22 et 83 cm et argileuse entre 83 et 120 cm. La structure est polyédrique subangulaire faiblement développée jusqu'à 83 cm et massive au-delà. La porosité est bonne dans tout le profil (BUNASOL , 2015).

○ **La végétation**

Le site est un zipélé, par conséquent il n'est exploité que dans le cadre du projet de recherche. Il est colonisé par une végétation naturelle composée de quelques rares espèces arbustives : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica* et *Leptadenia hastata*.

3.1.3. Le dispositif expérimental

o La description du dispositif

Le dispositif proposé est constitué de deux (02) blocs aléatoires complets (figure 7) avec quatre traitements sur chaque bloc (1 parcelle témoin, 1 parcelle zai, 1 parcelle demi-lune et 1 parcelle cordon pierreux). Les parcelles de forme rectangulaire (20 m×10 m) sont ceinturées par des tôles surélevées de 20 cm de hauteur et encastrées à 10 cm de profondeur pour éviter les apports de ruissellement externe. Les eaux de ruissellement issues de la parcelle sont recueillies soit par une cuve soit par un partiteur relié à un fût.

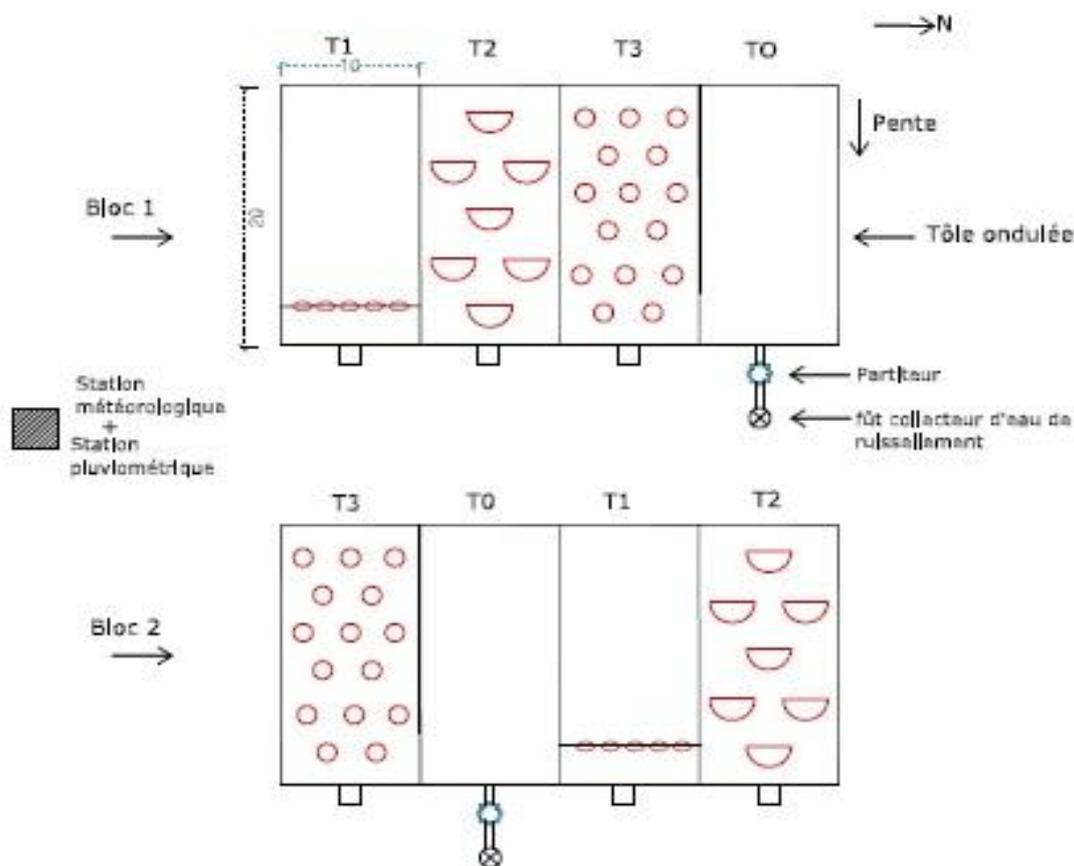


Figure 7 : Schéma du dispositif expérimental de TOUGOU

- T0 : Témoin, semis traditionnel à la daba
- T1 : Cordons pierreux
- T2 : Demi-lunes
- T3 : Zai

Pour cette étude, nous échantillonnerons toutes les parcelles des deux blocs. Les prélèvements se feront à des points aléatoires chaque 10 cm de profondeur jusqu'à 80 cm qui correspond à la profondeur racinaire maximal du petit mil.

○ **Le type de matériel végétal mis en culture**

La spéculiation a été choisie en fonction des habitudes culturelles de la région. Selon les études de Barbier et al., (2009) le mil est l'une des cultures les plus ensemencées dans la région. La variété de mil utilisée pour l'expérimentation est le IKMP5 Kiiipala, qui est la semence améliorée mise au point par l'INERA. Son cycle végétatif est en moyenne 70 jours et sa profondeur racinaire maximale de 80 cm.

○ **Les modes de gestion des terres adoptés sur le site**

Selon les résultats de l'étude menée en 2006 par Koussoubé sur la dynamique de la production agricole du bassin versant de Tougou, le zaï, le cordon pierreux et la demi-lune sont des techniques culturelles vulgarisées dans la région. Ces techniques consistent en la mise en place d'ouvrages de conservation des eaux et sols et ont pour but de réduire l'érosion, de favoriser l'infiltration et la fertilisation des sols en culture pluviale.

✓ **Le zaï (« Zaïbo » qui signifie se dépêcher en langue nationale mooré)**

C'est une technique traditionnelle de récupération des terres encroustées, découverte au Yatenga (Nord du Burkina Faso) entre 1982-1984, suite aux années de sécheresse (Kaboré, 1994). Elle consiste à creuser des trous de 20-40 cm de diamètre et 10-15 cm de profondeur au fond desquels on dépose la fumure organique. Ces trous en général alternés et espacés de 80 cm, ont pour rôle de piéger les sédiments et la matière organique mis en mouvement par le vent, de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer (Fatondji, 2002).

Cette technique améliore les propriétés hydriques et la fertilité du sol. Les études menées par Zougmoré en 1995 dans le Passoré, indiquent une humidité plus importante dans les poquets que dans les espaces inter-cuvettes. De plus, l'apport de la matière organique régénère l'activité biologique du sol : on assiste à une minéralisation de la fumure apportée et à la perforation de la croûte par les termites (Mando, 1999). De nombreuses études menées au Burkina Faso ont démontrées que le zaï a également un impact considérable sur les rendements. Selon les études de *Roose et al.* (1993) les rendements sont de 0.2 t/ha/an sur les parcelles témoins et pourrait atteindre 1-1.7 t/ha/an sur les parcelles aménagées en zaï.

Cependant, la mise en œuvre de cette pratique nécessite une main d'œuvre abondante. Aussi, les inondations temporaires pourraient ralentir le développement des cultures et

réduire les rendements. En outre, l'absence ou l'insuffisance de la matière organique dans les zones concernées constituerait un obstacle.

✓ **La demi-lune**

La demi-lune est une cuvette de la forme d'un demi-cercle ouverte à l'aide de pioche et de pelle. Le déblai est déposé en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati tel une banquette de terre. La cuvette a généralement un diamètre de 4 m et une profondeur de 15-25 cm. L'écartement vaut 4 m entre deux demi-lunes sur la ligne et deux lignes successives. La densité moyenne est de 312 demi-lunes par hectare et par demi-lune le nombre de poquets varie entre 20 et 30. Cette technique permet de collecter l'eau ruisselée et favorise son infiltration en créant une dépression à la surface des terres encroûtées. La demi-lune favorise une amélioration de la réserve hydrique du sol et une augmentation de la profondeur d'humectation de 20 à 40cm. Elle accroît la production agricole et est d'autant plus efficace qu'on y ajoute un complément minéral ou/ organique. Les rendements passent de 100 kg/ha de grains pour les parcelles témoins à environ 1.2t/ha de sorgho pour la combinaison demi-lune et fumier.

Tout comme le Zaï, la demi-lune est limitée par la rudesse du travail et la demande abondante en main d'œuvre. C'est une technique à haute intensité de travail pouvant être limitée par l'insuffisance de la matière organique et les inondations temporaires.

✓ **La diguette en cordon pierreux (« ko-koaga » appellation locale en mooré)**

Le cordon pierreux est une barrière physique filtrante qui a pour objectifs de stopper le ravinement et de réduire la vitesse de l'eau ruisselée lorsque celle-ci est importante. Il permet la récupération et la sédimentation des particules (matières organiques, terres fines, sable) en amont de la diguette. Cette technique favorise la recharge de la nappe phréatique et le remblaiement des ravines, augmente les superficies cultivables (Hien, 1995). La mise en place du cordon consiste à ouvrir un sillon d'ancrage de 10-15 cm de largeur ; 10-15 cm de profondeur, et à déposer la terre en amont. Ensuite les pierres sont alignées en une seule ligne dans le sillon. La terre déblayée est ramassée et la base est consolidée par damage.

De nombreuses études ont démontré que pendant les années de pluviométries déficitaires, la mise en place des cordons pierreux a permis une augmentation considérable des rendements. En effet, le bon stockage de l'eau et l'accumulation des particules en amont de la diguette

aident les plantes à surmonter les poches de sécheresse. Ainsi, Kambou et Zougmore (1995) ont montré qu'en année de faible pluviométrie, le gain en grains et en tige des parcelles aménagées en demi-lune double par rapport à celui des parcelles témoins. Les études de Lamachère et Serpantier (1992) ont permis de savoir que deux fois moins de terre sont emportées par l'érosion hors des parcelles aménagées en cordons pierreux. En revanche, en année de pluies excédentaires, la production baisse en raison de la stagnation des eaux aux pieds des plantes pouvant les asphyxier.

3.2. Protocole de prélèvement des échantillons de terre

Le laboratoire est responsable de l'exactitude et de la précision des résultats d'analyse des échantillons ; la représentativité de ces résultats pour la zone étudiée est dans les mains de l'équipe qui effectue qui a organisée et exécutée la campagne de prélèvement (Pauwel et Al., 1992).

○ Principe

Il s'agit d'une méthode générale d'échantillonnage de sol destinée à une analyse pour une interprétation agronomique. Il consiste à effectuer un prélèvement dans les parcelles du site expérimental de Tougou, chaque 10 cm de profondeur jusqu'à 80 cm, correspondant à la profondeur racinaire maximale du mil qui est la culture ensemencée sur ce site. Avant l'analyse, les échantillons de terre seront tamisés donc leurs textures initiales seront modifiées. Nous allons prélevé alors des échantillons perturbés.

○ Matériel

- Tarière Edelman 7 cm- sol mélangé
- Rallonge de 1.5 m
- Marteau
- Seaux d'eau
- Mètre à ruban automatique
- Sachet plastiques en polyéthylène solide
- Etiquette et stylo à bille
- Marqueur à encre indélébile

○ Prélèvement

Pour une représentativité des échantillons, nous avons fait les prélèvements loin des bordures de parcelle et dans des zones présumées homogènes. Pour mieux observer l'effet des techniques culturales, nous avons prélevé le sol directement dans les trous pour le zaï et la demi lune ; dans les 5 m amont du sillon de pierres pour le cordon pierreux.

Pour faciliter le prélèvement, le sol a été mouillé. Les échantillons ont été prélevés par couche de 10 cm sur une profondeur totale de 80 cm.

Les échantillons humides sont d'abord séchés à l'air libre pendant 48 h, et ensuite désagrégés. Des échantillons de sol non perturbés sont généralement utilisés pour la détermination de la courbe-pF à cause des influences majeures à la fois de la distribution de la taille des pores et de la texture du sol sur la rétention d'humidité. Cependant, dans la classe de pF de 3 à 4.2, l'eau est retenue dans de très petits pores faisant de la texture le seul paramètre influençant la rétention d'eau dans le sol. C'est pourquoi les échantillons prélevés ont été tamisés au tamis de 2 mm de diamètre. Le passant, qui constitue la partie fine du sol, sera utilisé pour la détermination des humidités caractéristiques.

3.3. Procédure de détermination des humidités caractéristiques : marmite de Richards

Après l'étape décrite ci-dessus, les échantillons sont saturés, la pressurisation est réalisée jusqu'à l'équilibre à l'aide de la presse à membrane de Richard puis chaque échantillon est pesé, séché et pesé à nouveau.

○ Description de la marmite de Richard

L'appareil utilisé est la presse à membrane de Richard de type 08.03. Il est essentiellement constitué comme l'indique la figure 8 d'un extracteur à membrane pour 15 échantillons, d'un compresseur de 20 bars (pièce 2) avec manomètre (pièce 12) et soupape de réduction inclus, un filtre à air (pièce 3), une membrane cellophane, une toile filtrante et plusieurs anneaux à échantillons synthétiques et divers accessoires.

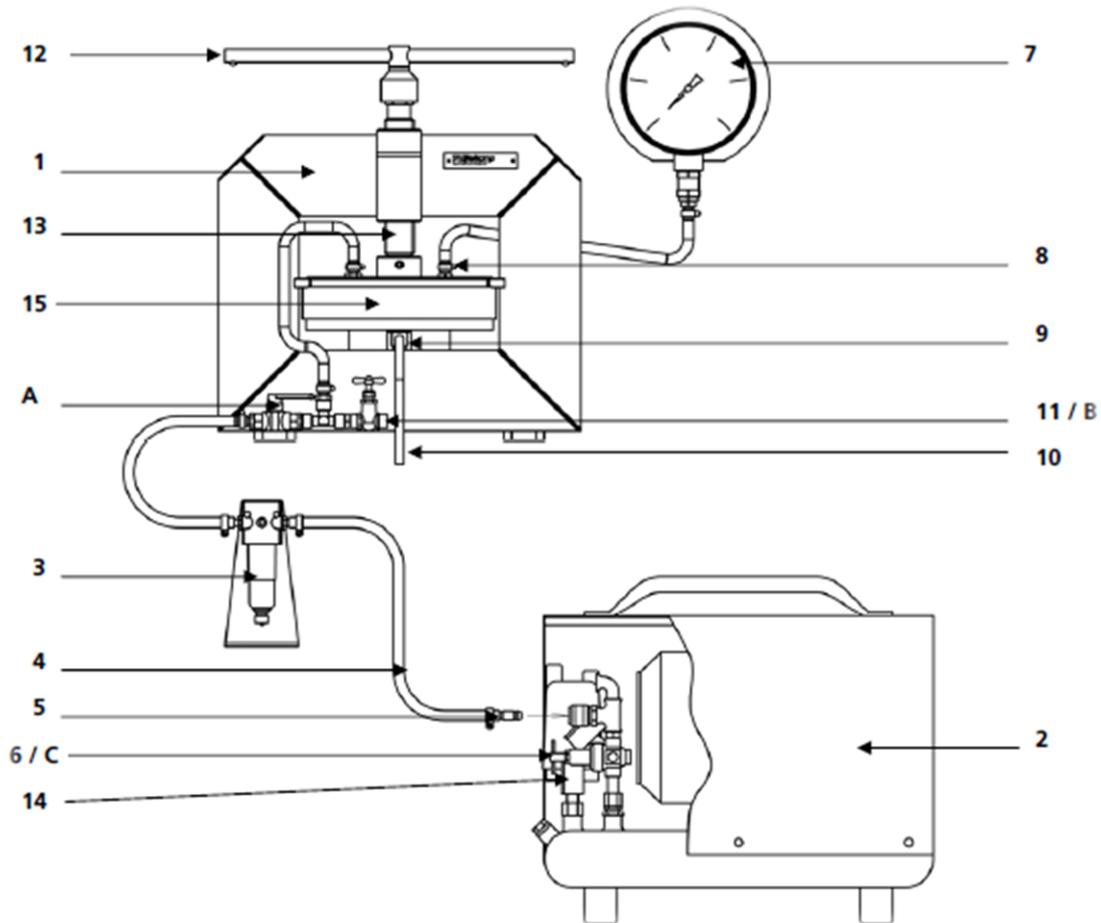


Figure 8 : Presse à membrane de Richard de type 08.03 avec numérotation des différentes composantes.

1 Garniture métallique de l'appareil, 2 Compresseur, 3 Filtre à air, 4 Un tube à haute pression alimentant la marmite, 5 Bouchon, 6 Réducteur de pression, 7 Manomètre, 8 Bouchon, 9 Tube de tulle, 10 Tube de vidange, 11 Pièce en T, 12 Poigné, 13 Vis Worm, 15 Boîtier à joints étanches.

Source: Operating instructions for 08.03 pressure membrane apparatus by

○ **Préparation des membranes pour la manipulation**

Les deux tissus filtrants en nylon, assez grandes pour recouvrir la plaque du boîtier et les deux membranes cellophanes, découpées 2 cm plus grandes que les tissus sont immergés dans de l'eau distillée pendant 3h. La plaque de base est nettoyée proprement pour assurer une bonne étanchéité. Après saturation, les tissus sont placés sur la plaque et les membranes mises au dessus. Il est important de bien lisser toutes les quatre feuilles car la présence d'air ou de

saleté pourrait conduire à de faux résultats. Le tissu est réutilisable après lavage mais la membrane est à usage unique.

○ **Préparation des échantillons**

Après le nettoyage du matériel, 120g de chaque échantillon sont prélevés et saturés à l'eau distillée dans un bol préalablement étiqueté conformément à l'étiquetage des échantillons. Cette saturation dure plusieurs jours en fonction de la texture des sols. Dans notre cas, le sol est sablo- limoneux. La saturation a duré 3 jours et les échantillons saturés ont été homogénéisés à l'aide d'une spatule. Les échantillons prêts, les anneaux sont étiquetés.

○ **Pressurisation**

Pour la mise sous pression, les échantillons saturés et homogénéisés sont introduits dans les anneaux étiquetés placés sur les membranes et soumis successivement au pF4.2 et pF2.5. Une distance d'au moins 1 cm doit séparer deux anneaux pour éviter que l'expérience ne soit plus longue. La pression est constamment ajustée car une éventuelle baisse affecterait négativement les résultats. Pour plus de précision, nous avons pressuré six anneaux par échantillon de sol. L'équilibre est atteint quand l'eau ne chuinte plus et que le tube de vidange est complètement sec. Pour notre type de sol, au bout de trois (03) jours, les échantillons sont retirés de la marmite après dépressurisation et emballés dans du papier aluminium pour minimiser les pertes d'eau par évaporation avant la détermination des masses humide. Une fois pesés, ils sont étuvés à 105°C pendant 48h et pesés à nouveau.

○ **Calcul des humidités pondérales h_{pfp} et h_{cc}**

Les masses humides (M_h) et sèches (M_s) ont été déterminées respectivement avant et après étuvage à l'aide d'une balance électronique d'une précision de 0,001g. A partir de ces masses, nous avons calculé l'humidité pondérale à la capacité du champ (h_{cc}) et l'humidité pondérale au point de flétrissement permanent (h_{pfp}) à l'aide de la formule ci-dessous :

$$h_p(\%) = \frac{M_h(g) - M_s(g)}{M_s(g)} \times 100$$

Ces valeurs d'humidités, de la profondeur et de la densité apparente nous ont permis de calculer la réserve utile RU comme l'indique la formule suivante :

$$RU(mm) = (h_{cc} - h_{pfp}) \times da \times z$$

La densité apparente a été mesurée par la méthode du cylindre. Elle consiste à prélever des échantillons des sols humides à l'aide d'une tarière à cylindre de volume connu. Une fois au laboratoire, les échantillons sont pesés et passés à l'étuve à 105°C pendant 24h et pesés à nouveau. La densité apparente est obtenue par l'application suivante :

$$da (g/cm^3) = \frac{M_s(g)}{V(cm^3)}$$

Avec M_s : la masse sèche de l'échantillon

V : le volume de l'échantillon prélevé soit celui du cylindre.

3.4. Détermination et calcul des rendements sur les parcelles expérimentales par la méthode des carrés de rendement

Afin de vérifier l'hypothèse 2 formulée dans le cadre de notre étude selon laquelle le stockage en eau du sol, améliore les rendements cultureux, nous avons quantifié les rendements agricoles moyens sur toutes les parcelles expérimentales du site. Cela nous permettra de voir s'il y a un éventuel lien entre la productivité agricole et la disponibilité en eau.

- Définition du carré de rendement

Un carré de rendement est un carré posé de manière aléatoire dans un sous échantillon ou dans la totalité des parcelles des exploitations échantillons afin de déterminer un rendement moyen après la récolte. Pour calculer le rendement dans le carré, on divise la production totale pesé en kg par la surface du carré.

$$R(kg/ha) = \frac{P(g)}{S(m^2)} \times 10$$

Avec R : le rendement

P : le poids de la récolte dans le carré de rendement

S : la surface du carré

- Pose du carré de rendement

De façon générale, le carré est posé au hasard dans la parcelle et dès les premières étapes du cycle végétatif. Il doit rester en place jusqu'à la fin de la récolte. Ses dimensions sont raisonnées en fonction de la taille de la parcelle. Le carré peut avoir de 1m×1m de côté ou de 5m×5m de côté. Si plusieurs carrés de rendements sont posés sur la parcelle, ce qui est recommandé (au minimum deux), il faut faire la moyenne.

$$\text{Rendement moyen: } \mathbf{R_{moy}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Avec n : nombre de carré de rendement par parcelles

X_i : Rendement par carré de rendement (kg/ha)

Dans le cadre de notre étude, trois carrés de rendements de 1*1m de côté ont été posés sur chacune des parcelles expérimentales.

IV. RESULTATS & DISCUSSION

Cette partie présente les résultats obtenus et les interprétations faites suites aux analyses des humidités caractéristiques et des réserves utiles du sol selon les différents modes de gestion appliqués à la parcelle. Les résultats sont subdivisés en trois parties : une première partie dans laquelle les humidités caractéristiques sont présentées suivie d'une deuxième partie présentant les valeurs de la réserve utile. Dans la troisième partie, il est question de la contribution de la réserve utile racinaire pour l'amélioration des rendements du dispositif expérimental de Tougou.

4.1. Etude des humidités caractéristiques

Les humidités ont été analysées sur toutes les parcelles pour permettre les éventuelles comparaisons et sur tous les deux blocs pour prendre en compte l'hétérogénéité du milieu.

4.1.1 Humidité au point de flétrissement permanent

L'évolution des humidités au point de flétrissement (pF 4.2) en fonction de la technique culturale est représentée sur la figure 9.

L'analyse de ce tableau montre que ces humidités augmentent avec la profondeur avec certes des variations de même ordre sur les deux blocs : elles varient de 7.72% à 13.94% sur le bloc A contre 7.33% à 13.98% sur le bloc B.

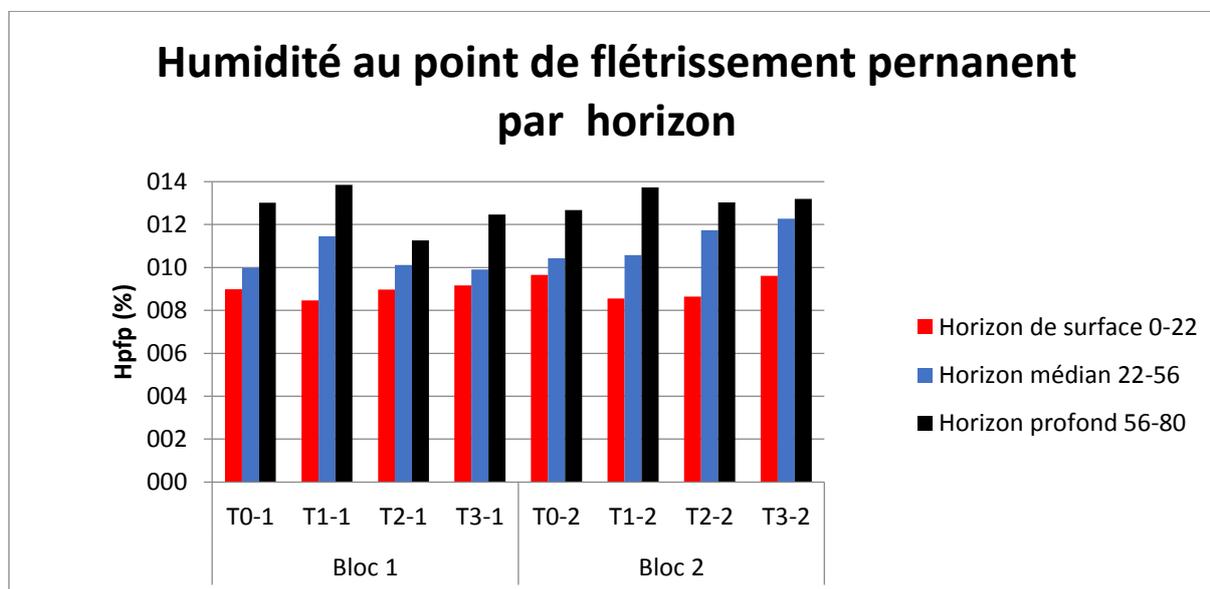


Figure 9 : Humidités au point de flétrissement permanent (pF 4.2) des différentes parcelles des blocs 1 et 2.

Avec T0 : parcelle témoin ; T1 : cordon pierreux ; T2 : zaï ; T3 : demi-lune.

4.1.2. Humidité à la capacité au champ

Les valeurs pondérales des humidités à la capacité de champ (pF3) des deux blocs du site expérimental de Tougou sont présentées sur la figure 10.

Ce tableau montre que les humidités à la capacité du champ augmentent rapidement avec la profondeur en passant de 13% en surface à plus de 25% en profondeur. Cette humidité à la capacité au champ diffère selon la technique culturale. En effet, les plus grandes valeurs se retrouvent sur les parcelles de zaï et de demi-lune contrairement aux parcelles témoin où nous avons les plus faibles valeurs. Cet état de fait traduit l'importance de certaines pratiques culturales qui ont tendance à améliorer la capacité de rétention de ces sols. C'est généralement le cas du zaï qui favorise plus l'infiltration et améliore aussi la cohésion du sol avec l'apport de matière organique. Ces valeurs d'humidités viennent valider notre **hypothèse 1** selon laquelle les techniques identifiées favorisent le stockage de l'eau dans le sol.

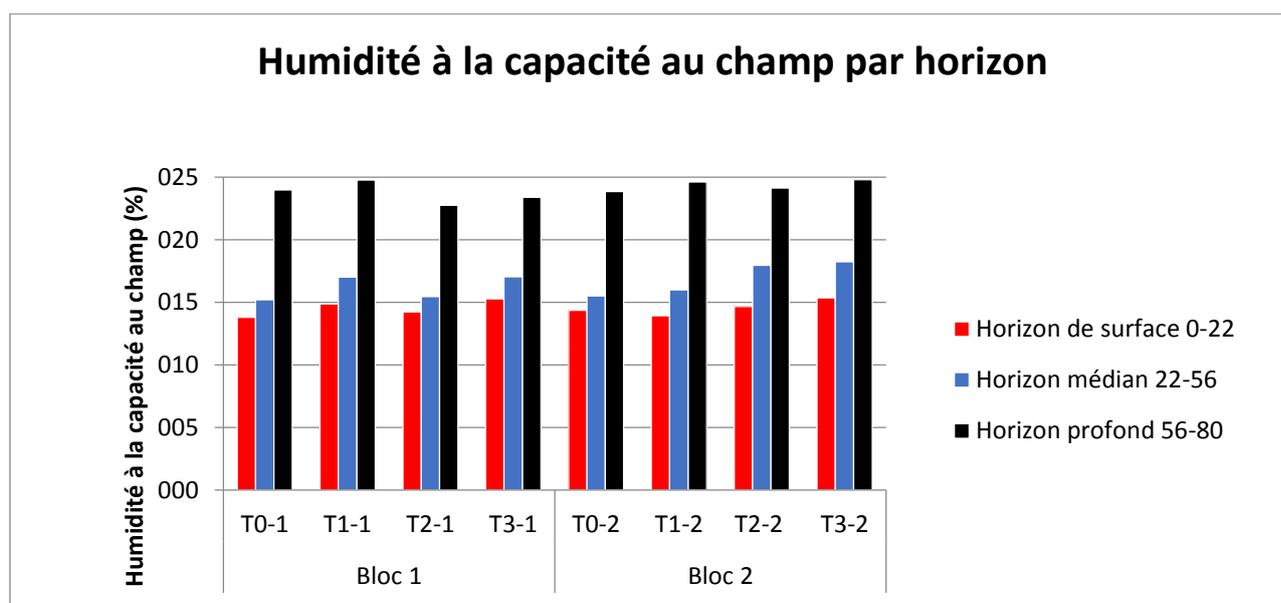


Figure 10 : Humidités à la capacité au champ (pF 3) des différentes parcelles des blocs 1 et 2.

Avec T0 : parcelle témoin ; T1 : cordon pierreux ; T2 : zaï ; T3 : demi-lune.

5.2. Etude de la réserve utile

5.2.1. Distribution de la réserve utile suivant les différents horizons

Les valeurs de la réserve utile par horizon pour les différentes parcelles du site expérimental sont présentées sur la figure 11. L'analyse de ce tableau montre que les valeurs de la réserve utile en surface sont moins élevées que celles en profondeur. Cet état de fait est certainement à lier d'abord à la constitution pédologique des différents horizons en ce sens qu'au niveau des premiers horizons du sol (0-22 cm, 22-56 cm), les proportions de sable sont nettement supérieures à l'argile qui apparaît de plus en plus en profondeur. En effet, cette RU varie entre 16.7 et 21.2 mm pour l'horizon de surface; pour l'horizon médian (37.3% d'argile) elle varie de 29 mm à 38.6 mm et au niveau de l'horizon profond (41,2%), elle est comprise entre 49.9 et 52.9 mm. (voir les résultats de l'analyse granulométrique en annexe 1).

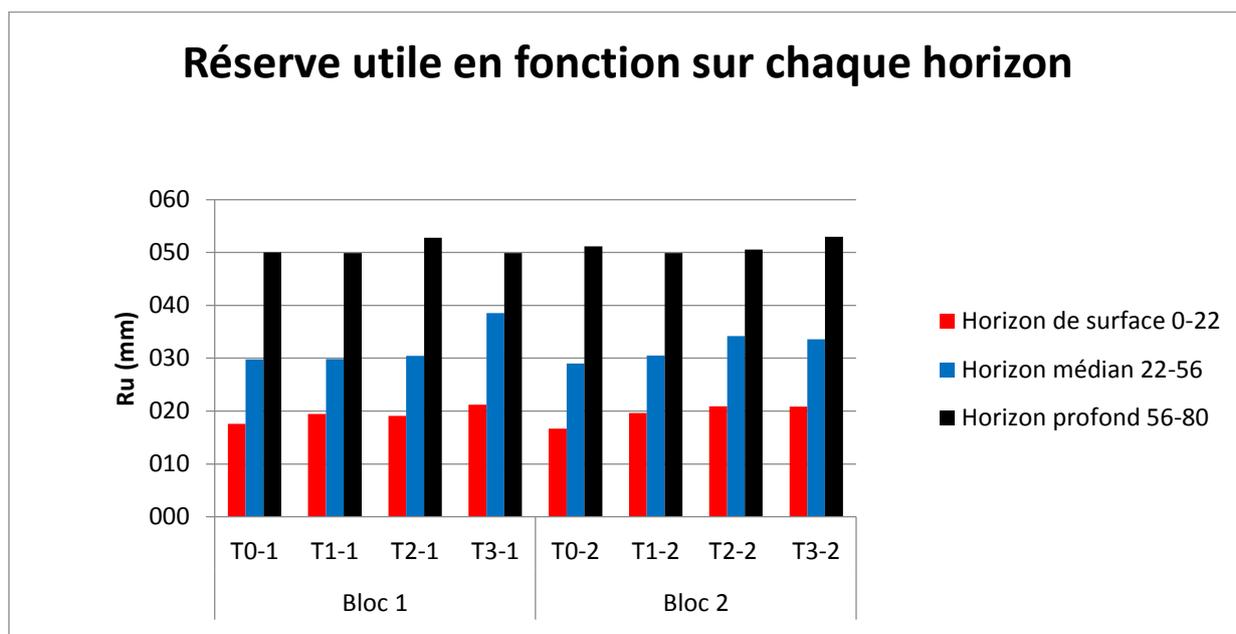


Figure 11 : Réserve utile par horizon des différentes parcelles du dispositif

Avec T0 : parcelle témoin ; T1 : cordon pierreux ; T2 : zaï ; T3 : demi-lune.

5.2.2. Réserve utile dans les différentes parcelles expérimentales

La figure 12 présente les valeurs de la réserve utile suivant le mode de gestion des terres adopté sur chaque parcelle. Les résultats montrent que les parcelles témoins traitées au labour traditionnel à la daba (T01 et T02) présentent les plus faibles valeurs de réserve utile. Pour les deux blocs, l'augmentation maximale de la réserve utile est attribuée au Zaï et celle minimale au cordon pierreux qui donne des valeurs de réserve utile voisines à celles des parcelles

témoins. Du reste, les valeurs de la réserve utile du bloc 2 sont légèrement inférieures à celles du bloc 1 pour la même technique culturale exception faite des parcelles sous la pratique culturale de la demi-lune et du cordon pierreux.

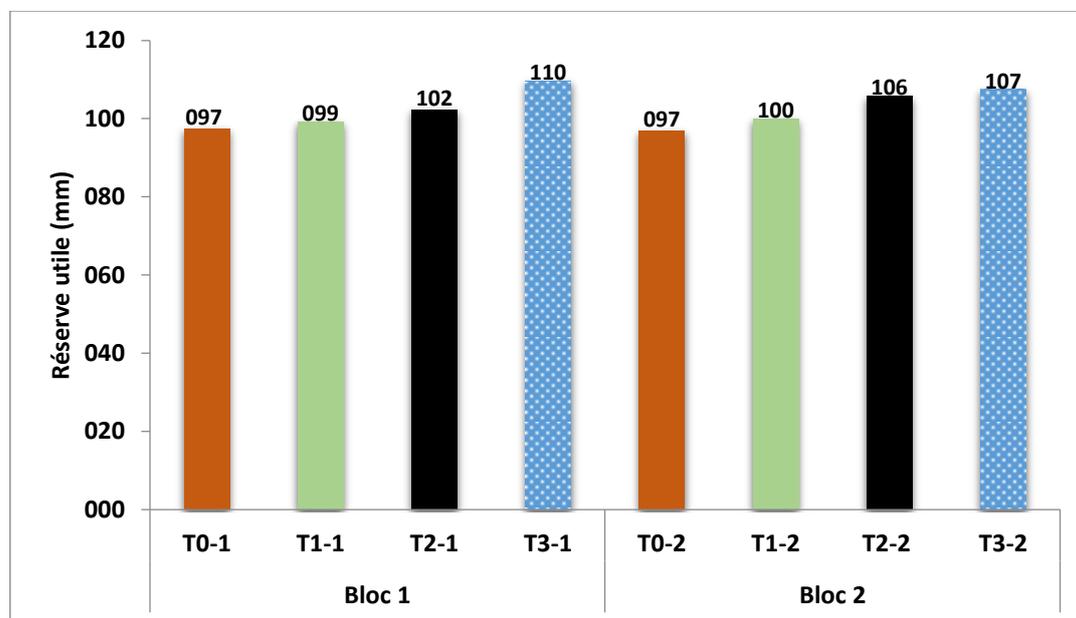


Figure 12 : Réserve utile selon les pratiques culturales

Avec T0 : parcelle témoin ; T1 : cordon pierreux ; T2 : zaï ; T3 : demi-lune.

5.3. Etude des rendements de la saison 2015

Les rendements obtenus durant la saison 2015 sont détaillés sur l'annexe 2 et synthétisés sur la figure 10. L'analyse de cette figure montre que la demi-lune et le zaï présentent les meilleurs rendements de mil avec des valeurs plus importantes pour la demi-lune. Quant aux cordons pierreux, les valeurs obtenues sont proches de celles de la parcelle témoin. Ceci s'explique par le fait que nous sommes en première année d'expérience. L'efficacité des cordons pierreux est appréciable à partir de la deuxième ou troisième année.

Les rendements les plus importants sont obtenus sur les parcelles aillant présenté les meilleurs profils d'humidité cela confirme notre **hypothèse 2** qui dit que le stockage en eau du sol améliore les rendements culturaux.

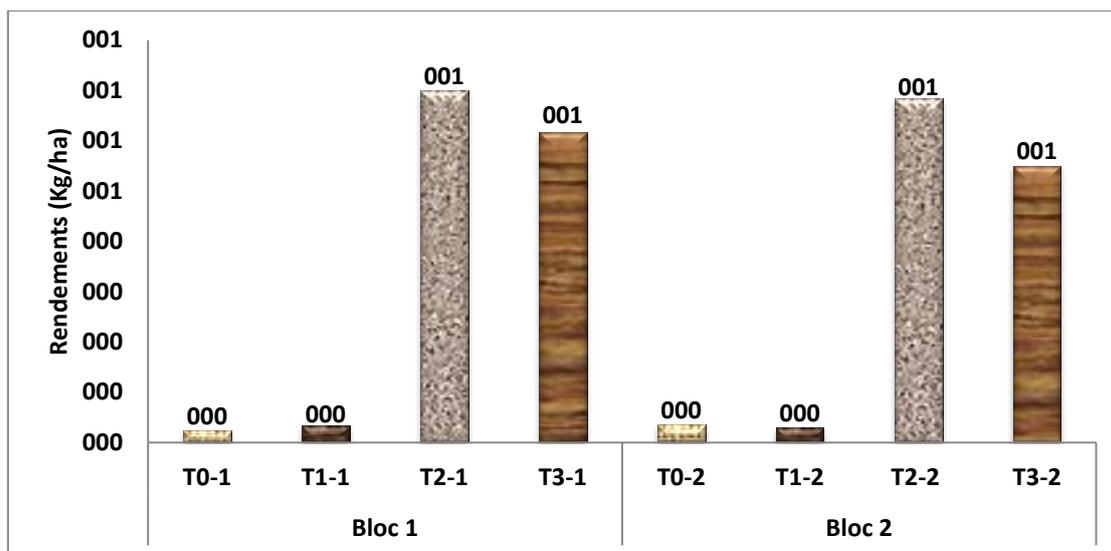


Figure 13 : Rendements agricoles des parcelles expérimentales (saison 2015)

Avec T0 : parcelle témoin ; T1 : cordon pierreux ; T2 : zaï ; T3 : demi-lune.

5.4. Discussion

Cette étude qui s'oriente vers une compréhension de la relation entre les humidités caractéristiques et les rendements des cultures sur le site expérimental de Tougou, a montré que les pratiques culturales telles que le zaï et la demi-lune associées à l'apport des amendements organiques ont procuré des rendements significativement supérieurs à celui du témoin et ont largement contribué à l'amélioration des humidités caractéristiques du sol dès la première année expérimentale. Ces résultats corroborent plusieurs travaux réalisés au Sahel dont ceux de Roose et al. (1995) qui, suite à leur étude sur la réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne du Burkina, ont montré que dès la première année, le zaï permet de produire, sur un zipellé, 500 à 1000 kg/ha de mil. Somé et al (2004) ont montré que la disparition de la croûte battante des zipellés favorisent l'aération du sol et la rétention de l'eau dans les trous du zaï en augmentant l'humidité du sol. Pour la technique de la demi-lune, RECA en 2013, a trouvé qu'elle permet une infiltration de l'eau en profondeur au niveau des réservoirs, augmentant la réserve utile en eau du sol et diminuant le ruissellement. Les plantes développent alors un système racinaire solide qui favorise leur survie et leur permet d'atteindre des rendements de 1000 kg/ha. Quant à la technique du cordon pierreux, plusieurs auteurs comme Zougmore et al. (1993), Lamachère et al. (1995), ont montré que sa mise en pratique dans ces zones fortement dégradées améliore nettement l'infiltration de l'eau et la sédimentation des éléments nutritifs surtout au voisinage de la

diguette filtrante mais ce, deux années après son installation. Ces résultats justifient les faibles valeurs de rendements et d'humidités obtenues sur les parcelles de cordon pierreux en cette première année expérimentale.

Notre étude a également montré une nette augmentation de la réserve utile d'un horizon de sol à un autre. Ces résultats corroborent les travaux de Dembélé et Somé (1991) qui ont rapporté que la réserve utile diffère d'un type de sol à un autre. Nous avons aussi constaté que la réserve utile augmente avec la profondeur. Ce résultat a déjà été rapporté par Pallo et Thiombiano(1989) ainsi que Dembélé et Somé(1991) qui ont effectué leurs travaux dans les mêmes conditions pédoclimatiques que celles de notre étude. Ces auteurs ont remarqué que l'horizon superficiel (0-50 cm) a une réserve utile de l'ordre de 100 mm/m contre 140 mm/m pour l'horizon profond (50-100 cm). En plus, les études menées par Ben et al. (2002) sur des sols peu évolués de la Béja en Tunisie viennent confirmer que l'horizon de surface a une réserve utile moins élevée que celui de profondeur. En effet ils ont obtenu une RU de l'ordre de 156 mm/m sur l'horizon superficiel (0-40 cm) , sur l'horizon médian (40-80 cm) elle est de l'ordre de 169 mm/m et sur l'horizon profond (80-120) elle est de 174 mm/m. Nous pouvons ainsi dire que la principale cause des variations de RU constatées entre la surface et la profondeur est liée au taux d'argile au niveau des horizons, plus le pourcentage d'argile est important plus la réserve utile l'est. Ce constat pourrait provenir du fait que les premiers horizons sont le siège d'une intense activité termitière qui a tendance à favoriser l'apparition de chemins préférentiels d'écoulement entraînant ainsi l'eau vers les horizons profonds d'où la faiblesse de cette capacité de rétention observée en surface.

Cependant, d'autres auteurs comme Braudeau et al (2002) et Schwen et al (2004) ont trouvé une distribution décroissante de la réserve utile avec la profondeur. Selon leurs résultats, la RU est considérablement plus élevée dans les horizons superficiels et faibles dans les horizons profonds. Ces deux études ont été menées sous culture et cette contradiction s'explique à travers les travaux de Hubber et Schaub (2011) qui démontrent que la matière organique joue un rôle important dans la rétention de l'eau par le sol.

L'étude de l'impact des humidités caractéristiques sur le rendement a révélé que les parcelles où la réserve utile était plus grande, ont produit les meilleurs rendements. Ces résultats corroborent les travaux de Bourgeois (2013) qui sur la caractérisation du réservoir utilisable des sols et l'évolution en fonction des succions culturales a trouvé que l'augmentation de la RU permet d'améliorer les rendements de plusieurs quintaux par hectare. Il en est de même pour les études Benites et Castellanos (2014) sur l'amélioration de l'humidité du sol grâce à l'agriculture de conservation qui a montré que l'augmentation de la quantité d'eau stockée dans le sol amoindrit le risque de pertes en rendements dus aux poches de sécheresse.

Les études de Peery (2016), expliquent ce lien entre humidité et rendement par la dépendance des deux principales fonctions de la plante (la photosynthèse et l'évapotranspiration) du taux d'humidité contenu dans le sol. En effet, lorsque le taux d'humidité est très bas, la plante fermera ses stomates afin de minimiser la perte d'eau par évapotranspiration. Malheureusement, l'évapotranspiration régule quasiment à elle seule les besoins en eau de la plante. Ainsi, la limitation de la transpiration foliaire ralentira la photosynthèse et la croissance de la plante. Or, le rendement du mil provient à la dernière partie du cycle biologique de la plante. C'est donc l'inflorescence terminale qui est la principale source de la qualité et de la quantité des récoltes.

CONCLUSION, RECOMANDATION ET PERSPECTIVE

Cette expérience avait pour objectif d'évaluer l'impact du zaï, de la demi-lune et du cordon pierreux sur la réserve utile du sol et sur les rendements agricoles des parcelles expérimentales de Tougou. La démarche méthodologique suivie a consisté à déterminer les humidités au point de flétrissement permanent et à la capacité au champ pour en déduire la réserve utile. Ces mesures d'humidités se sont faites à l'aide de la marmite de Richard, par horizon de 10 cm sur toutes les parcelles jusqu'à la profondeur racinaire maximale du petit mil qui est 80cm. De plus nous avons estimé les rendements par type de pratique culturale par la méthode des carrés de rendements.

Au terme de cette expérimentation, nous notons une influence positive du zaï et de la demi-lune dès la première année expérimentale avec des augmentations moyenne de la réserve utile sur les 2 blocs respectivement de 14.3 et 6 mm/m.

Vu le processus de dégradation continue des ressources naturelles plus particulièrement des sols au Sahel, ces techniques peuvent être des solutions en vue d'augmenter les rendements agricoles. Elles facilitent aussi l'infiltrabilité de ces sols où apparaisse de plus en plus une croûte superficielle indurée beaucoup plus favorable au ruissellement qu'à l'infiltration privant ainsi les racines des cultures de la quantité d'eau nécessaire pour leur développement. Pour cette première année, les résultats des cordons pierreux sont mitigés en ce sens que les valeurs obtenues sont proches de celles de la parcelle témoin. Plusieurs études ont montré que cette pratique ne devienne efficace qu'à partir de la deuxième de sa mise en œuvre.

Ces premiers résultats doivent être confirmés après plusieurs années d'expérience dans l'optique de procéder à un classement sur les performances des techniques culturales adoptées au Sahel.

En vue de prolonger cette étude, il serait intéressant d'étudier d'autres aspects comme la fertilité de ces sols et le stock d'eau disponible à travers une étude des transferts hydriques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Abdellaoui, Z., Teskrat, H., Belhadj, A. & Zaghouane, O., 2011. Étude comparative de l' effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone humide. p. 71-87.
- Alongo, S. & Kambele, F., 2013. Évolution de la densité apparente et du rapport c/n du sol sous les variétés exotiques et locale de manioc dans les conditions naturelles de Kisangani (R D Congo). *Annales de l'Institut Facultaires des sciences agronomiques de Yangambi*, pp. 197-214.
- Bastet, G.; Bruand, A.; Voltz, M.; Bornand, M.; Quéting, P., 2009. Human Vulnerability to Climate Variability in the Sahel : Farmers' Adaptation Strategies in Northern Burkina Faso. *Environmental Management* ; 43 :790-803..
- Bastet, G.; Bruand, A.; Voltz, M.; Bornand, M.; Quéting, P., 1999. Performance of available pedotransfert functions for predicting the water retention properties of french soils. p. 11.
- Blake, R. & Hartage, K., 1986. *Bulk density. Methods of soils analysis. Soil science.*
- Ben, Salem M., Hassine G., Bonin, Braudeau E, (2002); Réserve utile des sols du Nord-Ouest tunisien, évolution sous culture. Tunisie. Etude et gestion des sols, volume 10, p 1-16.
- Bourgeois F., 2013: Caractérisation du réservoir utilisable des sols et évolution en fonction des successions culturales. Rapport de fin d'étude, Université François-Raberais.
- Braudeau E., 1995: Méthodes de caractérisation pédohydrrique des sols de Tunis; Tunisie, Direction des sols, Etude spéciale N°283.
- Braudeau E., Donatelli M., 2001: Parameters estimation of the soil characteristics shrinkage cuve. Poster session in 2nd international symposium "Modeling cropping systems", juillet 2001. Florence, Italie.
- Bréda, N., Lefèvre, Y. & Badeau, V., 2002. Réservoir en eau des sols forestiers tempéprés: spécificité et difficulté d'évaluation. *La houille blanche*, p. 24-32.
- BUNASOL (Bureau National des Sols) 2015: Résultats des études pédologiques menées sur le site expérimental de Tougou, Burkina Faso.
- Dembélé Y., et Somé L., 1991: Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol de Burkina Faso. IAH. N° 199, 1991, éd. Ouagadougou : INERA 03 b07192, Ouagadougou 03. Burkina Faso.
- Diello P., Mahé G., Paturel J.-E., Dezetter A., Delclaux F., 2005 : Relations indices de végétations - pluie au Burkina Faso: Cas du Bassin versant du Nakembé. hydrological sciences. Journal, 50 (2), 207-222.

EnGREF, P., 1999. Les constituants du sol et leurs propriétés. *le sol, définitions et généralités*, pp. 16-35.

FAO, 2005. *L'irrigation en Afrique en chiffres-enquêtes AQUASTAT*.

Fatondji, D., 2002. *Organic amendment decomposition, nutrient release and nutrient uptake by millet (Pennisetum glaucum L. R. Br) in a traditional land rehabilitation technique (zai) in the Sahel*, Germany: university of Bonn.

Gombé, A. & Kacem, N., 2004. *Rapport d'évaluation du projet d'investissement communautaire en fertilité agricole (PICOFA)*.

Hassine, H. Ben; Salem, M. Ben; Bonin, G.; Braudeau, E.; Zidi, C., 2003. Réserve utile des sols du Nord-Ouest tunisien. *Étude et Gestion des Sols, Volume 10*, pp. 19-33.

Hien, F. G., 1995. La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. *Document sur la gestion des ressources tropicales 7. Université Agronomique Wageningen*, p. 219.

Huber G., et Shraub C., 2011: La fertilité des sols: importance de la matière organique. *Agriculture et territoires, Chambre d'Agriculture Bas-Rhin*, 46 p.

Inra, 2015. *Réserve en du sol et mobilisation par les racines*. [En ligne] Available at: <https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fiche/reserve-en-eau-du-sol> [Accès le 14 Novembre 2015].

Kaboré, V. S., 1994. *Amélioration de la production des sols dégradés (zipellé) du Burkina Fasopar la technique des poquets (zai)*. Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, 199p + annexes., Lausanne.

Kaboré, V. & Valdenaire, S., 1991. *Contribution à l'étude du zai, pratique culturale réhabilitée au Yatenga, Burkina Faso : première approche de ses avantages et limites en tant qu'alternative pour les cultures en milieu sahélien*. Mémoire de recherche, EPFL, Lausanne.

Koïta, M., 2013. *Cours de physique du sol : complexe eau/roche*, Ouagadougou.

Lamachère et Serpentier, 1992: Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur les champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne, région de Bindi, province de Yatenga, Burkina Faso. ORSTOM.

Lamachère J.-M. et Puech C., 1995: Cartographie des états de surface par télédétection et prédétermination des crues des petits bassins versants en zone sahélienne et tropicale sèche. In *L'hydrologie tropicale: géosciences et outil pour le développement*. Ed par P. Chevalier et B Pouyaud, Acte de conférence de Paris, Mai 1995. IAH Publ. N°238, p 235-248.

Mando, A., 1999. *Integrated land management for food production in Burkina Faso: environmental institutional and socio-economical issues*., Rome: FAO.

Merloud, A., 2006. Cours: *Etat de l'eau dans le sol*, Lausanne: E. P. F. L..

Mermoud, A., 2006. *cours de physique du sol*, Lausanne.

Ministère de l'agriculture C.T.G.R.E.F., 1979. *Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations*. Paris: Imprimerie Nationale.

Mounirou L. A., 2012: Etude du ruissellement et de l'érosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso: Quantification et transposition des données. Thèse 3^e cycle, Université Montpellier II et 2Ie. 249 p.

Morel, R., 1989. *Les sols cultivés: Technique et Documentation*. s.l.:Lavoisier.

Nacib, J. B., Hachicha, M., Zidi, C. & Hamrouni, H., 2006. *Recherche des indicateurs d'état du fonctionnement hydro-structural du sol irrigué par l'eau salée: contribution à la gestion optimisée de l'eau salée à la parcelle*. Marrakesh, p. 1-4.

Ouédraogo, S. et al., 2002. Participation des producteurs à la mise en oeuvre des projets de lutte contre l'érosion: un modèle d'intervention social plus approprié, Ouagadougou, INERA.

PATECORE, 2000. *Etude de l'impact des aménagements sur les rendements agricole (campagne agricole 1999)*. GTZ, Burkina Faso.

Robert M., 1996: Le sol, une ressource à préserver pour la production et l'environnement. Cahier d'agricultures vol 1; N°1; p 20-34.

Robinson, D., Abdu, H., Lebron, I. & Jones, S., 2012. Imaging of hill-slope soil moisture wetting patterns in a semi-arid oak savanna catchment using time-lapse electromagnetic. *J.Hydrol.*, p. 146-147.

Roose E., 1993: Capacité de la jachère à restaurer les sols pauvres en zone Soudano-sahélienne. In "la jachère en Afrique de l'Ouest" ORSTOM, Paris (France), p 233-244.

Roose E., Kaboré V., Guenat C., 1995: Le Zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne (Burkina Faso). Congrès International sur la restauration et la réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi arides, Tunisie, Nov 1994.

Salif, D., 2000. *Programme national de lutte contre la désertification*.

Sangaré, S., 2002. *Evaluation des performances agro-écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga. Cas du zaï, de la demi-lune et du tapis herbacé.*, Bobo: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Institut du Développement Rural (UPB-IDR).

Somé, Leopold; Jalloh, Abdulai; Zougmore, Robert; Nelson, Gérald; Thomas, Timothy S, 2012. *Agriculture Ouest africaine et changement climatique: analyse exhaustive- Le Burkina Faso*. s.l.:s.n.

Somé L., Hien V., Bilgo A., Sangaré S., Karambiri L., Kaboré P., Lepage M., Traoré J., Somé B., Traoré K., 2004: rapport du projet de de lutte contre la désertification au Sahel et étude de leur impact agro écologique. INERA, Kamboinsé, 91p.

Schwen A., Zimmermann M., Bodner G., 2004: Vertical variations of soil hydraulics properties within two soil profiles and its relevance for soil water simulations. *Detern. Soil Moisture.Meas.Thea. Approhes* 516, p 169-181.

Vauthier, Q., 2011. *Estimation des réserves utiles des sols de Seine-et-Marne*, Nancy.

Zombré, N., 2003. *Les sols très dégradés (Zipella) du Centre Nord du Burkina Faso: dynamique, caractéristiques morpho-bio_pédologiques et impacts des techniques de restauration. Thèse de Doctorat ès sciences naturelles, Université de Ouagadougou.*

Zombré, N. P., Mando, A. & Ilboudo, J. B., 1999. Impact des conservations des eaux et des sols sur la restauration des jachères très dégradées au Burkina Faso. *La jachère en Afrique de l'Ouest. Rôles, Aménagements et Alternatives*, p. 771-777.

Zougmoré R., Zida Z. & Kambou F., 1999: Réhabilitation des sols dégradés : rôles des amendements dans le succès des techniques de demi-lune et de zaï au Sahel. *Bulletin Réseau Erosion 19: L'influence de l'homme sur l'érosion, volume 1 à l'échelle du versant*, p. 536-549.

Zougmoré R., Kambou F.N., Son G.,Guillobez S.,1993: Première approche de l'impact des ouvrages anti érosifs en pierre sur le ruissellement et les rendements en sorgho; étude des écartement sur un bassin versant dans le plateau central. In " gestion durable des sols et environnement en Afrique intertropicale. Acte du 1^{er} colloque International de Ouagadougou. Thiombiano L., DeBlic P., Bationo A., éd. 2000, p p 278-283.

ANNEXES

Annexe 1 : les résultats de l'étude granulométrique

Annexe 2 : valeur des rendements

HUMIDITES CARACTERISTIQUES ET RENDEMENTS DES SOLS DU SITE
EXPERIMENTAL DE TOUGOU

Annexe 1 : les résultats de l'analyse granulométrique

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
DE L'ASSAINISSEMENT ET DE
SECURITE ALIMENTAIRE
SECRETARIAT GENERAL
BUREAU NATIONAL DES SOLS
DIRECTION GENERALE
DIRECTION DU LABORATOIRE
D'ANALYSES

BURKINA FASO
Unité - Progrès - justice

Ouagadougou le, 22 Janvier 2016

**Résultats d'analyse d'échantillons de
sols**

N° de Laboratoire	4286	4287	4288	4289
N° d'origine	TG 1			
	0-22	22-56	56-83	83-120
TEXTURE	LA	LA	A	A
Argile %	35.29	37.25	41.18	43.14
Limons totaux %	21.57	23.53	23.53	25.49
Sables totaux %	43.14	39.22	35.29	31.37

HUMIDITES CARACTERISTIQUES ET RENDEMENTS DES SOLS DU SITE
EXPERIMENTAL DE TOUGOU

Annexe 2 : valeur des rendements

Parcelle	N°Placette (1m ²)	Rend (g/m ²)	Moyenne (g/m ²)	Rend (kg/ha)
T0A	1	3	2.33	23.33
	2	2		
	3	2		
T0B	1	6	3.50	35
	2	2.5		
	3	2		
T1A	1	2	3.33	33.33
	2	3		
	3	5		
T1B	1	2	3.00	30
	2	4		
	3	3		
T2A	1	50	70.00	700
	2	60		
	3	100		
T2B	1	50	68.33	683.33
	2	80		
	3	75		
T3A	1	60	61.67	616.67
	2	50		
	3	75		
T3B	1	50	55.00	550
	2	75		
	3	40		