



Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinse en fonction du système et des pratiques culturales

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : Infrastructures ET Réseaux Hydrauliques (IRH)

Présenté et soutenu publiquement le 23 juin 2014 par

Kadidiatou OUEDRAOGO

Travaux dirigés par : Dr. Dial NIANG

Enseignant/Chercheur
CENTRE COMMUN DE RECHERCHE EAU ET CLIMAT (2iE)

Dr. Rabah LAHMAR
Chercheur au CIRAD
CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN
RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

Jury d'évaluation du stage :

Président : Mahamadou KOITA

Membres et correcteurs : Boubé BASSIROU
Rabah LAHMAR
Sewa DA SILVERA

Promotion [2013/2014]

CITATIONS

« Vous ne devez pas perdre espoir en l'humanité.

L'Humanité est un océan : même si quelques gouttes sont souillées, l'océan ne le devient pas. »

Gandhi

« Après avoir gravi une haute colline, on se rend seulement compte qu'il y a encore beaucoup de collines à gravir »

Nelson Mandela

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

- Mes parents, pour les encouragements et conseils,
- Tout le corps professoral pour la formation acquise
- Toute l'administration de 2iE, ce prestigieux institut qui a su développer nos capacités en Ingénierie de Eau et de l'Environnement et qui nous a mis en confiance pour l'avenir,
- Tous mes amis,
- Tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de l'appui et du soutien de plusieurs personnes qu'il me plait de remercier.

Je remercie très sincèrement les responsables administratifs du 2iE de m'avoir accepté comme stagiaire dans cette structure. Au sein de cette institution j'ai appris les rudiments des sciences en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, mes sincères remerciements au corps professoral pour la formation de qualité dont je suis bénéficiaire. Je remercie le CIRAD qui en collaboration avec 2iE m'a accueilli sur le site expérimental LTE Crops-News à Kamboinsé.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude à mes encadreurs :

- Docteur Dial NIAN, Enseignant/Chercheur à 2iE, mon encadreur principal pour sa disponibilité, son enthousiasme et son suivi rigoureux.
- Docteur Rabah LAHMAR, chercheur au CIRAD en poste à 2iE, chef du projet ABACO, de qui j'ai eu de sages conseils et des encouragements.
- Docteur Mahamadou KOITA, Enseignant/Chercheur à 2iE, Responsable pédagogique de notre filière, pour ses conseils et son suivi.
- Monsieur Jean marie DOUZET, chercheur au CIRAD, pour sa collaboration et son soutien.

Je tiens à remercier Monsieur Alexandre OUEDRAOGO, observateur de terrain, Monsieur Mathieu SAWADOGO, Docteur Mathias POUYA avec qui j'ai directement collaboré sur le terrain. Je remercie tout le personnel du BUNASOLS, du CREAM/INERA qui s'est investi pleinement pour l'aboutissement heureux de ce travail.

Mes sincères remerciements aussi à l'endroit de Mademoiselle Abibata GORE, ma collègue de stage.

Enfin j'adresse mes remerciements à tous ceux qui me sont les plus chers : ma famille et mes amis.

A toutes ces personnes, je réitère ma profonde gratitude.

RESUME

La présente étude a été menée sur le site expérimental Crop-News de Kamboinsé. Il s'agit d'une expérience mettant en association le *Piliostigma* et le sorgho mis en semis direct. Cette démarche expérimentale s'est faite en présence de mulch et zaï et s'est orientée vers une meilleure compréhension de la dynamique de l'eau du sol et à l'évaluation du stock d'eau disponible à différentes profondeurs du sol.

C'est dans ce contexte qu'un dispositif expérimental comportant 24 parcelles élémentaires a été installé sur le site de 2iE Kamboinsé. Les techniques culturales utilisées sont le zaï+mulch et semis direct+mulch.

Pour mener à bien cette étude, des mesures de terrain ont été effectuées pour mieux comprendre la répartition de l'eau du sol entre le *Piliostigma* et le sorgho (pluie, conductivité hydraulique à saturation charge de pression, teneur en eau.)

Les résultats font ressortir sur la plupart des sites d'importantes variations d'humidité sur les 40 premiers centimètres. Nous remarquons également une nette différence de comportement selon les traitements zaï+mulch et semis-direct+mulch.

Mots Clés:

- 1 –Dispositif expérimental Crop-News
- 2 - Association culture annuelle –arbustes
- 3 - *Piliostigma reticulatum*
- 4 – Dynamique de l'eau
- 5 – Evaluation du stock d'eau

ABSTRACT

The present study was conducted on the experimental Crop-News site Kamboinsé. It is an experience putting together the *Piliostigma* and sorghum into direct seeding. This experimental approach was made in the presence of mulch and zaï and this research has been directed toward a better understanding of the dynamics of soil water and stock assessment of available water at different soil depths.

It is in this context that an experimental device including 24 elementary plots were installed on the site 2iE Kamboinsé. Techniques culturales used are zaï + mulch and direct seeding + mulch.

To carry out this study, field measurements were conducted to better understand the distribution of soil water between *Piliostigma* and sorghum (rain, saturated hydraulic conductivity, pressure head, and water content).

The results highlight the most important sites of humidity changes on the topsoil (0- 40 cm). We also note a marked difference in the soil water behavior according to treatment: much+zaï versus direct seeding+ mulch.

Key words:

- 1 - Crop-News Experimental site**
- 2 – Association of annuals and shrubs**
- 3 - *Piliostigma reticulatum***
- 4 – Water dynamics**
- 5 – Water stock assessment**

LISTE DES ACRONYMES

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

ABACO : Agroecology-based aggradation-conservation agriculture

BUNASOL : Bureau national des sols

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CREAF : Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de KAMBOINSE

INERA : Institut National de la Recherche Agronomique

LTE : Long Time Experimentation

TABLE DES MATIERES

CITATIONS	i
DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ACRONYMES.....	vi
TABLE DES MATIERES	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES PHOTOS.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1.1. La dégradation des sols et l'insécurité alimentaire	3
1.2. L'agriculture de conservation	3
1.3. Les pratiques culturales et leurs insuffisances : Zaï et Mulch	5
1.3.1. Le Zaï	5
1.3.2. Mulch ou paillage.....	6
1.4. L'intégration d'arbustes natifs dans les pratiques culturales.....	7
1.5. Le projet ABACO	8
1.6. Caractérisation de la zone non saturée dans le dispositif Crop-News	8
1.7. Le cycle de l'eau et le bilan hydrique	8
1.8. Les paramètres hydrodynamiques du sol.....	9
Chapitre 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	11
2.1. Localisation géographique.....	11
2.2. Contexte climatique	13
2.2.1. Pluviométrie	13

Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinsé en fonction du système et des pratiques culturales.

2.2.2. Températures	14
2.2.3. Vents	15
2.3. Contexte géologique et pédologique	15
2.3.1. Contexte Géologique.....	15
2.3.2. Contexte pédologique	16
Chapitre 3 : MATERIELS ET METHODES	17
3.1. Equipements expérimentaux	17
3.1.1. La pluviométrie.....	17
3.1.2. Les paramètres d'état du sol.....	17
3.1.3. Les paramètres hydrodynamiques du sol.....	18
3.1.4. Le protocole expérimental	19
3.2. Méthodes	22
3.2.1. La variation du stock d'eau	22
Chapitre 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	23
4.1. Suivi de l'évolution temporelle des propriétés hydrauliques de surface du sol	23
4.1.1. Conductivité hydraulique à saturation	23
4.1.2. Discussion.....	24
4.2. Suivi des variables d'état et des composantes du bilan hydrique	24
4.2.1. Teneur en eau.....	24
4.2.2. Charge de pression.....	28
4.2.3. Variation du stock d'eau.....	29
4.2.4. Discussion.....	32
CONCLUSION-PERSPECTIVES.....	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35
ANNEXES.....	38
Annexe 1 : Relevés des mesures et courbe d'évolution temporelle de la capacité d'infiltration.....	39
Annexe 2 : Evolution temporelle de l'humidité volumique Hv	43
Annexe 3 : Disposition des parcelles sur le site selon les techniques culturales	45
Annexe 4 : Plan des tubes neutroniques de mesures	46
Annexe 5 : Courbes de stock d'eau des tubes neutroniques	47
Annexe 6 : Courbes d'étalonnage de 0-20cm,20-40cm,40-60cm et 60-280cm du tube 21.1	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des cumuls mensuels (mai, juin, juillet, aout et septembre) de précipitations en mm pour les années 2008-2013.....	14
Tableau 2 : Cumul des jours de pluie (mai, juin, juillet, aout et septembre) de 2008-2013.	14
Tableau 3 : Valeurs minimales et maximales de la conductivité hydraulique à saturation dans les différentes parcelles.	24
Tableau 4 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 2 du bloc 1	39
Tableau 5 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 11 du bloc 2 ...	40
Tableau 6 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 17 du bloc 3 ...	41
Tableau 7 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 24 du bloc 4 ...	42

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Localisation du dispositif sur Google Earth .	12
Photo 2 : Un pied de <i>Piliostigma reticulatum</i> pendant la saison sèche.	12
Photo 3 : Le pluviomètre à lecture directe installé sur le site expérimental	17
Photo 4 : La sonde à neutrons utilisée	18
Photo 5: Tubes neutroniques dans une parcelle.	18
Photo 6 : L'infiltromètre de Müntz	19
Photo 7: Un profil pédologique réalisé	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les principes fondamentaux de l'Agriculture de Conservation extrait de Département de l'Agriculture et de la protection des Consommateurs, FAO (2014).....	4
Figure 2 : Schéma du cycle de l'eau extrait du Cours Hydrogéologie et Ouvrages de Captage, Groupe EIER-ETSHER, Babacar DIENG, juillet 2005.	9
Figure 3 : Localisation géographique du site expérimental Crop-News de Kamboinsé.....	11
Figure 4: Données pluviométriques annuelles et moyenne inter-annuelle de 2001-2013	13
Figure 5 : Evolution des valeurs moyennes mensuelles de températures maximales et minimales de 2002-2013.	15
Figure 6: Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 21 du bloc 4.....	23
Figure 7: Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 6.1 du bloc 1 à différentes profondeurs	25
Figure 8 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 19.1 du bloc 4 à différentes profondeurs	25
Figure 9 : Profils hydriques secs et humide du tube 6.1	27
Figure 10: Profils hydriques secs et humide du tube 5.1	27
Figure 11 : Evolution temporelle de la charge de pression aux profondeurs 10, 30 et 60 cm dans la parcelle 19	28
Figure 12: Evolution temporelle de la charge de pression aux profondeurs de 30 et 90 cm dans la parcelle 15.....	28
Figure 13 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 6.1 (semis direct+mulch).....	29
Figure 14 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 24.1 (Zaï+mulch)	30
Figure 15 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 150cm de profondeur du tube 6.1 (semis direct+mulch).....	31
Figure 16 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 150cm de profondeur du tube 24.1 (zaï+mulch).....	31
Figure 17 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 2 du bloc 1	39
Figure 18 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 11 du bloc 2.....	40
Figure 19 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 17 du bloc 3	41

Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinsé en fonction du système et des pratiques culturales.

Figure 20 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 24 du bloc 4.....	42
Figure 21 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 17.2 à différentes profondeurs	43
Figure 22 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 21.1 à différentes profondeurs	43
Figure 23 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 21.1 à différentes profondeurs	44
Figure 24 : Disposition des parcelles sur le site expérimental selon les techniques culturales	45
Figure 25 : Plan des tubes neutroniques(en rouge) ou les mesures de sonde ont été effectuées	46
Figure 26 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 17.2 (semis direct+mulch).....	47
Figure 27 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 21.1 (semis direct+mulch).....	47
Figure 28 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 1.1 (Zaï+mulch).....	48
Figure 29 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 19.1 (Zaï+mulch).....	48
Figure 30 : Courbe d'étalonnage de 0-20cm du tube 21.1.....	49
Figure 31 : Courbe d'étalonnage de 20-40cm du tube 21.1.....	49
Figure 32 : Courbe d'étalonnage de 40-60cm du tube 21.1.....	50
Figure 33 : Courbe d'étalonnage de 60-280cm du tube 21.1.....	50

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso à l'instar de la plus part des pays sub-sahariens, possède l'agriculture comme activité principale. Cependant, depuis plusieurs années, on assiste à la dégradation continue de ses ressources naturelles, en particulier les sols. En effet, en raison de sa forte dépendance vis à vis des aléas climatiques, l'agriculture Burkinabè demeure très peu développée, avec de fortes fluctuations de la production d'une année à l'autre (elle est totalement dépendante des cultures pluviales). La principale conséquence qui en résulte est la persistance d'une insécurité alimentaire récurrente pour la population, dont les besoins céréaliers sont estimés à plus de 3.000.000 de tonnes à l'horizon 2015. Plusieurs études ont montré que cette agriculture ne pourra véritablement se développer sans une meilleure gestion de la ressource en eau et de nouvelles pratiques culturales. En effet, dans un contexte de climat semi-aride, l'intensification et la diversification de la production agricole ne sont possibles qu'avec de nouvelles approches.

Cependant, après diverses politiques et actions de maîtrise de l'eau comme la promotion de l'irrigation dans les systèmes de production agricole, les résultats à ce jour restent mitigés et l'Agriculture Burkinabè demeure toujours dépendante, à plus de 75%, des productions pluviales. C'est dans ce contexte, que de nouvelles techniques culturales ont été initiées comme l'agriculture de conservation qui est de plus en plus encouragée en tant qu'alternative à la lutte contre la dégradation des sols (Lahmar, et al., 2011). Elle consiste à développer des pratiques culturales visant à améliorer les performances agricoles des sols et à restaurer certains paramètres du sol.

Pour améliorer la fertilité des sols, les paysans ont développé des pratiques comme le zaï et le mulch en vue de restaurer et d'améliorer les propriétés caractéristiques physiques de ces sols. Malgré leur efficacité, ces pratiques restent limitées du fait de la faible disponibilité des ressources organiques (Lahmar, et al., 2011).

Une autre alternative moins connue et peu développée consiste à mettre en association des arbustes avec une culture. C'est cette expérience qui a été développée par le projet ABACO sur le site expérimental de Kamboinsé et notre étude s'intéresse à la dynamique de l'eau du sol entre le *Piliostigma reticulatum* et le sorgho. Cette association s'est faite à travers plusieurs techniques culturales comme le mulch et le zaï qui vont plus favoriser l'infiltration de l'eau.

L'objectif de base de cette étude sera de déterminer le stock d'eau du sol disponible à différentes profondeurs en relation avec les pratiques culturales comme le mulch, le zaï et la compétition entre le *Piliostigma* et le sorgho.

Plus spécifiquement cette étude cherchera à :

- (i) étudier les paramètres hydrodynamiques du sol notamment la capacité d'infiltration, la conductivité hydraulique à saturation et la conductivité hydraulique non saturée pour mieux comprendre les phénomènes d'infiltrabilité des sols ;
- (ii) évaluer les paramètres d'état du sol : l'humidité volumique et la charge de pression de l'eau du sol.
- (iii) déterminer l'évolution spatio-temporelle du stock d'eau disponible à différentes profondeurs.

Chapitre 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1.LA DEGRADATION DES SOLS ET L'INSECURITE ALIMENTAIRE

Il existe de nombreuses définitions de la dégradation des terres, mais la plupart ne fait essentiellement référence qu'à une perte de productivité de la terre. Cela implique que, pour mesurer la dégradation des terres, il ne suffit pas de cerner les changements constatés dans les conditions des terres, il convient également de vérifier un lien de cause à effet entre ses changements et une baisse de productivité des terres. La productivité dépend de nombreux facteurs autres que la qualité des terres (pluviosité, main-d'œuvre et technologies), tandis que les changements dans les terres n'apportent pas toujours une baisse de productivité. Du fait de la nature interdépendante de la terre et de sa productivité, il est nécessaire de fonder le concept de dégradation des terres sur des variables multiples et complémentaires qui mesurent les propriétés de la terre (ex : sol, eau et végétation) en même temps que les indicateurs de productivité (Mazzucato, et al., 2000). La dégradation des terres, d'un point de vue agronomique et écologique peut être donc considérée comme toutes les formes de changements physiques, chimiques et biologiques du sol affectant ses capacités à assurer une ou plusieurs de ses fonctions. Cette dégradation de la fertilité des terres menace par conséquent la sécurité alimentaire (Mazzucato, et al., 2000).

Au Burkina Faso comme dans de nombreux pays de l'Afrique subsaharienne, le souci de la sécurité alimentaire est une question permanente depuis de nombreuses années. En effet plus de 60% d'Africains dépendent de l'agriculture (Zerbo, 2011)

De nos jours, ce secteur fait face à d'énormes difficultés climatiques et de perte de la fertilité des sols. Au Burkina Faso, l'insuffisance et l'irrégularité des pluies, la baisse de la fertilité des sols ont pour corolaire une stagnation voire une baisse de la production agricole. Cela se traduit par une insécurité alimentaire chronique et la pauvreté croissante (Zerbo, 2011)

En Afrique sub-saharienne la dégradation des sols ajoutée à la faible fertilité naturelle des sols aggravent l'insécurité alimentaire et accroissent la vulnérabilité des populations et des ressources de base (Lahmar, et al., 2011)

1.2.L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

L'agriculture de conservation (AC) est de plus en plus encouragée en tant qu'alternative à la lutte contre la dégradation des sols (Lahmar, et al., 2011). L'agriculture de conservation (des sols) est définie par la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) comme une

agriculture reposant sur une forte réduction, voire une suppression du travail du sol, une couverture permanente des sols et des successions culturales diversifiées. (Schaller, 2013).

Lors de la conférence internationale tenue en octobre 2001 à Madrid (Espagne), le terme générique d'agriculture de Conservation (AC) avait été adopté pour homogénéiser et faciliter les échanges scientifiques sur ces techniques.

L'AC est donc un mode de production agricole basé sur la mise en œuvre de façon simultanée de trois principes fondamentaux (FAO, 2010) :

1. Le travail minimal du sol (allant jusqu'à absence totale de ce dernier, cas des systèmes de semis direct)
2. La couverture permanente du sol par un mulch végétal vivant ou mort (paille)
3. La diversification des espèces cultivées et les associations culturales.

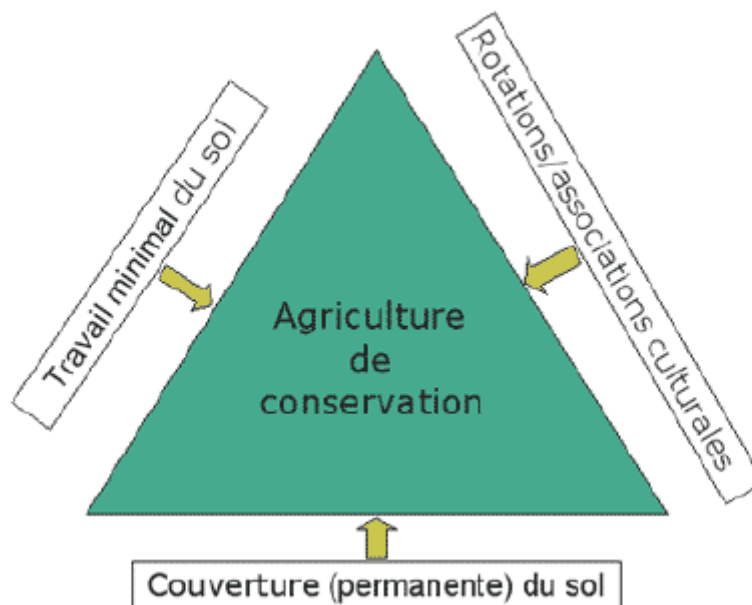


Figure 1 : Les principes fondamentaux de l'Agriculture de Conservation extrait de Département de l'Agriculture et de la protection des Consommateurs, FAO (2014)

L'AC émerge depuis quelques années comme une alternative pouvant permettre aux producteurs d'améliorer leur rendement agricole. Des travaux de recherche et de développement ont mis en évidence que l'AC peut générer plusieurs avantages lorsqu'elle est mise en œuvre avec réussite. Ces avantages sont aussi bien d'ordre agronomique (amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, augmentation de la teneur en matière organique des sols, et du niveau de fertilité), environnemental (réduction de l'érosion à l'échelle de la parcelle et du bassin versant, protection de la biodiversité) que socio-économique (maintien voire augmentation de la production,

diminution des charges en capital, mécanisation et travail, allègement de la pénibilité et des temps de travaux, moindre dépréciation des équipements etc.) (FAO, 2010).

Dans ce cadre, l'AC est présentée comme l'alternative pour la mise en place des systèmes agricoles plus durables et plus productifs. Selon Pandey, cité par FAO (2010), *« le monde n'a d'autre choix que d'intensifier la production agricole durable afin de satisfaire la demande croissante d'aliments pour les hommes et les animaux, réduire la pauvreté et protéger les ressources naturelles. L'agriculture de conservation est un volet essentiel de cette intensification »*.

1.3.LES PRATIQUES CULTURALES ET LEURS INSUFFISANCES : ZAÏ ET MULCH

Dans la majorité des sols des zones arides et semi-arides tropicales, la fertilité tient essentiellement sur la matière organique du sol (MOS) (Lahmar, et al., 2011). En effet la MOS joue un rôle fondamental dans la rétention, le stockage et la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs pour les cultures (Bationo, et al., 2005); (Manlay, et al., 2007). Les paysans ont alors développé des pratiques telles le zaï et le mulch.

1.3.1. Le Zaï

Le zaï signifie en mooré (langue Burkinabè) « se lever tôt et se hâter pour préparer sa terre » ou encore « casser et émietter la croûte du sol avant les semis » (Kaboré, 1994; Zougmonré, et al., 2003). C'est une technique traditionnelle réhabilitée au Yatenga (nord du Burkina Faso) entre 1982 et 1984, à la suite d'années de sécheresse. De nos jours très répandu dans la zone soudano-sahélienne, le zaï a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et d'études d'impact (Zougmonré, et al., 2003). C'est une technique de récupération des terrains encroûtés qui consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer. Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans (une poignée, soit environ 400 g/trou) sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis. Au Burkina il est pratiqué au Centre Nord et au Nord Est.

Les avantages du zaï sont principalement : la capture des eaux de ruissellement et de pluie, la préservation des semences et de la matière organique, la concentration de la fertilité et des eaux disponibles au début de la saison des pluies et partant, une augmentation de la production agricole. L'augmentation de la rugosité de la surface du sol permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capter au fond des cuvettes les débris organiques et les particules fines transportées en suspension et de protéger les jeunes plantules. Les travaux réalisés sur le zaï ont principalement

concerné l'impact de cette technique sur la production agricole, sur les caractéristiques physico-chimiques des sols dégradés et sur la révégétalisation.

Les résultats du suivi de l'humidité des sols collectés par Zougmore (1995) dans le Passoré, indiquent une humidité plus importante dans les poquets de zaï que dans les espaces inter-cuvettes. L'apport de matière organique dans les cuvettes entraîne un regain des activités biologiques du sol : croissance des plantules qui profitent de la minéralisation de la fumure organique apportée, perforation de la croûte par les termites, et partant, une amélioration de la structure du sol (Mando, 1997).

L'impact du zaï sur la production agricole a fait l'objet de nombreux travaux de recherche au Burkina Faso. Roose et al (1993) ont montré que le zaï permet d'accroître les rendements de grain de céréales: 0,2 t/ha/an sur la parcelle témoin contre 1 à 1,7 t/ha/an sur la parcelle aménagée en zaï. De plus, l'adjonction au compost d'engrais minéraux ou leur apport seul entraînent de meilleures productions. Pendant deux années d'expérimentation, Kaboré (1994) a aussi montré que l'apport d'engrais (azote, phosphore, potassium) dosé à 80 kg/ha ou son association au compost permet d'obtenir un rendement de 900 kg/ha de sorgho sur un *zipellé*¹ de type gravillonnaire contre 690 kg/ha avec le compost uniquement. Des résultats similaires sont obtenus par (Zougmore, et al., 2005).

1.3.2. Mulch ou paillage

La technique de paillage est très ancienne et très répandue dans la région sub-sahélienne. Elle consiste à couvrir le sol d'une couche de matière organique et de qualité variée. La paille contribue à l'amélioration de la structure du sol, à réduire l'évaporation et à augmenter l'infiltration (Ambouta, et al., 2009). Elle contribue aussi à améliorer la fertilité du sol quand le rapport Carbone /Azote du paillis est bas, et à immobiliser les éléments minéraux quand le rapport Carbone/Azote est élevé.

L'une des contraintes majeures pour l'utilisation du paillage dans les régions semi-arides est la forte compétition pour l'utilisation des résidus des végétaux. Ils sont utilisés pour la confection de toits de chaume ou d'objets artisanaux, pour l'alimentation du bétail (composante essentielle de l'économie des zones semi-arides) mais aussi, comme source d'énergie domestique. Dans un tel contexte, l'allocation de résidus pour la protection des sols est souvent difficile (Mando, et al., 1999). Dans les régions sub-humides les feux de brousse sont cause de la disparition de la paille et sont donc un facteur limitant l'utilisation du paillage. Une bonne gestion des feux de brousse et une bonne intégration de l'élevage à l'agriculture sont les conditions à remplir pour assurer le maintien de la technique du paillage dans la zone semi-aride.

Zipellé¹ : sol stérile en mooré (langue Burkinabè)

Cependant, malgré leur efficacité, la diffusion de ces deux pratiques reste limitée du fait de la faible disponibilité des ressources organiques : fumier, compost ou encore les résidus de cultures qui sont prioritairement destinés à l'élevage.

Il est devenu évident que l'agriculture de conservation doit être adaptées aux conditions locales que connaissent les paysans (Giller, et al., 2011).

1.4.L'INTEGRATION D'ARBUSTES NATIFS DANS LES PRATIQUES CULTURALES

L'intégration d'arbre dans les systèmes de cultures est une pratique agro-forestière. L'agroforesterie est un mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres dans des cultures ou des pâturages.

Une alternative moins connue et peu investiguée consiste en l'intégration d'arbustes natifs, particulièrement le *Piliostigma reticulatum*, dans le système de culture. Dans certaines localités, les paysans maintiennent l'arbuste du *Piliostigma reticulatum* dans les champs cultivés et les gèrent annuellement, de façon ingénieuse. Pendant la saison sèche les arbustes se développent en touffes multitiges, ils réduisent l'érosion éolienne, interceptent les particules minérales et les matières organiques déplacées par le vent et, piègent les poussières transportées par l'harmattan. Au début de la saison humide, ils sont coupés au ras du sol pour faire place aux cultures, les branches sont étalées en mulch sur le sol. La culture qui est généralement associée est une céréale par semis direct manuel au travers du mulch. À la récolte de la céréale, l'arbuste repart et ainsi de suite. Ce système ingénieux associant cultures annuelles et plantes pérennes dans lequel l'arbuste joue un rôle central de facilitation pour la culture peut conduire à l'amélioration de la fertilité du sol et de la production agricole, voire à l'intensification écologique des systèmes de cultures actuels. (Lahmar, et al., 2011).

Les flux d'eau du sol dans les cultures associées aux arbustes natifs et les cultures simples, ont été quantifiés à partir de l'humidité du sol, de la microlysimétrie du sol et des mesures atmosphériques.

Les arbustes natifs interceptent les pertes dues au drainage au-delà de la profondeur d'enracinement efficace des cultures annuelles, on observe à cet effet des drainages plus bas de 25-50 % par rapport aux cultures sans une association d'arbustes.

Les arbustes confèrent un impact positif sur le régime d'humidité du champ en cultures intercalaires avec celles annuelles en améliorant la recharge pendant la saison des pluies. (Kizito, et al., 2007).

1.5.LE PROJET ABACO

L'approche de l'initiative ABACO (Agroecology-based aggradation-conservation agriculture) est de promouvoir les pratiques traditionnellement mise en œuvre dans la réhabilitation des sols dégradés, la conservation de l'eau dans le sol, les technologies de récupération de l'eau du sol pour les plantes.

Dans le souci d'une meilleure compréhension de la dynamique de l'eau dans le sol liée au processus d'intégration d'arbustes natifs dans le système de cultures, le dispositif expérimental Crop-News localisés sur le site 2iE à Kamboinsé (15 km de la ville de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso) a été créé par Rabah Lahmar (Cirad, 2iE) dans le cadre du projet-ABACO. Ce dispositif expérimental consiste en l'intégration du *Piliostigma reticulatum* dans le système de culture du sorgho blanc. Les pratiques culturales effectuées sur ce site sont le zaï et le semis direct.

1.6.CARACTERISATION DE LA ZONE NON SATUREE DANS LE DISPOSITIF CROP-NEWS

Une estimation précise du stock d'eau du site expérimental implique donc une prise en compte de la zone non-saturée (ZNS) (Dieng, et al., 1995). La ZNS correspond à la zone au droit d'un site dans laquelle l'eau n'occupe pas complètement la porosité du sol et des roches (Alaoui, 2007). Elle présente deux aspects majeurs vis-à-vis des transferts:

- le stockage d'eau et de substances dissoutes, dont la disponibilité détermine la production agricole;
- et le drainage en profondeur de la fraction mobile de l'eau conditionnant la réalimentation des nappes. (Alaoui, 2007).

Ce stock d'eau est l'un des termes du bilan hydrique le plus difficile à estimer (Simmers, 1989; Christe et al., 1990 ; Milville, 1990) compte tenu de sa très grande variabilité spatio-temporelle.

1.7.LE CYCLE DE L'EAU ET LE BILAN HYDRIQUE

Le cycle de l'eau décrit les parcours et transformations subis par l'eau à partir d'un point de départ qui est souvent pris comme la pluie (P) qui tombe à la surface d'un domaine (D) pendant un intervalle de temps (Δt) (Dieng, 2005).

De par le rôle déterminant de l'eau dans le développement de la végétation (fonctions métaboliques et régulation thermique), le cycle de l'eau représente l'aspect fondamental du système sol-plante-

atmosphère. Analyser le cycle de l'eau revient à déterminer les termes du bilan hydrique impliqués dans les échanges entre les divers composants du système et de leurs interactions (Alaoui, 2007). La détermination des termes du bilan hydrique est régie par le principe de conservation de la matière. La part d'eau stockée dans le sol et disponible pour les plantes durant une période donnée, est déterminée par une simple soustraction entre les apports et les pertes en eau durant cette même période. Le bilan hydrique doit être déterminé dans une échelle de temps et d'espace donnée. (Alaoui, 2007).

Dans un domaine D et au cours d'une période de temps Δt si on note :

- ✓ P : la hauteur moyenne de la pluie tombée,
- ✓ R : la lame d'eau écoulee à l'exutoire du domaine D,
- ✓ ΔS : la variation du stock d'eau dans le sol pendant la période considérée,
- ✓ E : l'évapotranspiration réelle,
- ✓ I : la lame d'eau infiltrée

On peut écrire l'équation suivante :

$P = E + \Delta S + R + I$ qui est l'équation du bilan du cycle de l'eau.

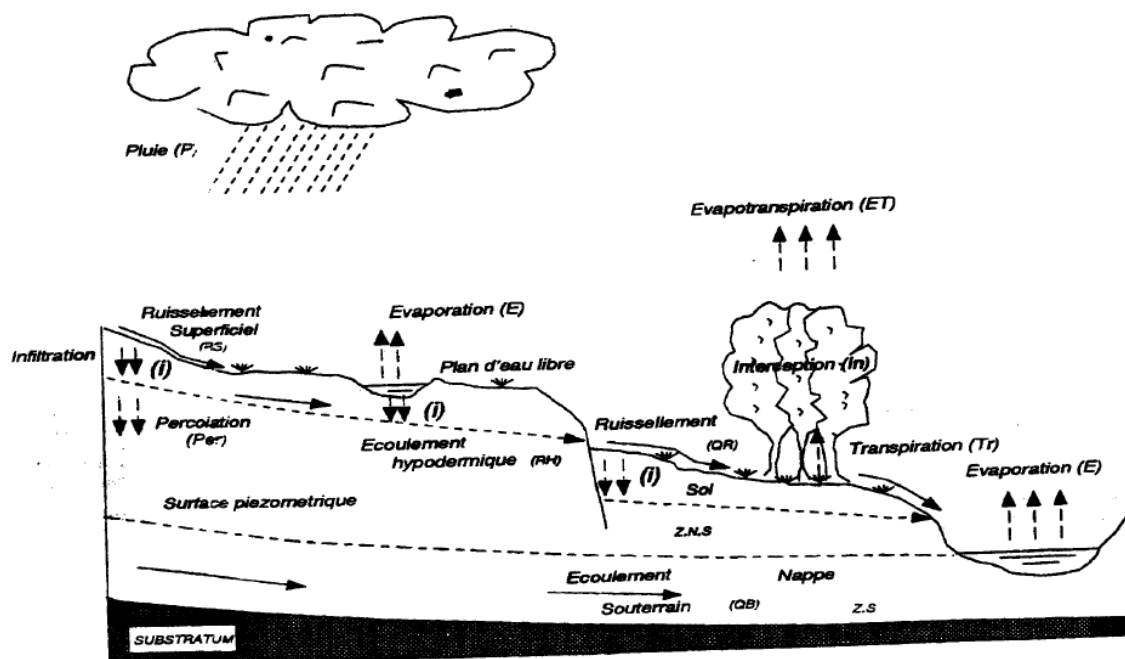


Figure 2 : Schéma du cycle de l'eau extrait du Cours Hydrogéologie et Ouvrages de Captage, Groupe EIER-ETSHER, Babacar DIENG, juillet 2005.

1.8.LES PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DU SOL

La prédiction des propriétés hydrauliques (propriétés de rétention en eau et conductivité hydraulique) des sols a fortement mobilisé la communauté des physiciens du sol ces dernières

décennies. La raison en est simple : la connaissance de ces propriétés est nécessaire à l'appréciation des potentialités d'un sol à supporter telle ou telle culture. De très nombreux travaux ont par conséquent été conduits dans ce domaine (Bruand, 2002). On doit cependant reconnaître qu'il reste beaucoup à faire tant la « demande » se fait de plus en plus exigeante. S'il ne s'agissait dans les années 70 que d'estimer la « réserve utile » d'un sol, c'est l'ensemble de la courbe représentant la quantité d'eau présente dans un sol en fonction de l'énergie avec laquelle elle est retenue par ce sol ainsi que la courbe représentant la conductivité hydraulique en fonction de la teneur en eau, qu'il est nécessaire aujourd'hui de connaître. Ainsi, il ne s'agit plus seulement d'apprécier globalement l'aptitude d'un sol à mettre en réserve de l'eau. L'enjeu, c'est la connaissance fine des transferts couplés d'eau et de solutés vers la plante mais aussi vers les eaux superficielles et souterraines (Bruand, 2002).

Chapitre 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Le dispositif expérimental LTE Crop-News est localisé sur le site 2iE à Kamboinsé, à environ 15 km de la ville de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, sur l'axe Ouagadougou-Kongoussi.

Il est repérable par les coordonnées suivantes :

X(utm)	Y(utm)	Z(m)
659569,673	1378666,839	298,966
659470,372	1378655,015	300,121

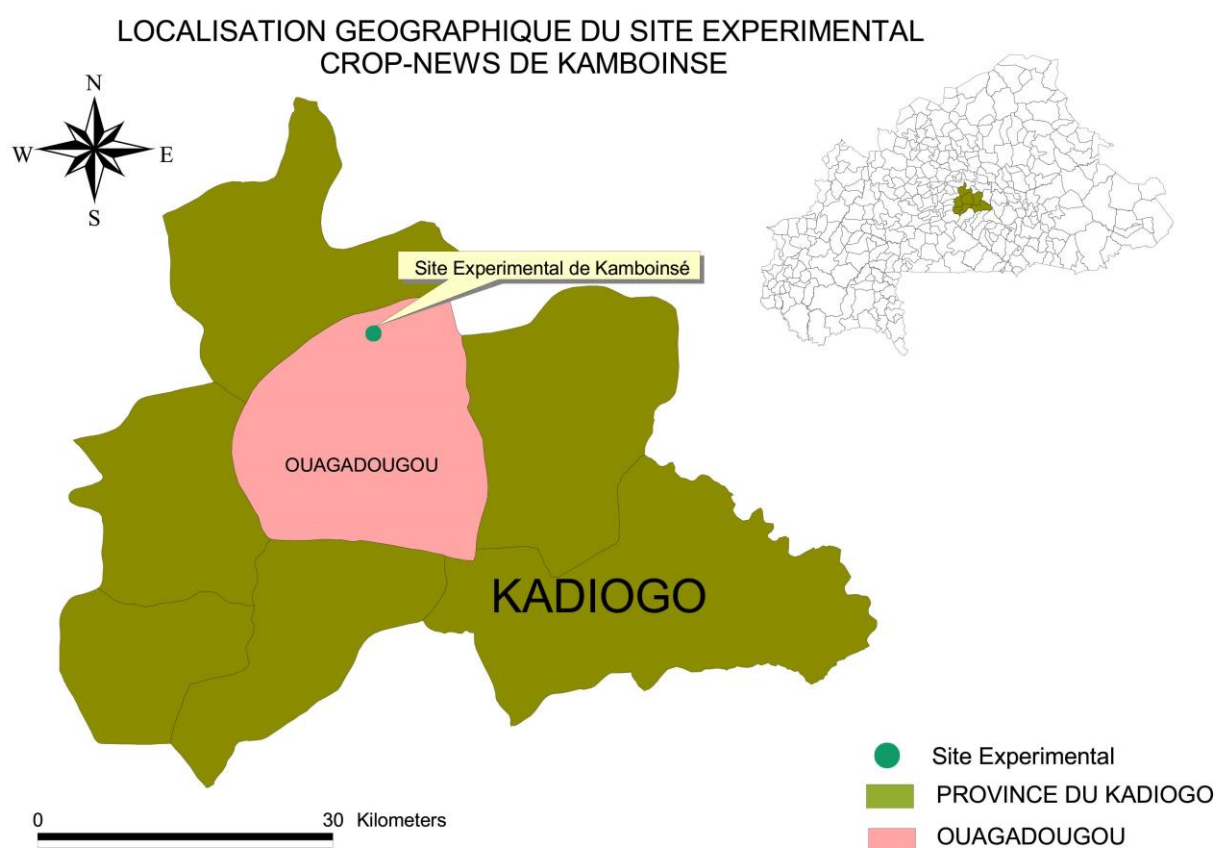


Figure 3 : Localisation géographique du site expérimental Crop-News de Kamboinsé

Présentation du dispositif

Le dispositif est constitué de vingt-six (26) parcelles constituées en quatre(4) blocs .Chaque parcelle possède les dimensions de 20m*13,60m.



Photo 1 : Localisation du dispositif sur Google Earth .

Le zaï+mulch et le semis direct+mulch sont les techniques culturales pratiquées dans les parcelles.

Densité des arbustes de Piliostigma reticulatum

Les arbustes de *Piliostigma reticulatum* sont plantés au niveau des parcelles avec des densités variables. Cette disposition est respectivement de 488 arbustes /ha (la plus faible), 976 arbustes/ha (la médiane) et de 1953 arbustes/ha (la plus élevée).



Photo 2 : Un pied de *Piliostigma reticulatum* pendant la saison sèche.

2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE

Notre site expérimental se trouve dans un climat soudano-sahélien. On observe une seule saison de pluies se situant entre mai et septembre et le mois d'août est le plus pluvieux.

Les températures sont élevées entre mars et avril et moins élevées entre décembre et janvier.

2.2.1. Pluviométrie

Les données pluviométriques ont été recensées auprès de la station météorologique de l'INERA située à Kamboinsé à environ deux (2) kilomètres de notre zone d'étude et concernent la période allant de 2001 à 2013 soit treize (13) années.

Nous disposons également d'un pluviomètre sur le site qui nous a permis de collecter des données de pluviométrie de la campagne 2013.

Les cumuls annuels de pluie sur la période 2001-2013 présentent une forte variabilité inter-annuelle avec une moyenne de 776.9 mm et un écart-type de 111.5mm .Les valeurs minimales et maximales observées sont de 626.2 mm (année 2013) et 928.2 mm (année 2003).

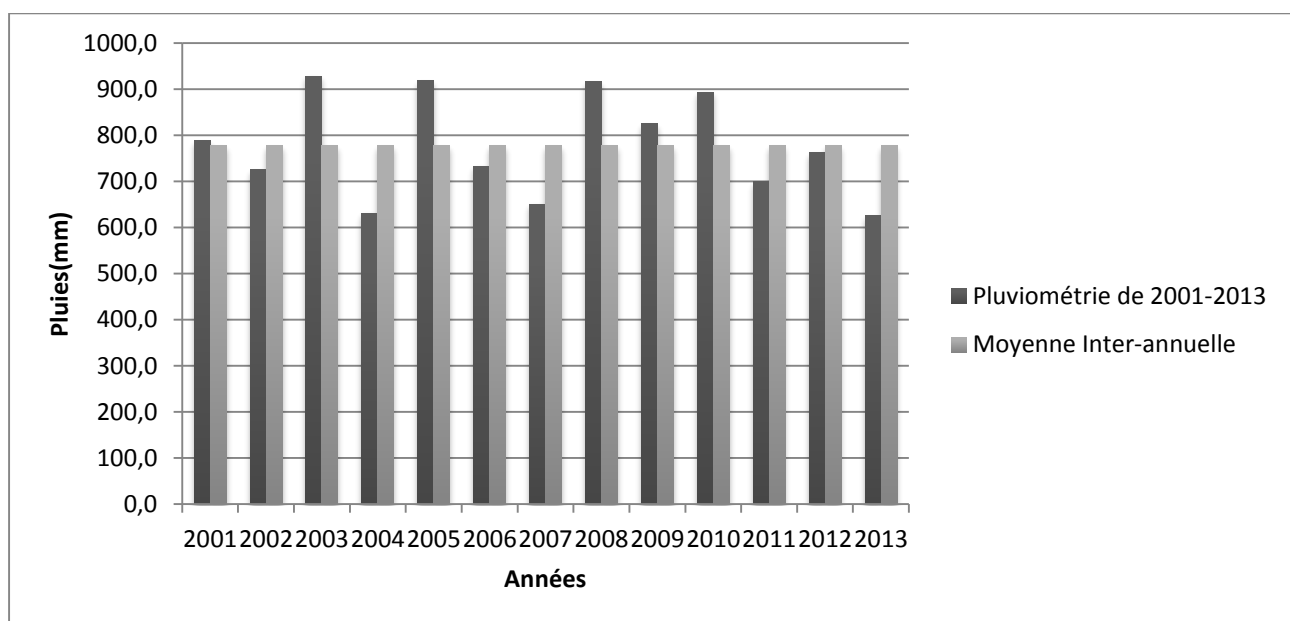


Figure 4: Données pluviométriques annuelles et moyenne inter-annuelle de 2001-2013 .

L'examen de cette figure montre plusieurs périodes :

- Un chevauchement de période humide et sèche de 2001 à 2006
- Une période sèche en 2007
- Une série de période humide de 2008 à 2010
- Une série de période sèche de 2011 à 2013.

Années	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Total
2008	56,9	149,5	319,0	230,1	138,7	894,2
2009	63,9	101,7	176,4	250,9	203,2	796,1
2010	86,1	152,8	152,8	260,9	116,5	769,1
2011	84,5	166,0	163,7	184,8	78,0	677,0
2012	51,2	60,5	252,7	253,5	122,7	740,6
2013	77,6	46,6	153,4	212,0	87,6	577,2
Moyenne de 2001-2013	64,4	105,2	198,6	240,4	119,7	728,3

Tableau 1 : Comparaison des cumuls mensuels (mai, juin, juillet, aout et septembre) de précipitations en mm pour les années 2008-2013

Années	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Total
2008	5	10	11	19	10	55
2009	4	6	14	13	11	48
2010	6	10	14	12	12	54
2011	9	9	10	17	7	52
2012	3	6	15	13	10	47
2013	3	5	11	13	6	38

Tableau 2 : Cumul des jours de pluie (mai, juin, juillet, aout et septembre) de 2008-2013.

Les années 2008 à 2010 ont présenté une bonne pluviométrie, contrairement aux années 2011 à 2013 marquées par un déficit (Tableau 1).

Sur les cinq mois d'observation, 55 événements pluvieux ont été enregistrés en 2008, 48 en 2009 et 54 en 2010 contre 52 en 2011, 47 en 2012 et 38 en 2013 (Tableau 2). Il apparaît que les années 2008 à 2010 furent particulièrement pluvieuses (pluviométrie totale nettement supérieure à la moyenne de 776,9 mm), alors que les années 2011 à 2013 furent des années sèches caractérisées par une pluviométrie nettement inférieure à la moyenne.

2.2.2. Températures

Les valeurs moyennes mensuelles des températures minimale et maximale présentées sur la figure 7 correspondent à la période d'observation 2000-2013. Les deux extrema suivent la même évolution saisonnière avec des valeurs faibles en début d'année qui augmentent pour atteindre des valeurs élevées aux mois de mars-avril. Durant ces mois, on enregistre des températures maximales de 40°C et minimales de 27°C. Au cours de la saison hivernale (mois d'août), les températures chutent pour atteindre des valeurs maximales de 32°C. Elles remontent en octobre pour baisser de nouveau en décembre avec l'arrivée de l'harmattan. Les températures moyennes maximales et minimales sur toute l'année s'élèvent à 37°C et à 22°C, respectivement.

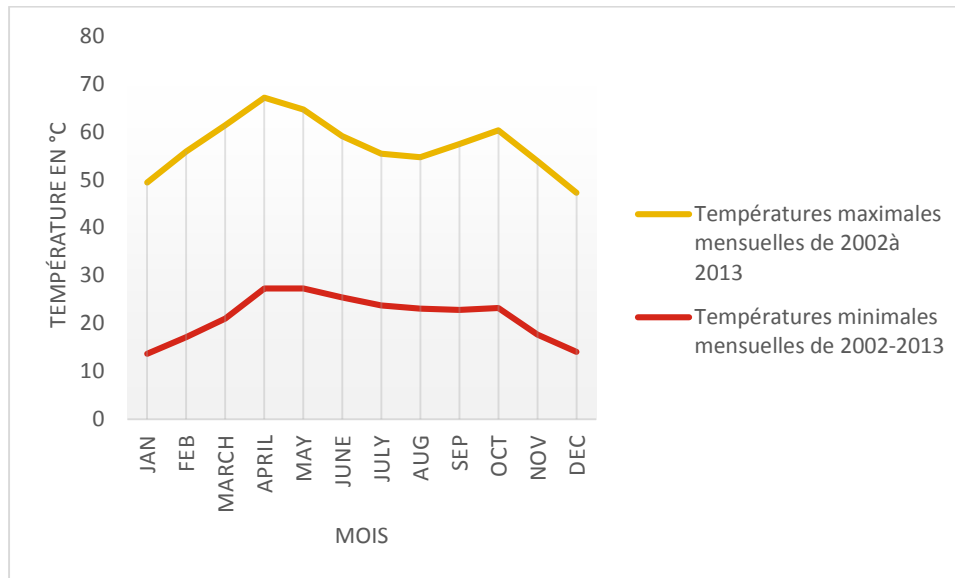


Figure 5 : Evolution des valeurs moyennes mensuelles de températures maximales et minimales de 2002-2013.

2.2.3. Vents

Nous avons recueillis les données de la station météorologique de 2iE sis à environ un kilomètre de notre site et elles vont de novembre 2010 à février 2014.

En début d'année (janvier et février), les moyennes journalières sont de 1.8 m/s ; elles augmentent et atteignent en juin une valeur maximale de 2.3 m/s. Cette période correspond au début de la saison des pluies avec de forts vents soufflant en rafales. Ces vents violents peuvent atteindre et dépasser des vitesses de 70 km/h pendant 15 à 20 minutes (Courel, 1984). Les valeurs mensuelles chutent durant la saison pluvieuse pour atteindre leur minimum en octobre (1.3m/s). Elles réaugmentent légèrement par la suite au cours des mois de novembre (1,5 m/s) et décembre (1.6m/s)

2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

2.3.1. Contexte Géologique

Le socle rocheux du plateau mossi dont fait partie la zone de Kamboinsé comprend des roches métamorphiques issues du Birrimien et des roches cristallines du pré-Cambrien moyen et pré-Cambrien. (Ducellier, 1957).

Les sédiments anciens du Birrimien ont été transformés en roches basiques riches en argiles, limons et fer et se présentent sous forme de d'andésite, de gabbro, de dolérite et de basalte.

Les affleurements de roches cristallines sont rares. Ils sont souvent recouverts par des boucliers fossiles qui sont moins épais que ceux qui recouvrent les roches métamorphiques.

Les produits de désagrégation de ces roches constituent en des éléments fins sableux.

2.3.2. Contexte pédologique

Les sols de la région de Kamboinse sont classés comme des sols ferrugineux tropicaux lessivés reposant sur du matériau sableux plus profond ; des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley hérités en association avec des lithosols sur cuirasse ferrugineuse (Kaloga, 1968).

L'association est constituée de matériaux résiduels anciens qui forment la base des sols ferrugineux tropicaux. Ils peuvent être recouverts par endroits d'une couche sableuse d'épaisseur variable de 0 à 40cm.

Les sols présentent une texture à dominance sablo-argileuse en surface et argileuse en profondeur. La profondeur de la zone d'enracinement est très variable et peut être limitée par l'horizon induré (carapace ou cuirasse ferrugineuse). (Boulet, 1976).

Chapitre 3 : MATERIELS ET METHODES

3.1. EQUIPEMENTS EXPERIMENTAUX

Le site expérimental a été équipé d'instruments permettant la mesure de la pluviométrie, les variations de l'humidité et de la charge de pression de l'eau dans le sol.

3.1.1. La pluviométrie

Un pluviomètre à lecture directe est installé sur le site. Il a permis de collecter des données pluviométriques de l'année 2013.



Photo 3 : Le pluviomètre à lecture directe installé sur le site expérimental

3.1.2. Les paramètres d'état du sol

Mesure de l'humidité du sol

L'évolution temporelle de l'humidité du sol a été suivie à l'aide d'un humidimètre neutronique ou sonde à neutrons de marque CPN. Le site comporte 58 tubes neutroniques implantés verticalement jusqu'à la profondeur de 300 cm. Les mesures se font tous les 20 cm, jusqu'à 280 cm

Les mesures d'humidité ont été effectuées deux (2) fois par semaine en saison des pluies comme en en saison sèche.



Photo 4 : La sonde à neutrons utilisée



Photo 5: Tubes neutroniques dans une parcelle

Mesure de la charge de pression d'eau du sol

Ces mesures ont été réalisées au moyen de tensiomètres installés sur dix (10) parcelles du site expérimental à différentes profondeurs (10 ; 30 ; 60 et 90 cm). Les mesures de la charge de pression de l'eau du sol ont été effectuées pendant la saison des pluies entre le 25 juin et le 10 octobre 2013.

3.1.3. Les paramètres hydrodynamiques du sol

La capacité d'infiltration et la conductivité hydraulique à saturation

La capacité d'infiltration et la conductivité hydraulique à saturation de la surface du sol ont été déterminées avec la méthode du double anneau (infiltromètre de Müntz) composée de 2 cylindres dont le cylindre intérieur a un diamètre de 25 cm et le cylindre externe 33 cm. La mesure consiste à imposer une charge constante de 3 cm à la surface du sol jusqu'au régime semi permanent. Deux (2) essais ont été effectués sur les différents sites de mesure en vue de minimiser les erreurs dues à la variabilité spatiale.



Photo 6 : L'infiltromètre de Müntz

3.1.4. Le protocole expérimental

Le protocole de mesure est centré sur trois grands axes:

- une caractérisation des propriétés physiques des sols;
- un suivi de l'évolution temporelle des propriétés hydrodynamiques ou hydrauliques de surface;
- des mesures systématiques de certaines variables d'état (teneur en eau et charge de pression) et des différentes composantes du bilan hydrique.

Caractérisation des propriétés physiques des sols

Ces caractérisations concernent la description des profils pédologiques, la densité apparente sèche et l'humidité pondérale. Elles ont été effectuées à proximité immédiate des sites de façon à ne pas perturber les mesures systématiques. En tout sept (7) profils, c'est-à-dire des fosses de 1.6 m de profondeurs, ont été réalisés sur le site.



Photo 7: Un profil pédologique réalisé

La description des profils pédologiques a été réalisée par examen visuel; elle est complétée par des prélèvements d'échantillons de sol envoyés au laboratoire pour des diverses analyses.

La densité apparente et l'humidité pondérale ont été déterminées sur des échantillons non remaniés prélevés au moyen de cylindres de 100 cm³ de volume. Les échantillons ont été pesés avant et après passage à l'étuve à la température de 105°C pendant 24 heures. Les prélèvements ont été effectués tous les 20 cm jusqu'à 1.60m. Ce qui nous a permis d'exprimer :

$$da = \frac{Ms}{V}$$

$$Hp = \frac{(Mh - Ms)}{Ms} \text{ et } \Theta (\%) = Hp * da$$

da : Densité apparente

Mh : masse humide avant passage à l'étuve.

Ms : masse sèche après passage à l'étuve.

V : volume du cylindre de 100cm³.

Hp : Humidité pondérale

Θ : Teneur en eau

Suivi de l'évolution temporelle des propriétés hydrodynamiques ou hydrauliques de surface

L'évolution de certaines propriétés de surface des sols a été suivie par des essais réalisés durant les saisons sèche et humide. Les paramètres suivis étaient la capacité d'infiltration, la conductivité hydraulique à saturation et la conductivité hydraulique non saturée.

✓ ***Détermination de la capacité d'infiltration et de la conductivité hydraulique à saturation***

La capacité d'infiltration et la conductivité hydraulique à saturation de la surface du sol ont été déterminées avec la méthode du double anneau (infiltromètre de Müntz). Avant la mesure, trois échantillons de sol ont été prélevés et la teneur en eau moyenne a été retenue pour caractériser la valeur initiale. Pendant l'essai, une charge constante de 3 cm a été maintenue à la surface du sol jusqu'à ce que le régime permanent soit atteint. Chaque site de mesure (parcelle) a fait l'objet d'une répétition.

3.2. METHODES

3.2.1. La variation du stock d'eau

La détermination de la variation du stock d'eau découle du processus suivant :

Etalonnage de la sonde

Les prélèvements d'échantillons dans les profils et les mesures des tubes neutroniques nous ont permis de faire l'étalonnage de la sonde.

- ✓ Calcul du ratio N/N_s

A l'aide de la sonde, nous disposons des mesures N tous les 20cm au niveau des tubes neutroniques et aussi de la mesure standard N_s pour chaque jour de mesure.

N : nombre de neutrons ralentis thermalisés appelé aussi comptage absolue

N_s : comptage de référence

Le ratio N/N_s entre dans la logique de l'étalonnage de la sonde.

- ✓ La droite ou courbe d'étalonnage

Nous tracerons donc la droite d'équation $\Theta = f(N/N_s)$ grâce à Excel .

En rappel, Θ est la teneur en eau obtenue grâce aux échantillons prélevés au niveau des sept (7) profils.

Détermination des coefficients a et b

En ajoutant une courbe de tendance linéaire, nous obtenons les coefficients directeurs de la droite d'étalonnage.

Détermination de l'humidité volumique H_v

Les coefficients a et b nous a permis de déterminer l'humidité volumique au niveau de chaque tube neutronique. On a donc :

$$H_v(\%) = a * (N/N_s) + b$$

Calcul du stock d'eau du sol

Le stock d'eau S du sol à un instant donné peut être estimé à partir du profil hydrique $H_v(z)$, H_v caractérisant l'humidité volumique et z la profondeur. Entre deux profondeurs z_1 et z_2 , il est défini par:

$$S = \int_{z_1}^{z_2} H_v(z) dz \text{ (Hillel, 1974)}$$

S , z en mm et H_v adimensionnel.

La variation de stock d'eau entre deux (2) jours j et $j-1$:

$$\Delta S = S_j - S_{j-1}$$

Chapitre 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. SUIVI DE L'EVOLUTION TEMPORELLE DES PROPRIETES HYDRAULIQUES DE SURFACE DU SOL

4.1.1. Conductivité hydraulique à saturation

La méthode de l'infiltromètre de Müntz a été utilisée pour déterminer la conductivité hydraulique à saturation de la surface du sol. L'appareil est constitué de deux cylindres concentriques qui sont introduits dans le sol sur quelques centimètres de profondeur. Dans le cas particulier, le cylindre intérieur avait un diamètre de 25 cm et le cylindre externe 33 cm. Les essais ont été réalisés en imposant une charge constante (3 cm) dans le cylindre central. La présence du cylindre externe permet de limiter la diffusion latérale de l'eau. Le processus d'infiltration débute généralement par une décroissance rapide puis diminue plus lentement pour aboutir à un régime stable, caractérisé par une valeur de la capacité d'infiltration (Fig. 6) proche de la conductivité hydraulique à saturation.

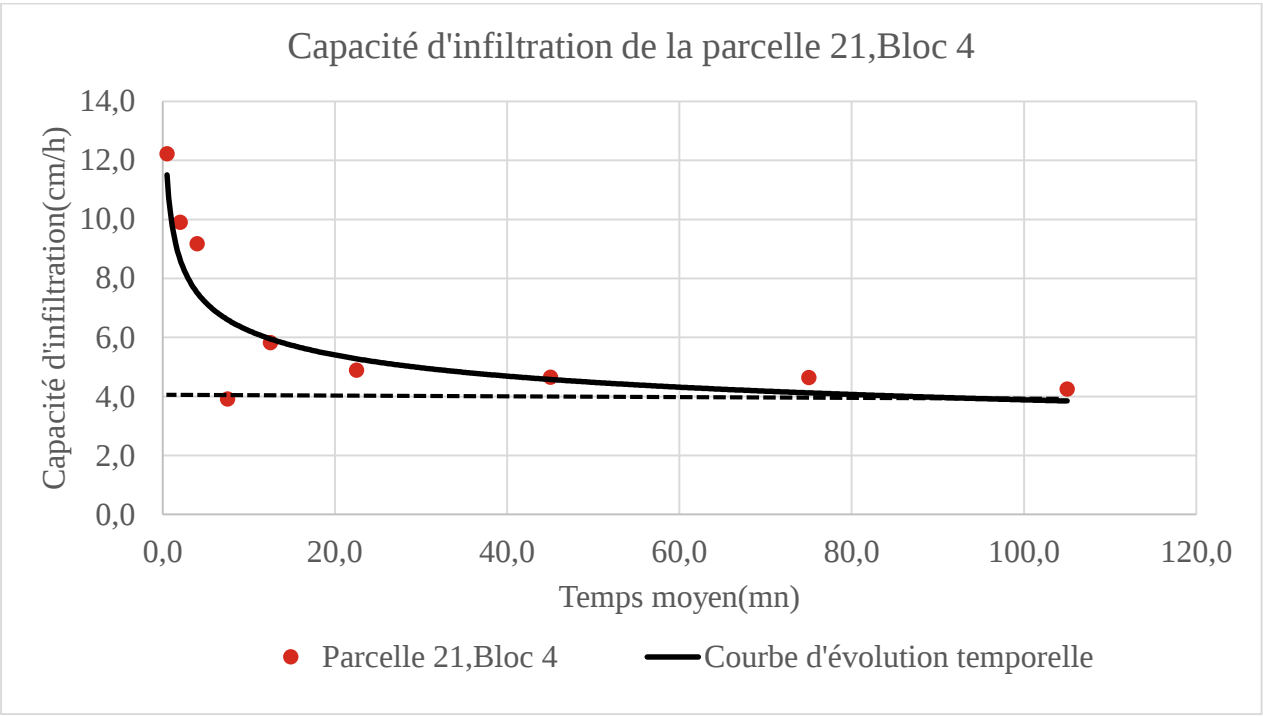


Figure 6: Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 21 du bloc 4

Au total 24 essais ont été effectués de mai à juin. Les valeurs correspondantes sont données au Tableau 3.

BLOC 1						
N° Parcelle	1	2	3	4	5	6
Ks(mm/h)	4.4-4.9	5.0-5.3	11.1-11.3	6.7-7.0	8.1-8.3	10.5-11
BLOC 2						
N° Parcelle	7	8	9	12	11	10
Ks(mm/h)	4.1-4.3	2.4-2.9	0.8-1.1	3.5-3.8	4.4-4.5	5.2-5.7

BLOC 3						
N° Parcelle	16	17	18	13	14	15
Ks(mm/h)	7.7-8.0	5.5-5.9	2.5-2.6	5.7-5.8	2.2-2.4	14.1-14.3
BLOC 4						
N° Parcelle	24	23	22	19	20	21
Ks(mm/h)	3.2-3.5	3.7-3.8	1.7-1.8	4.4-4.6	3.8-3.9	4.2-4.3

Tableau 3 : Valeurs minimales et maximales de la conductivité hydraulique à saturation dans les différentes parcelles.

La plus faible conductivité est relevée dans la parcelle 9 du bloc 2 et la plus grande dans la parcelle 15 du bloc 3.

Les valeurs de conductivité hydraulique à saturation au niveau des blocs ne s'éloignent pas tellement les unes des autres, cela s'explique par le fait qu'on a quasiment le même sol dans tout le site. L'analyse visuelle nous a permis de caractériser les différents profils par :

0-40cm de profondeur, la terre arable (sol meuble) et de
40-160cm, la cuirasse latéritique.

4.1.2. Discussion

Malheureusement nous n'avons pas pu effectuer de mesures pendant la saison sèche ; on aurait pu faire une comparaison de l'évolution de cette conductivité hydraulique à saturation selon les saisons.

Aussi nous n'avons pas pu effectuer des essais (essai de TRIMS) pour évaluer la conductivité hydraulique non saturée dans les différentes parcelles.

En effet des essais de TRIMS à 1m50 dans les sept (7) profils et à différentes charges de pression auraient été un moyen pour estimer le drainage interne qui alimenterait la nappe.

4.2. SUIVI DES VARIABLES D'ETAT ET DES COMPOSANTES DU BILAN HYDRIQUE

4.2.1. Teneur en eau

Les figures 7 et 8 représentent l'évolution temporelle de la teneur en eau des tubes 6.1 et 19.1 aux profondeurs de 20cm, 40cm, 1m et 2m80.

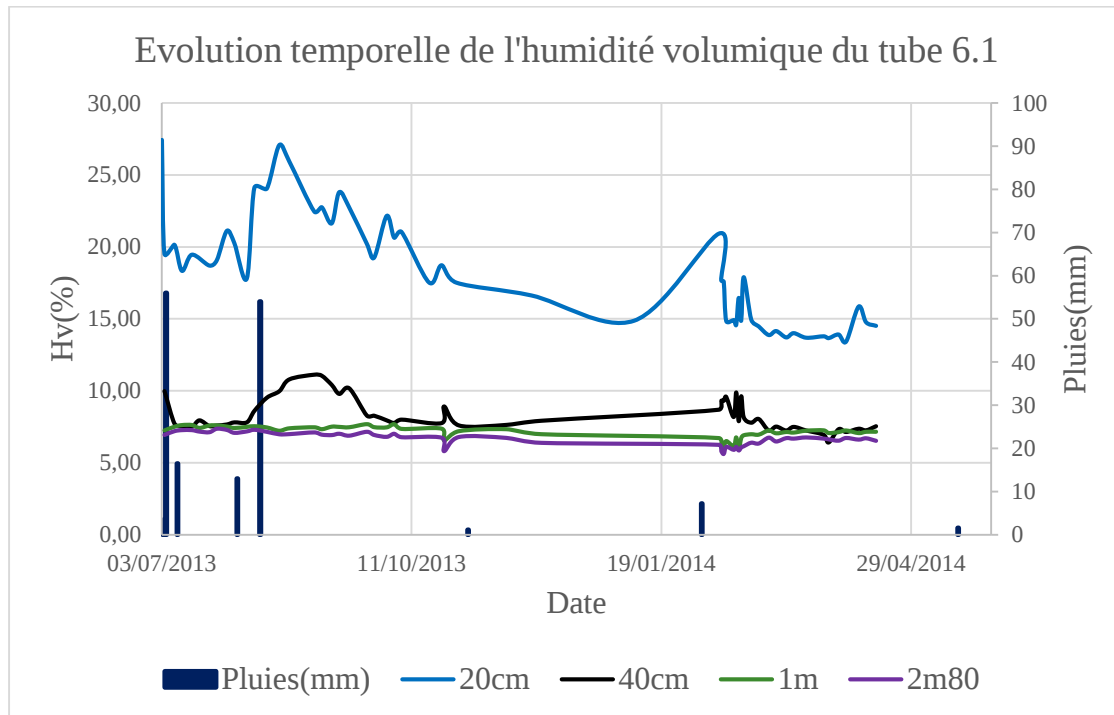


Figure 7: Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 6.1 du bloc 1 à différentes profondeurs

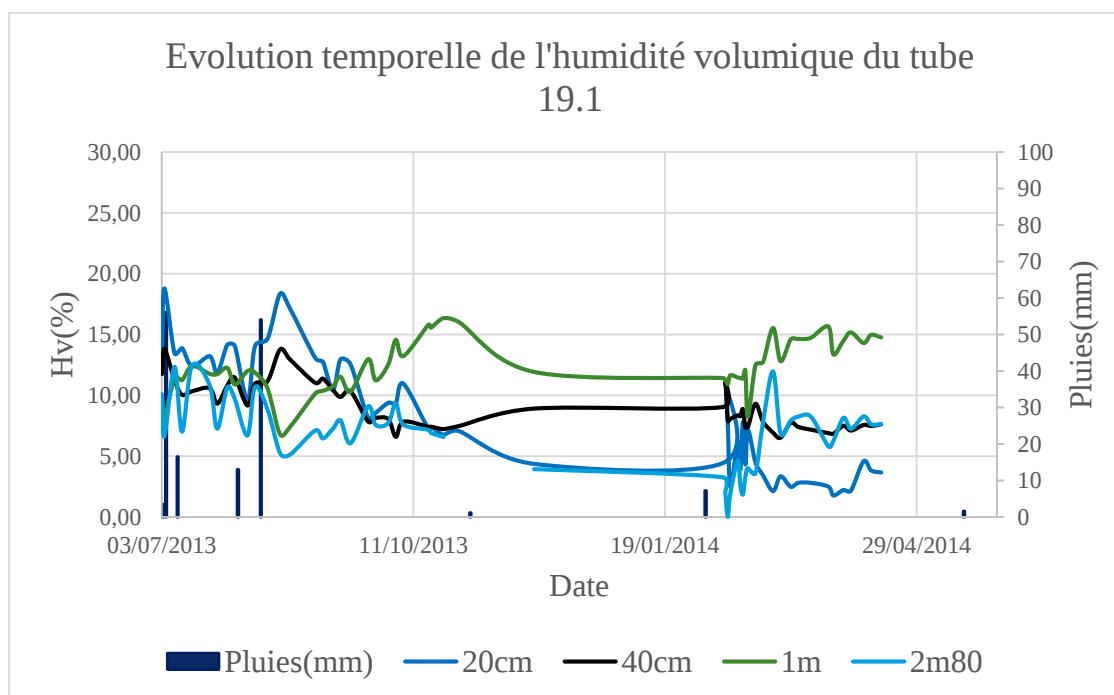


Figure 8 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 19.1 du bloc 4 à différentes profondeurs

Première approche

Une analyse nous permet de constater que les variations d'humidité sont importantes en surface (dans les premiers 40cm), ce qui est en conformité avec les valeurs de conductivités hydrauliques à

saturation obtenues lors de nos essais qui témoignent des sols favorables à l'infiltration. Plus on va en profondeur, plus l'humidité diminue tout en conservant des valeurs quasiment constantes. Ceci nous laisse penser que les précipitations n'ont pas tellement d'influence au-delà des 40 premiers cm car après cette profondeur, nous ne pouvons observer que de la croute latéritique.

Les figures 7 et 8 montrent également des valeurs d'humidité assez importantes en saison des pluies et une décroissance très rapide pour atteindre les valeurs résiduelles en saison sèche. Ceci est dû à une très forte évaporation qui va reprendre dès les 2 voire 3 premiers jours après un événement pluvieux le stock hydrique qui était disponible.

Les valeurs d'humidité diminuent avec la profondeur, cependant ces valeurs sont assez considérables (pouvant atteindre 15%) ; la présence du *Piliostigma reticulatum* en serait l'explication. En effet le *Piliostigma reticulatum* par ses racines qui vont en profondeur, pourrait retenir l'eau qui s'infiltré dès les premières pluies ou disposer de l'eau souterraine par une remontée capillaire. Mais dans notre cas, les racines du *Piliostigma reticulatum* (environ 2m de long de racines) ne sont pas encore développées pour aller jusqu'à la nappe et permettre une remontée capillaire depuis la nappe (20-30m environs).

Malgré un comportement assez satisfaisant de l'ensemble des parcelles, nous remarquons que :

- Sur certaines parcelles (parcelles 2, 9, 23 et 24), des variations saisonnières de teneur en eau qui restent très importantes à la profondeur de 280 cm, plus qu'à 20 cm ; ce qui nous fait émettre de probables processus de remontée de nappe en saison pluvieuse.
- des valeurs de teneur en eau à la profondeur 20 cm sur certaines parcelles (parcelles 3,5, 7,8, 11 et 21) restent inférieures aux valeurs de teneur en eau à la profondeur 280 cm en toute saison ; il peut s'agir d'une couche d'argile à la profondeur 280 cm.

Mais de façon générale, nous pouvons affirmer que les variations de l'humidité du sol se manifestent essentiellement dans les horizons supérieurs (40 premiers centimètres). En dessous de 40 cm, l'humidité reste pratiquement constante à un très faible niveau, inférieur à 1cm³/cm³ environs. Ceci laisse à penser que les précipitations n'ont quasiment pas d'effets au-delà de cette profondeur et que le drainage en dessous de 40 cm est négligeable. Ces résultats ont été constatés par (Niang, 2006) en milieu sahélien burkinabè.

Deuxième approche

En ce qui concerne l'évolution de l'humidité selon les pratiques culturales, nous pouvons constater que l'humidité après 60cm de profondeur dans les parcelles où le zāi+mulch est pratiqué est plus importantes par rapport à celles des parcelles de semis direct+mulch.

Pour illustrer d'avantage l'évolution de la teneur en eau du sol, nous avons représenté sur les figures 9 et 10, des profils hydriques (secs et humides) des tubes 6.1 et 5.1

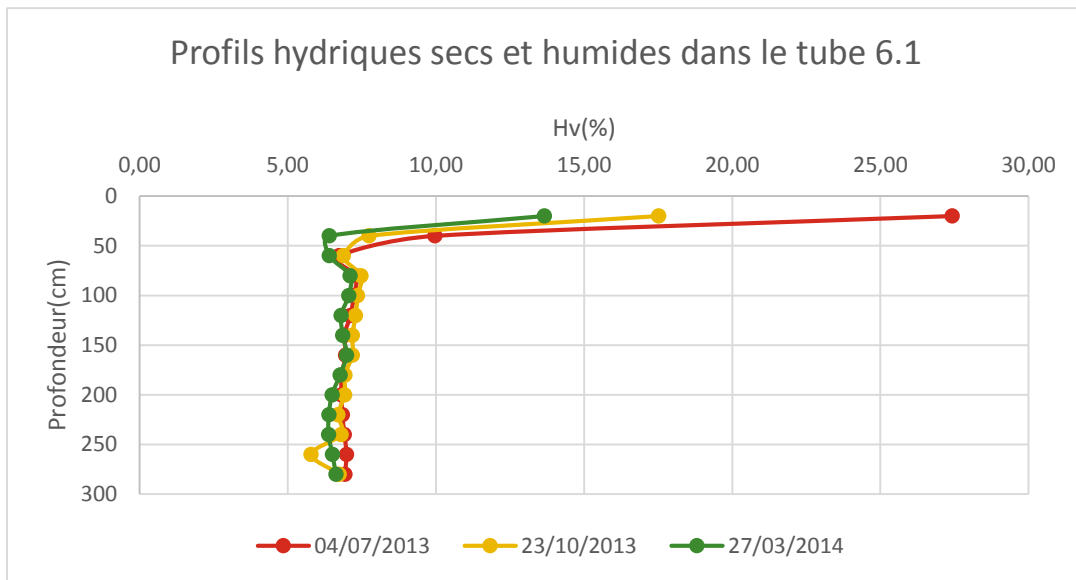


Figure 9 : Profils hydriques secs et humide du tube 6.1

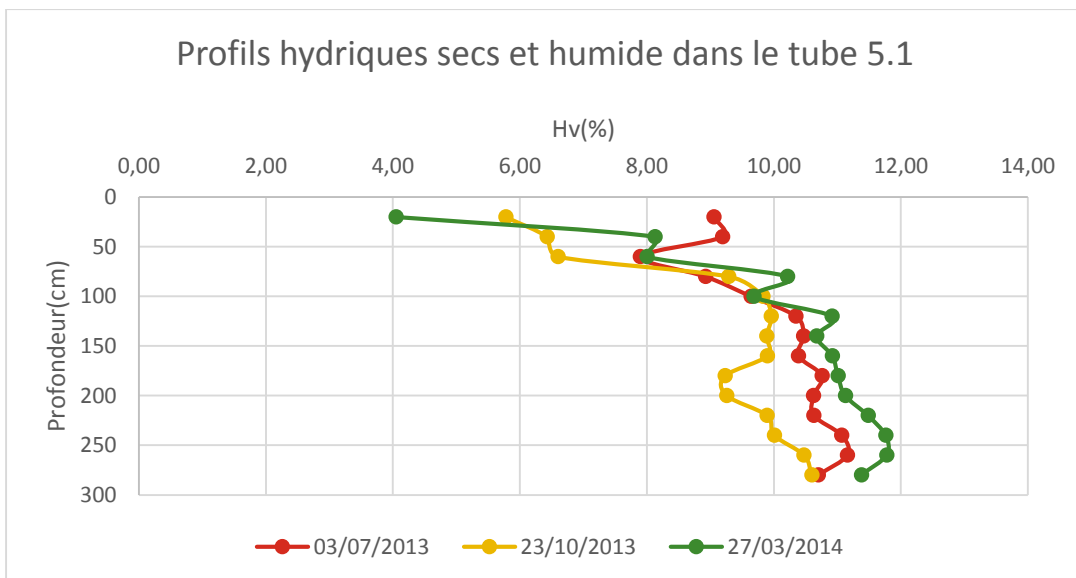


Figure 10: Profils hydriques secs et humide du tube 5.1

Nous faisons encore le constat que les humidités sont élevées dans les 40 premiers cm surtout en saison des pluies (27,43% cf. figure 9) et faibles dès qu'on va en profondeur et surtout en saison sèche (8,00% cf. figure 10).

Nous constatons que pour la figure 9, les courbes se rejoignent après 50cm de profondeur jusqu'à 280cm, cela peut donc s'expliquer par un possible drainage de 50cm à 280cm.

En ce qui concerne la figure 10, les courbes se rejoignent en un premier temps après 50cm puis se dispersent aussitôt puis se rejoignent dans un second temps à 100cm de profondeur, cela peut s'expliquer par un drainage à 50cm et 100cm de profondeur.

4.2.2. Charge de pression

L'évolution temporelle des mesures de charge de pression à 10,30, 60 et 90cm de profondeur des parcelles 19 et 15 est représentée par les figures 11 et 12.

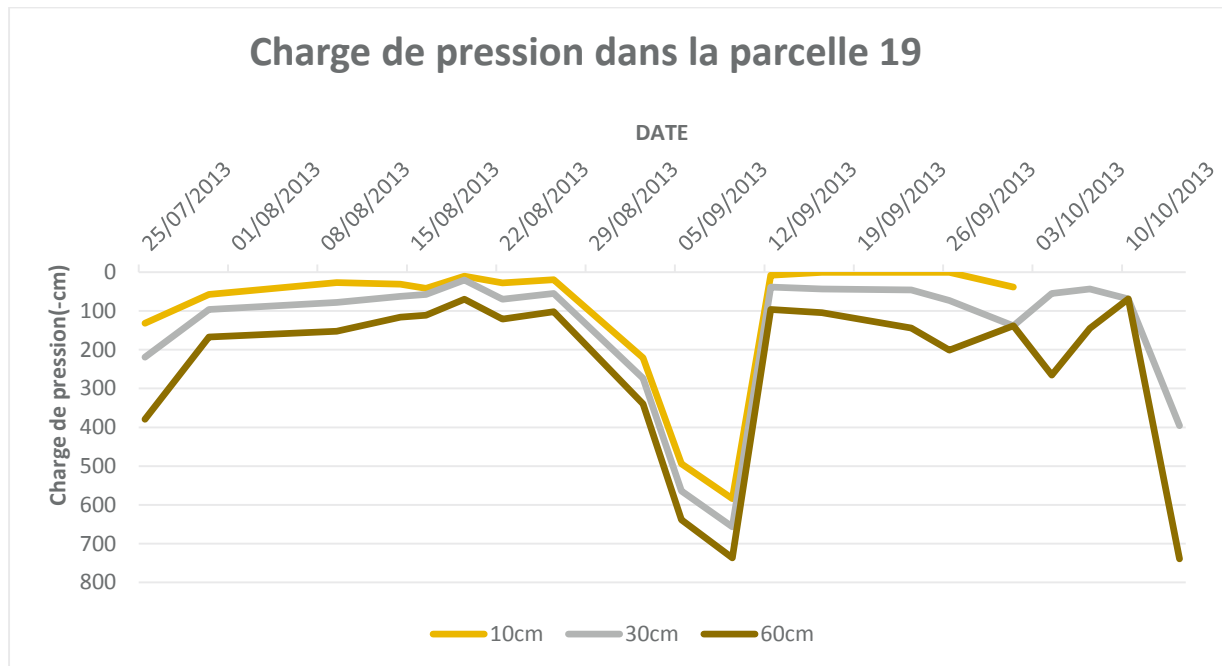


Figure 11 : Evolution temporelle de la charge de pression aux profondeurs 10, 30 et 60 cm dans la parcelle 19

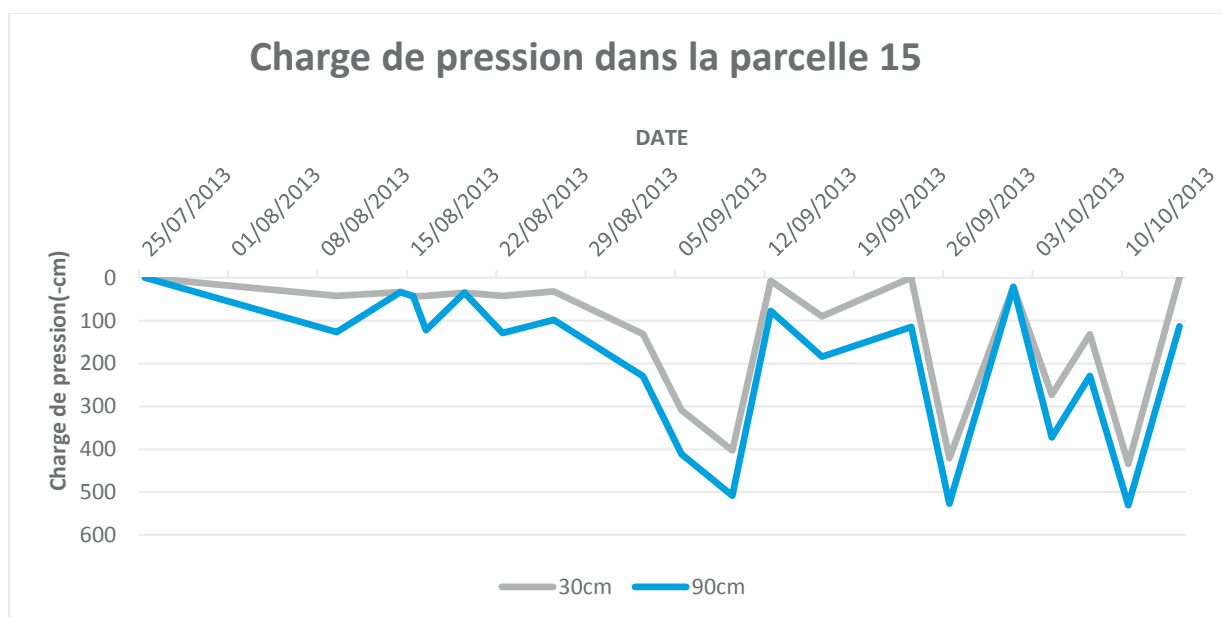


Figure 12: Evolution temporelle de la charge de pression aux profondeurs de 30 et 90 cm dans la parcelle 15

Nous remarquons que la variation de la charge de pression est du même type de celle de l'humidité relative. En effet, les charges de pression sont importantes en surface et diminuent au fur et à mesure que l'on va en profondeur.

4.2.3. Variation du stock d'eau

✓ *Evaluation du stock hydrique à la profondeur de 280cm*

Les figures 13 et 14 représentent les variations de stock d'eau en mm à 280cm de profondeur des tubes 6.1 et 24.1 du 03 juillet 2013 au 19 avril 2014.

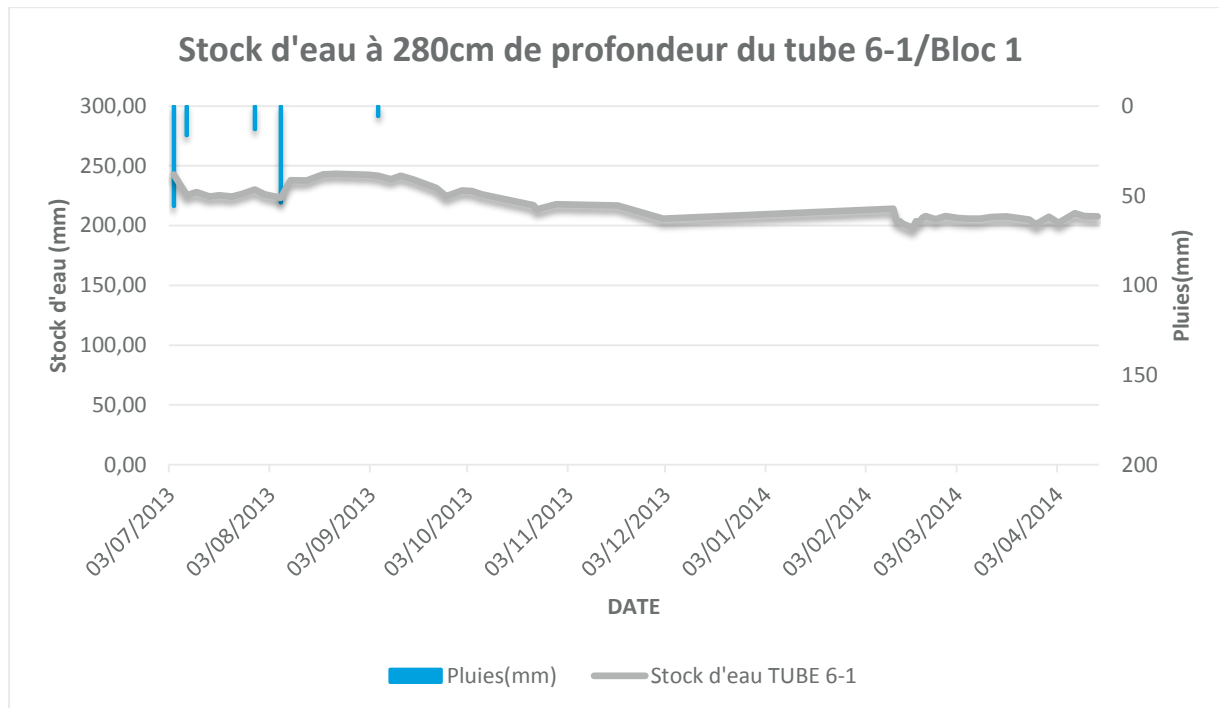


Figure 13 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 6.1 (semis direct+mulch)

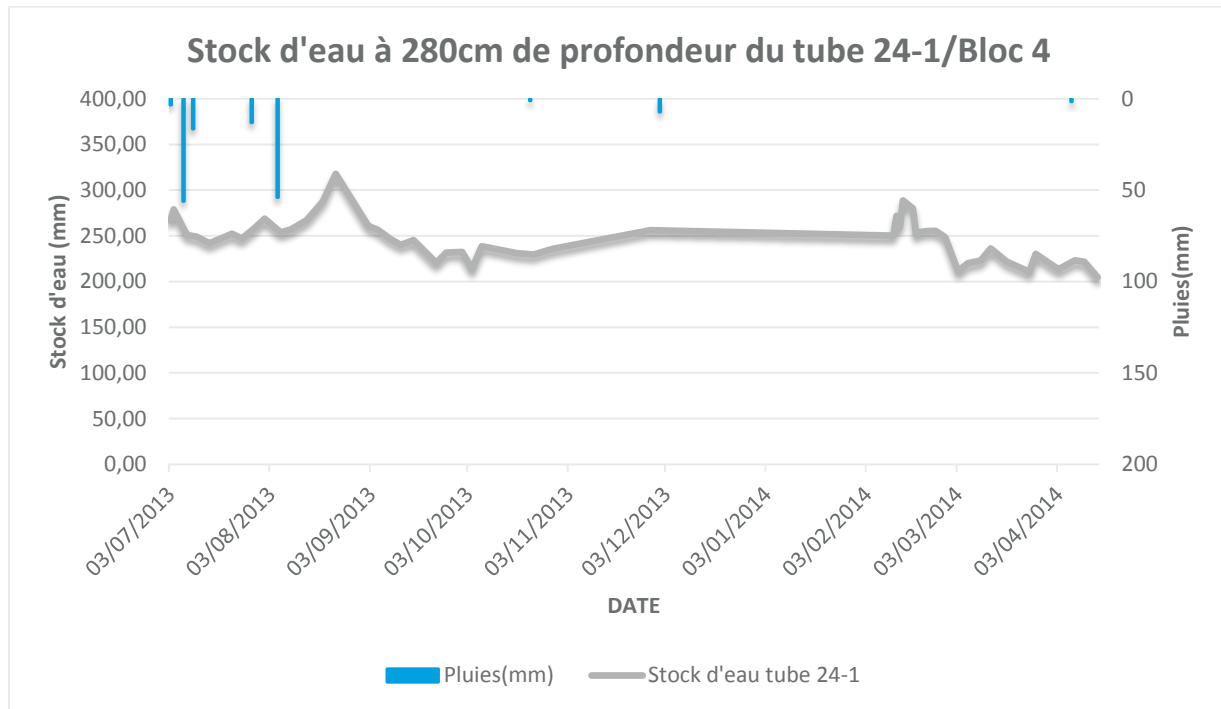


Figure 14 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 24.1 (Zaï+mulch)

Le stock d'eau sur la tranche de 0-280 cm est de l'ordre de 200-350 mm sur l'ensemble des parcelles quel que soit la technique culturale. On observe sur les figures 13 et 14 que le stock d'eau est élevé pendant la saison des pluies et pendant la saison sèche, l'évolution est quasi-linéaire, ce qui témoigne d'un faible stockage.

Selon la pratique culturale, on remarque que l'on le stock d'eau est un peu plus élevé dans les parcelles Zaï+mulch (plus de 300mm cf. .Figure 13) que semis direct+mulch (environ 250mm cf. figure 14). Ceci s'explique par le fait que le zaï fait appel à beaucoup de matières organiques et ces derniers ont la capacité de stocker l'eau.

Le stock d'eau est important en saison des pluies cependant on observe des pics en saison sèche, cela pourrait expliquer par une remontée capillaire mais reste à préciser par des essais plus poussées. Les pics en saison sèche sont beaucoup plus remarqués dans les parcelles Zaï+mulch.

✓ **Evaluation du stock hydrique à la profondeur de 150cm**

Les figures 15 et 16 représentent les variations de stock d'eau en mm à 150 cm de profondeur des tubes 6.1 et 24.1 du 03 juillet 2013 au 19 avril 2014.

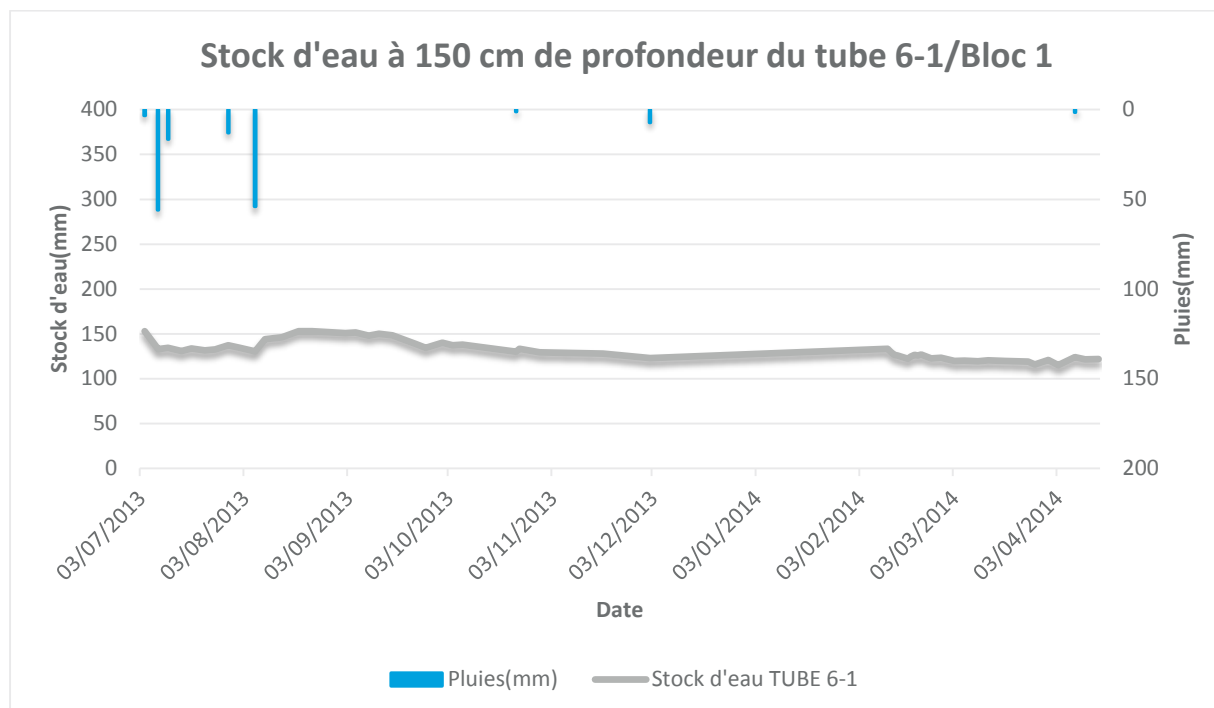


Figure 15 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 150cm de profondeur du tube 6.1 (semis direct+mulch)

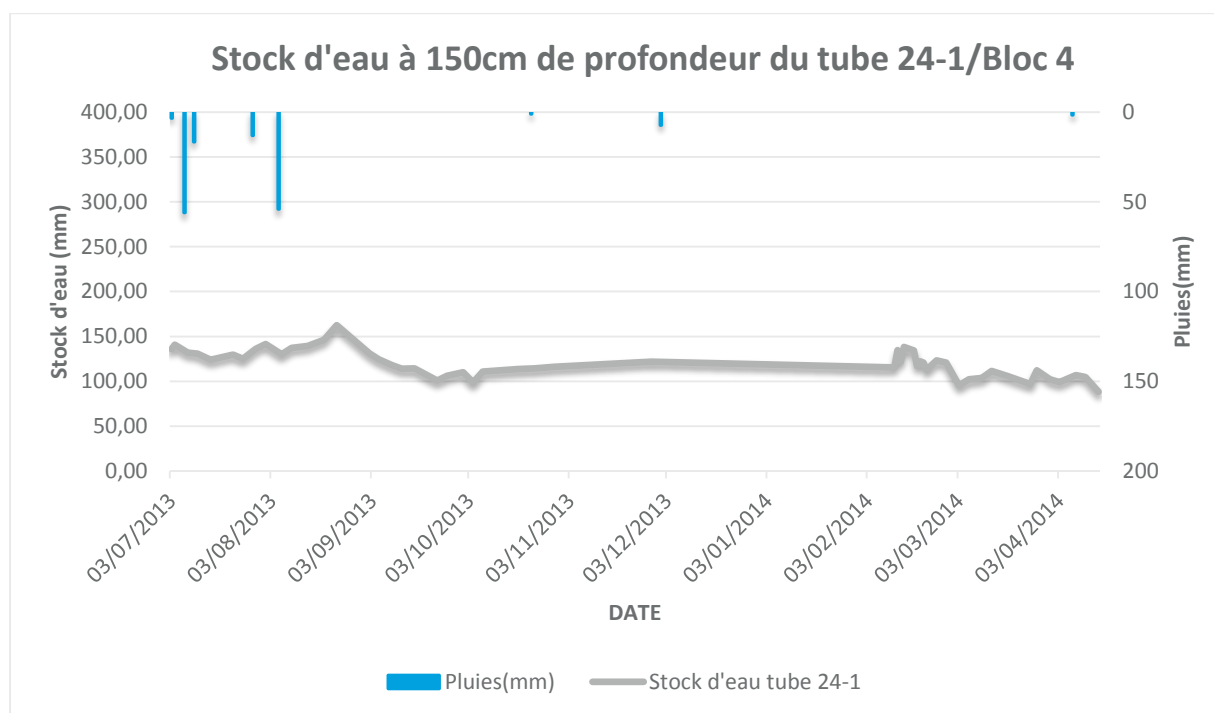


Figure 16 : Evolution temporelle du stock d'eau en mm à 150cm de profondeur du tube 24.1 (zaï+mulch)

Le stock d'eau sur la tranche de 0-150 cm est de l'ordre de 100-150 mm sur l'ensemble des parcelles quel que soit la technique culturale.

Selon la technique culturale, on remarque toujours que le stock d'eau est un peu plus élevé dans les parcelles Zaï+mulch que semis direct+mulch et on y observe plus de pics en saison sèche.

4.2.4. Discussion

Les paramètres d'état du sol comme la teneur en eau et la charge de pression possède la même allure : les valeurs sont importantes en surface et plus on va en profondeur, elles deviennent faibles. Il existe cependant des parcelles où la variation de l'humidité ne suit pas cette logique, en effet l'on a des parcelles où les valeurs d'humidité au-delà de 40cm de profondeur sont plus élevées que celles en surface. Ceci s'explique donc par de probables processus de drainage ou par une présence d'une couche meuble (argile).

Le stock d'eau est plus important à 280cm qu'à 150cm et on l'on relève importantes valeurs en saison des pluies. La présence de pics est remarquée en saison sèche dans certaines parcelles, ceci donc peut s'expliquer par une remontée capillaire mais reste à vérifier par des essais plus poussés.

En comparant les précipitations et le stock d'eau, l'on se rend compte que c'est une infime partie de la pluie tombée. En effet dans la zone d'étude, les pluies se concentrent généralement sur une courte période (mai-Aout) durant laquelle les températures sont élevées, ce qui occasionne une forte demande évaporative. Il en résulte une déperdition très rapide d'une partie de l'eau de précipitations par évaporation dans les jours qui suivent la pluie, avant même que cette eau puisse contribuer de manière efficace à la reconstitution de la réserve hydrique du sol. L'importance du *Piliostigma reticulatum* entre en jeu ici car sa présence dans les parcelles permet de retenir de l'humidité en profondeur grâce à ses racines par une remontée capillaire.

CONCLUSION-PERSPECTIVES

Le présent travail visait à mieux appréhender le fonctionnement hydrique et hydrodynamique dans les différentes parcelles du site expérimental Crop-News de Kamboinsé. Au niveau expérimental, nous nous sommes attachés à analyser et comprendre l'évolution temporelle et spatiale des paramètres d'état et des paramètres hydrodynamiques.

Le seul paramètre hydrodynamique que nous avons pu analyser (la conductivité hydraulique à saturation) à travers l'essai de Müntz montre que ce paramètre est élevé dans les 40 premiers cm car on a à faire au sol meuble avec une grande porosité donc l'infiltration se passe rapidement.

Malheureusement, nous n'avons pas pu effectuer de mesures pendant la saison sèche, on aura pu faire observer le comportement de la conductivité hydraulique en fonction des saisons.

Nous n'avons pas pu effectuer des essais (essai de TRIMS) pour évaluer la conductivité hydraulique non saturée dans les différentes parcelles.

En effet des essais à l'aide de l'infiltromètre à disque à 1m50 dans les sept (7) profils et à différentes charges de pression auraient été un moyen pour estimer le drainage interne qui alimenterait la nappe.

L'infiltromètre à disque est aujourd'hui largement pour l'estimation in situ des propriétés hydrauliques des sols au voisinage de la saturation (conductivité hydraulique K, sorptivité capillaire S et éventuellement le paramètre α du modèle de Gardner). Le principal avantage de cette technique est qu'elle permet d'explorer in situ la dépendance des propriétés hydrauliques à l'égard de la structure du sol en présence de racines ou de macropores.

Les paramètres d'état, l'humidité volumique et la charge de pression, quant à elles, possèdent la même variation : d'importantes valeurs sont remarquées en surface et au fur et à mesure que l'on va en profondeur, elles restent faibles. Cela n'exclue pas que dans certaines parcelles, les humidités en profondeur sont assez importantes, ce qui nous fait dire qu'il existe un drainage à ces niveaux ou la présence d'une structure meuble (argile) ne serait pas à écarter.

En ce qui concerne la variation du stock d'eau, elle est de l'ordre de 200-350mm à la profondeur de 280cm et de l'ordre de 100-200mm à la profondeur de 150cm. Son évolution temporelle montre qu'il est important pendant la saison des pluies et faible pendant la saison sèche bien qu'on observe souvent des pics en saison sèche.

La mesure de la teneur en eau du sol qui nous a permis d'évaluer le stock d'eau disponible dans le sol à différentes périodes de l'année pourra ainsi permettre la détermination de la réserve utile et de la réserve facilement utilisable du sol pour la culture du sorgho.

Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinsé en fonction du système et des pratiques culturales.

L'estimation du drainage interne dépend des mesures tensiométriques, nous suggérons une installation de tensiomètres des profondeurs de 150cm et 280cm, cela permettra de calculer le gradient hydraulique $\frac{dH}{dz}$.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaoui D.** ,- Estimation du flux dans la zone non saturée, Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV Berne, 2007 .pp 24-26
- Ambouta J.M. , Tidjani D. et Bielders C.,** Réhabilitation d'une vive par fixation mécanique :flux éoliens,fertilité du sol et biodiversité des herbacées.Géo-Eco-Trop;n°33. - 2009. - pp. 81-98.
- Bationo B. , Karim S. et Bellefontaine R.,** Le marcottage terrestre:technique économique pour la régénération de certains ligneux tropicaux, 2005.
- Boulet R.,** Les sols ferrugineux tropicaux lessives a concrétions du Burkina Faso : Caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole, 1976.
- Bruand A.,** Elaboration et utilisation de fonctions de pédotransfert pour la prédiction des propriétés hydrauliques des sols;ISTO, Université d'Orléans, UMR 6113 CNRS-UO, Géosciences, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2. [Revue]. - 2002.
- Christe R. et Gaillard G.,** Infiltration non saturante et redistribution dans une colonne de sol stratifié:simulation expérimental et modélisation par éléments finis, Bulletin du centre d'hydrogéologie de l'université de Neuchatel,n°9. - 1990. - pp. 29-45
- Pulchérie C. [et al.]** Variabilité phénotypique des sorgho locaux de deux région du Burkina Faso:la Boucle du Mouhoun et le Centre-Ouest [Article] // Cahiers Agricultures vol. 17, n° 2. - mars-avril 2008.
- Dieng B.** ,Cours Hydrogéologie et Ouvrage de captage version Juillet 2005,EIER ESTHER [Ouvrage]. - 2005.
- Dieng B. , Baziz P. et Ackerer P.,** Bilan des transferts verticaux d'eau en zone non-saturée sous climat soudano-sahélien : application à l'estimation de la recharge [Ouvrage]. - 1995.
- Ducellier J.,** Rapport de fin de campagne (janvier-Avril, 1956) géologie de la région de Ouagadougou Boulsa (Haute-Volta). Rapport D.F.M.G-DKR., 72 p. [Rapport]. - 1957.
- Etude de la phénologie, de la régénération naturelle et des usages de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst en zone Nord soudanienne du Burkina Faso ; Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural /Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso , 68p , 2000.
- Fatondji D.** Organic amendement decomposition, nutrient release and nutrient uptake by millet (*Pennisetum glaucom* L. R. Br) in a traditional land rehabilitation technique (zaï) in the Sahel. PhD thesis, University of Bonn, Germany. 140p., 2002.
- Giller K. et Witter E.,** - Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. Field Crop Res., 114, 2011. - pp. 23-24.
- Hiltbrunner J. [et al.],** Sorgho-une grande culture encore inconnu en Suisse, Production végétale., 2012. - p. 524.

- Kaboré V.**, Amélioration de la production végétale des sols dégradés (zipella) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï). Thèses de doctorat : Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse. 194 p., 1994.
- Kaloga** L'évolution du pedoclimat au cours du quaternaire dans les plaines du centre-sud du Burkina Faso (ex. Haute-Volta), 1968, 76 p
- Kizito F. [et al.]** Soil water balance of annual crop–native shrub systems in Senegal's Peanut Basin: The missing link ,ScienceDirect., 2007.
- Ky-Dembélé C. et Ouédraogo S.J**, Potentialité de *Guiera senegalensis* J.F. GMEL et de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst pour la conservation des eaux et des sols dans le plateau central Burkinabè, 2000.
- Lahmar R. et Hamma Y.**, Zaï et potentiel de l'association cultures annuelles arbustes natifs, IRD Editions , 2011, p 201-221.
- Mando A.** ,The impact of termites and mulch on the water balance of crusted Sahelian soils. Soil Technol., 11: 121–138, 1997.
- Mando A. , Brussaard L. et Stroosnider L.** , Termite- and mulch-mediated rehabilitation on crusted soil in West Africa. Restoration Ecology, 7: 1, 33-41 , 1999.
- Manlay R. , Feller C. et Swift M.** Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. Agr. Ecosys, 2007. - pp. 217-233.
- Mazzucato V. et Niemeijer D.**, Le Sahel :une dégradation des terres exagérée,un potentiel paysan sous-estimé,2000b, 2000.
- Milville F.**, Contribution à l'étude des mécanismes de la recharge naturelle des aquifères par les pluies en climat semi arides.Application au site de Barogo au Burkina Faso.Thèse Université P et Marie Curie,Paris VI. ,1990, 89 p
- Moundounga S.** , L'Union Européenne et la paix en Afrique subsaharienne : Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE ; Spécialité : SJ/ DROIT PUBLIC , 2012,860 p
- Niang D.** , Fonctionnement hydrique de différents types de placages sableux dans le Sahel burkinabè, 2006. - p. 167.
- Ouédraogo S.** , Potentialités fourragères et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers: *Piliostigma thonningii* Schumacher Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss .Mémoire de fin de cycle, 2006, 68 p.
- Roose E. , Kabore V. et Guenat C.** , Le zaï. Fonctionnement, limites et améliorations d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso). Cah. Orstom, Sér. Pédol., XXVII : p 159-173, 1993.
- Sanou S.**, *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hoscht. : Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural /Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina Faso, 56p, 2005.
- Schaller N.** , L'agriculture de conservation,Revue Analyse n°61 septembre 2013

Simmers I., Natural groundwater recharge estimation in (semi-)arid zones:some state of the art observation.Proc of the sahel forum"State of hydrology and hydrogeology in arid and semi-arid in Africa".Ouagadougou,Burkina Faso, 1989. - pp. 373-385.

Sokona Y. , La lutte contre la desertification en Afrique sub-saharienne , 2007, Agriculture et developpement rural n°1. - pp. 16-18.

Traoré M., Etude de la phénologie, de la régénération naturelle et des usages de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst en zone Nord soudanienne du Burkina Faso ; Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural /Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso , 68 p, 2000.

Yelemou B., [et al.], Germination sexuée et dynamique de développement de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, une espèce agro forestière au Burkina Faso, Sécheresse Vol18, n°3, juillet- Ouest-Septembre ; pp 185-192, 2007.

Zerbo D. , Gestion paysanne, densités et production de biomasse aérienne de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht dans les agrosystèmes du Centre Nord: cas des villages de Yilou et de Barsa dans la province du Bam, 2011.

Zerbo P., Valorisation et gestion des plantes médicinales au Burkina Faso : cas du pays San. Thèse unique de Doctorat, Université de Ouagadougou, 155p, 2010.

Zougmonré R., Zida Z. et Kambou N., Role of nutrient amendments in the success of half-moon soil and water conservation practice in semiarid Burkina Faso. Soil Till. Res., 71: 143 – 149 , 2003.

Zougmoré R. , Barro A. et Taonda S. , Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. Cahiers Agricultures, 14 : p 549-559, 2005.

ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe 1 : Relevés des mesures et courbe d'évolution temporelle de la capacité d'infiltration...	39
Annexe 2 : Evolution temporelle de l'humidité volumique Hv	43
Annexe 3 : Disposition des parcelles sur le site selon les techniques culturales.....	45
Annexe 4 : Plan des tubes neutroniques de mesures	46
Annexe 5 : Courbes de stock d'eau des tubes neutroniques.....	47
Annexe 6 : Courbes d'étalonnage de 0-20cm,20-40cm,40-60cm et 60-280cm du tube 21.1	49

ANNEXE 1 : RELEVES DES MESURES ET COURBE D'EVOLUTION TEMPORELLE DE LA CAPACITE

D'INFILTRATION

Ce 22/05/2014						
<u>Début</u> : 8h30			BLOC 1			
<u>Fin</u> : 11h58			PARCELLE 2			
t (mn)	V (ml)	h (cm)	dt(mn)	Vi (cm/h)	Inf.cum (cm)	Tmoy (mn)
0	0	0,0	-	-	-	-
1	70	0,1	1	8,6	0,0	0,5
3	215	0,4	2	13,1	1,0	2,0
5	310	0,6	2	18,9	2,0	4,0
10	345	0,7	5	8,4	3,0	7,5
15	375	0,8	5	9,2	4,0	12,5
30	895	1,8	15	7,3	5,0	22,5
60	1350	2,8	30	5,5	6,0	45,0
90	1710	3,5	30	7,0	7,0	75,0
120	1580	3,2	30	6,4	8,0	105,0
150	1465	3,0	30	6,0	9,0	135,0
180	1350	2,8	30	5,5	10,0	165,0
210	1300	2,6	30	5,3	11,0	195,0
240	1235	2,5	30	5,0	12,0	225,0

Tableau 4 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 2 du bloc 1

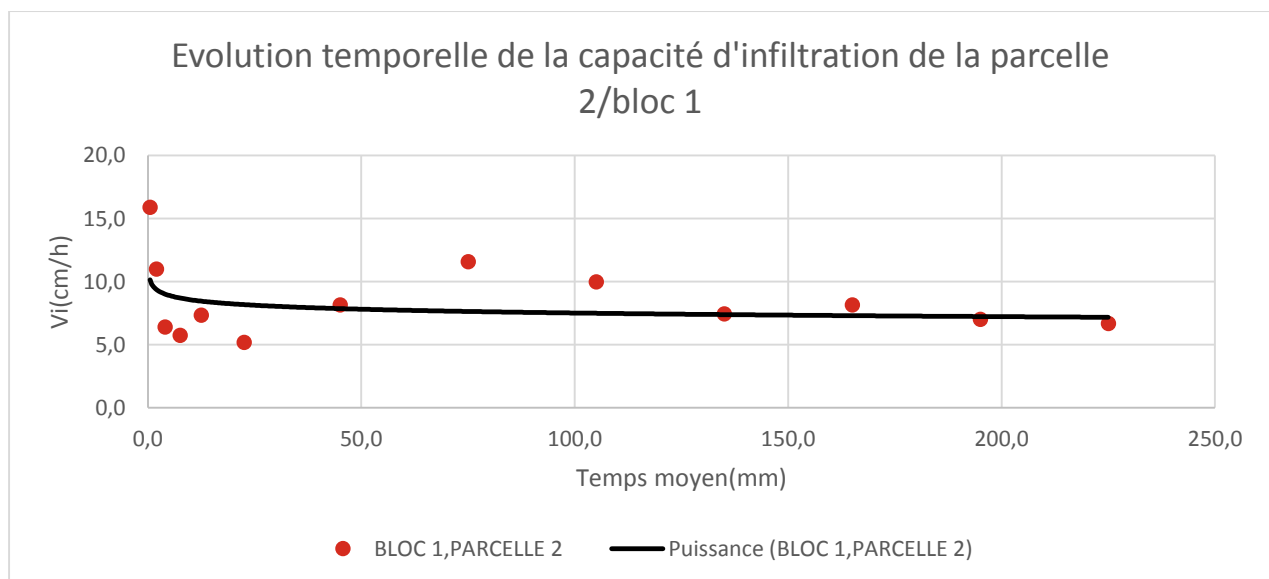


Figure 17 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 2 du bloc 1

Ce 27/05/2014						
<u>Début</u> : 7h44			BLOC 2			
<u>Fin</u> : 11h44			PARCELLE 11			

t (mn)	V (ml)	h (cm)	dt(mn)	Vi (cm/h)	Inf.cum (cm)	Tmoy (mn)
--------	--------	--------	--------	-----------	--------------	-----------

Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinsé en fonction du système et des pratiques culturales.

0	0	0,0	-	-	-	-
1	130	0,3	1	15,9	1,0	0,5
3	210	0,4	2	12,8	2,0	2,0
5	215	0,4	2	13,1	3,0	4,0
10	295	0,6	5	7,2	4,0	7,5
15	350	0,7	5	8,6	5,0	12,5
30	715	1,5	15	5,8	6,0	22,5
60	1660	3,4	30	6,8	7,0	45,0
90	1500	3,1	30	6,1	8,0	75,0
120	1300	2,6	30	5,3	9,0	105,0
150	1205	2,5	30	4,9	10,0	135,0
180	1110	2,3	30	4,5	11,0	165,0
210	1085	2,2	30	4,4	12,0	195,0
240	1070	2,2	30	4,4	13,0	225,0

Tableau 5 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 11 du bloc 2

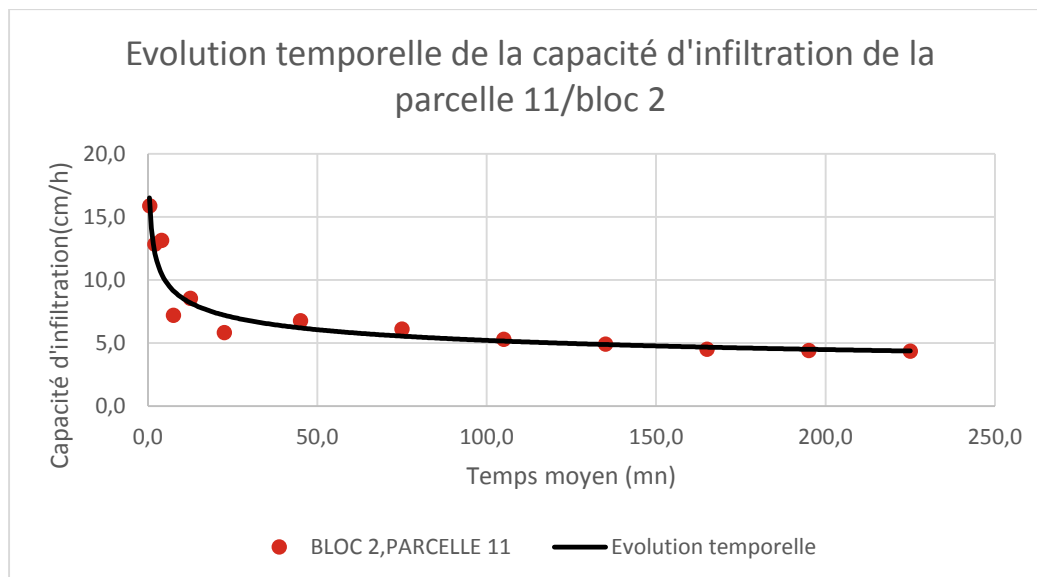


Figure 18 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 11 du bloc 2

Ce 22/05/2014						
<u>Début</u> : 12h23			BLOC 3			
<u>Fin</u> : 16h23			PARCELLE 17			
t (mn)	V (ml)	h (cm)	dt (mn)	Vi (cm/h)	Inf.cum (cm)	Tmoy (mn)
0	0	0,0	-	-	-	-
1	200	0,4	1	24,4	2,5	0,5
3	245	0,5	2	15,0	8,0	2,0
5	290	0,6	2	17,7	6,8	4,0
10	360	0,7	5	8,8	34,1	7,5
15	380	0,8	5	9,3	32,3	12,5

Variation du stock d'eau dans les sols du dispositif expérimental Crops-News de Kamboinsé en fonction du système et des pratiques culturales.

30	1090	2,2	15	8,9	101,3	22,5
60	1500	3,1	30	6,1	294,5	45,0
90	1925	3,9	30	7,8	229,5	75,0
120	1810	3,7	30	7,4	244,1	105,0
150	1565	3,2	30	6,4	282,3	135,0
180	1440	2,9	30	5,9	306,8	165,0
210	1340	2,7	30	5,5	329,7	195,0
240	1340	2,7	30	5,5	329,7	225,0

Tableau 6 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 17 du bloc 3

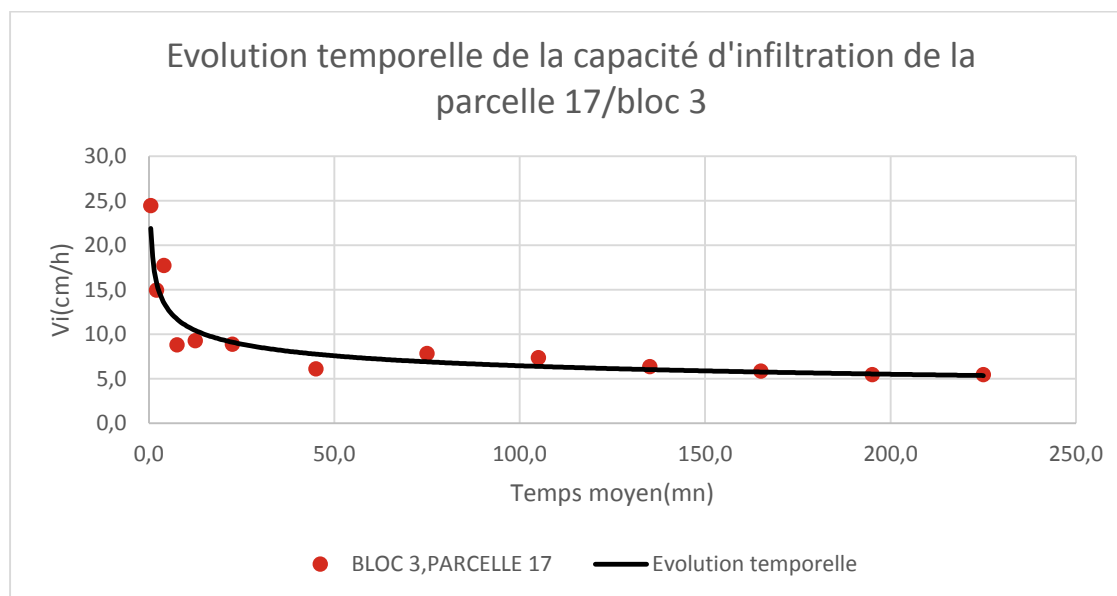


Figure 19 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 17 du bloc 3

Ce 03/06/2014

Début : 7h58

BLOC 4

Fin: 11h58

PARCEL 24

t (mn)	V (ml)	h (cm)	dt(mn)	Vi (cm/h)	Inf.cum (cm)	Tmoy (mn)
0	0	0,0	-	-	-	-
1	160	0,3	1	19,6	1,0	0,5
3	290	0,6	2	17,7	2,0	2,0
5	255	0,5	2	15,6	3,0	4,0
10	365	0,7	5	8,9	4,0	7,5
15	305	0,6	5	7,5	5,0	12,5
30	530	1,1	15	4,3	6,0	22,5
60	1205	2,5	30	4,9	7,0	45,0
90	1375	2,8	30	5,6	8,0	75,0
120	1120	2,3	30	4,6	9,0	105,0
150	820	1,7	30	3,3	10,0	135,0
180	850	1,7	30	3,5	11,0	165,0
210	810	1,7	30	3,3	12,0	195,0
240	785	1,6	30	3,2	13,0	225,0

Tableau 7 : Relevés de mesures et calcul de la capacité d'infiltration de la parcelle 24 du bloc 4

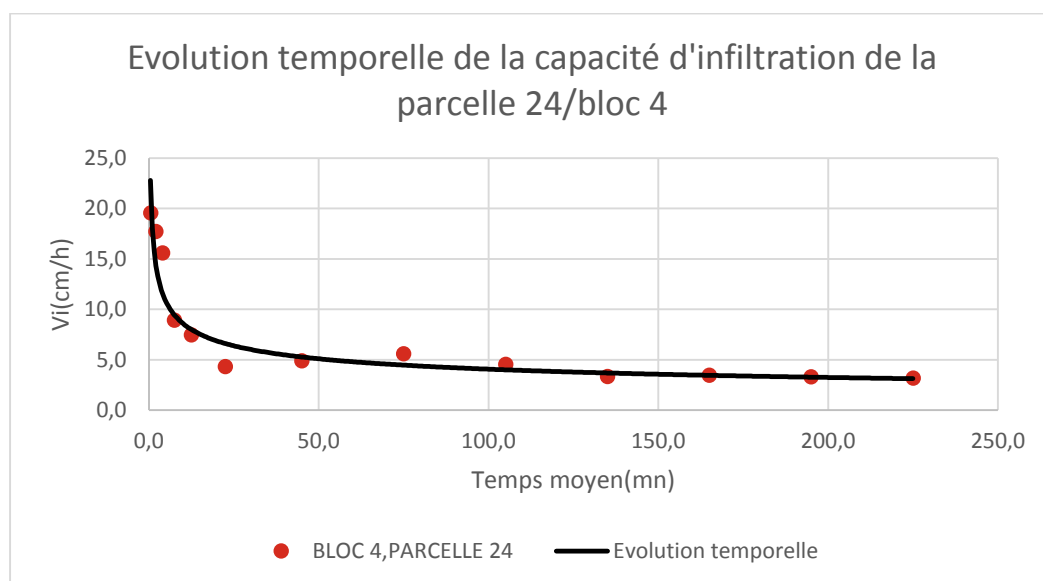


Figure 20 : Evolution temporelle de la capacité d'infiltration de la parcelle 24 du bloc 4

ANNEXE 2 : EVOLUTION TEMPORELLE DE L'HUMIDITE VOLUMIQUE H_v

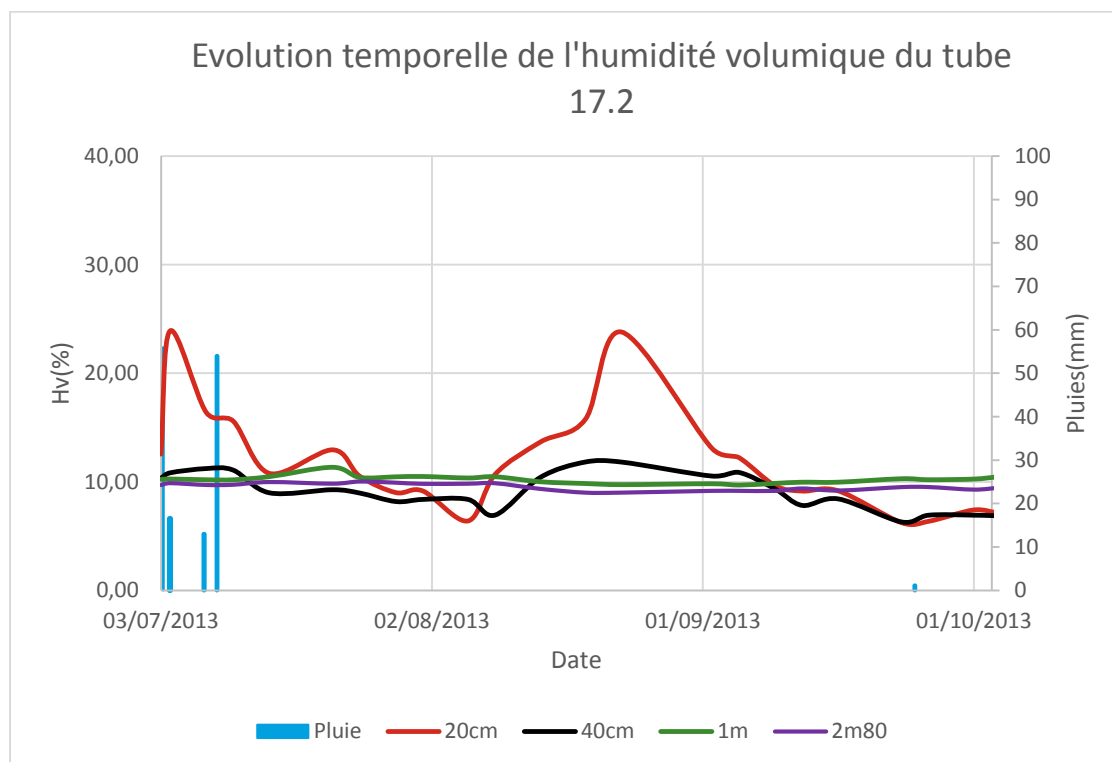


Figure 21 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 17.2 à différentes profondeurs

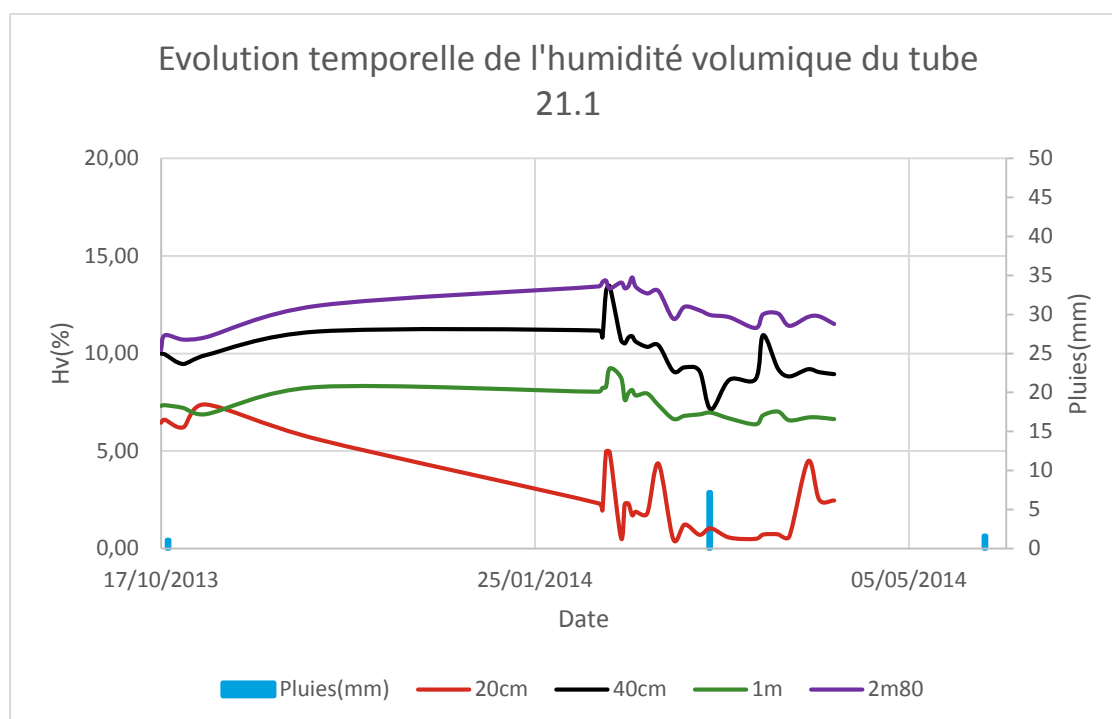


Figure 22 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 21.1 à différentes profondeurs

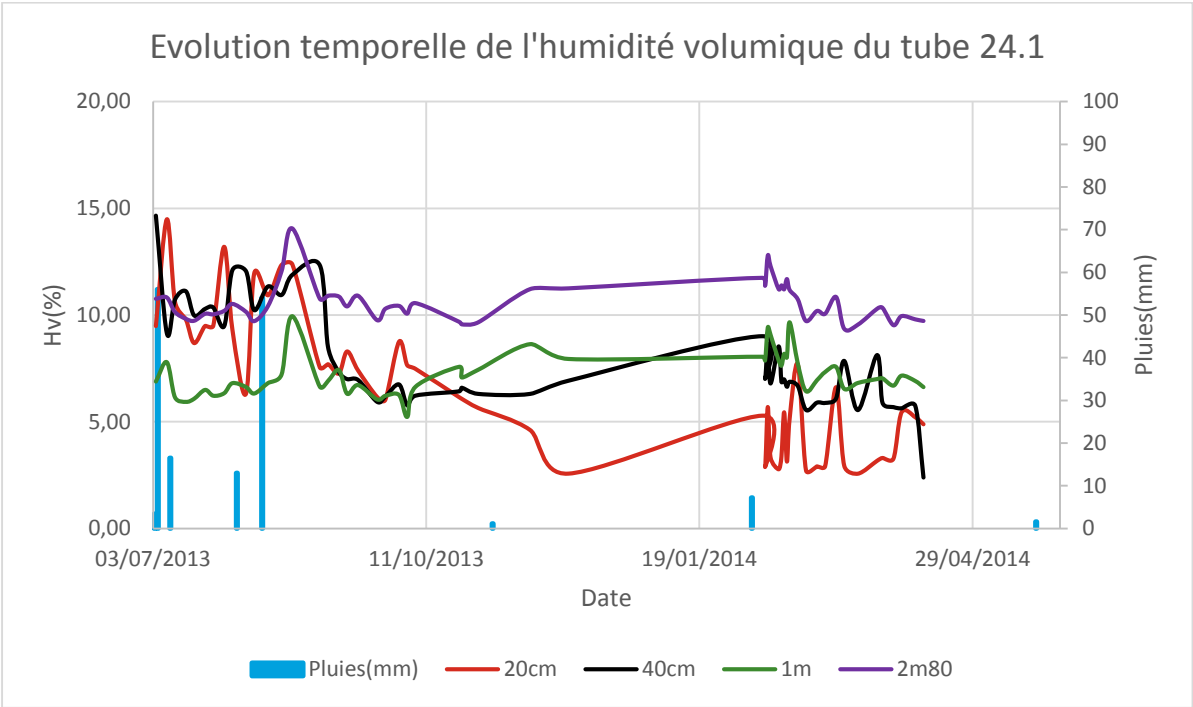


Figure 23 : Evolution temporelle de l'humidité volumique H_v du tube 21.1 à différentes profondeurs

ANNEXE 3 : DISPOSITION DES PARCELLES SUR LE SITE SELON LES TECHNIQUES CULTURALES

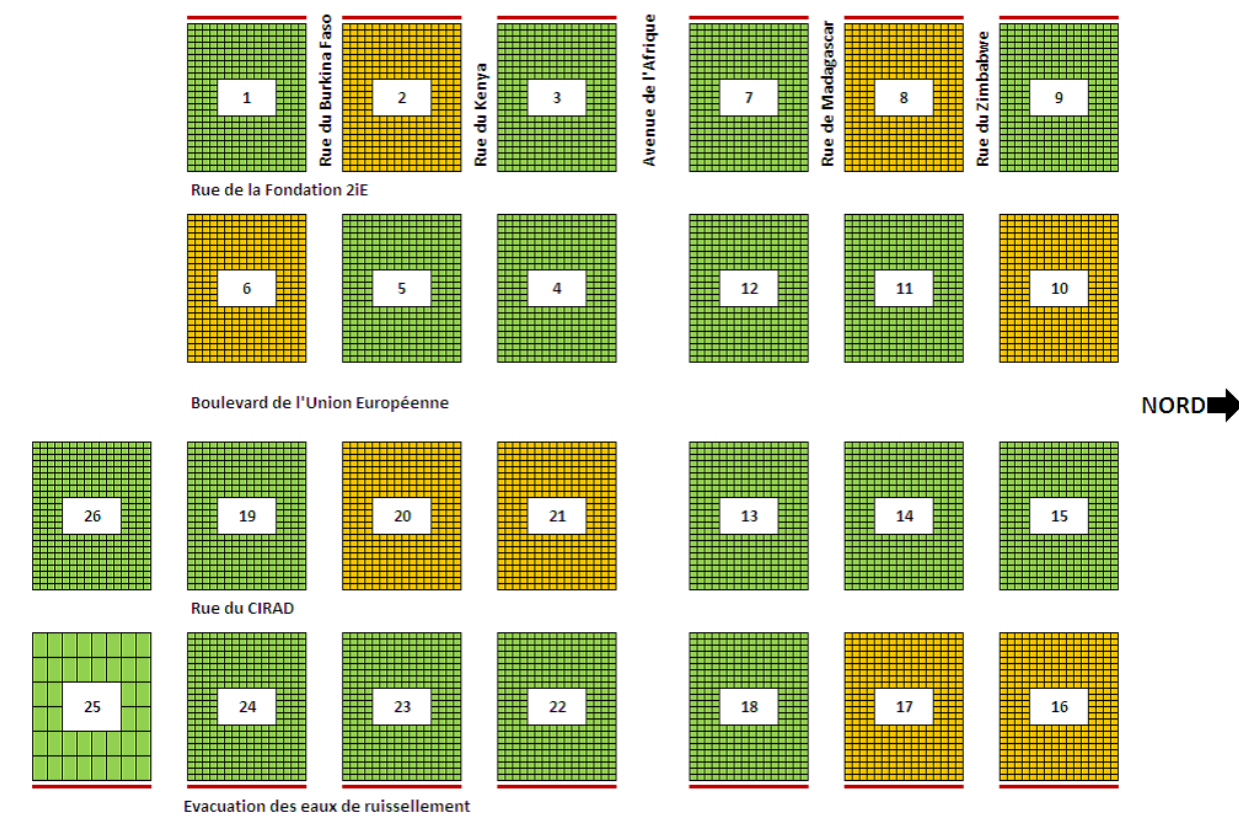


Figure 24 : Disposition des parcelles sur le site expérimental selon les techniques culturales

En jaune, les parcelles où le semis direct+mulch est pratiqué et en vert, les parcelles où le zaï+mulch est pratiqué.

ANNEXE 4 : PLAN DES TUBES NEUTRONIQUES DE MESURES

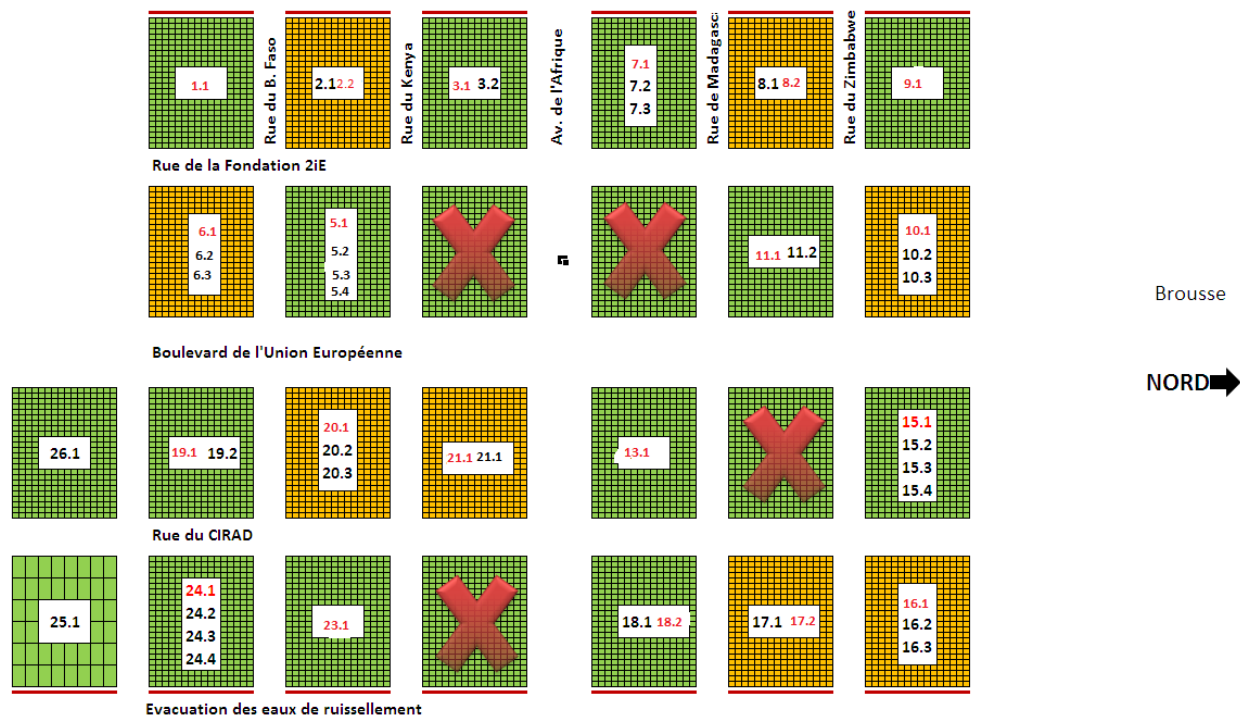


Figure 25 : Plan des tubes neutroniques(en rouge) ou les mesures de sonde ont été effectuées

ANNEXE 5 : COURBES DE STOCK D'EAU DES TUBES NEUTRONIQUES

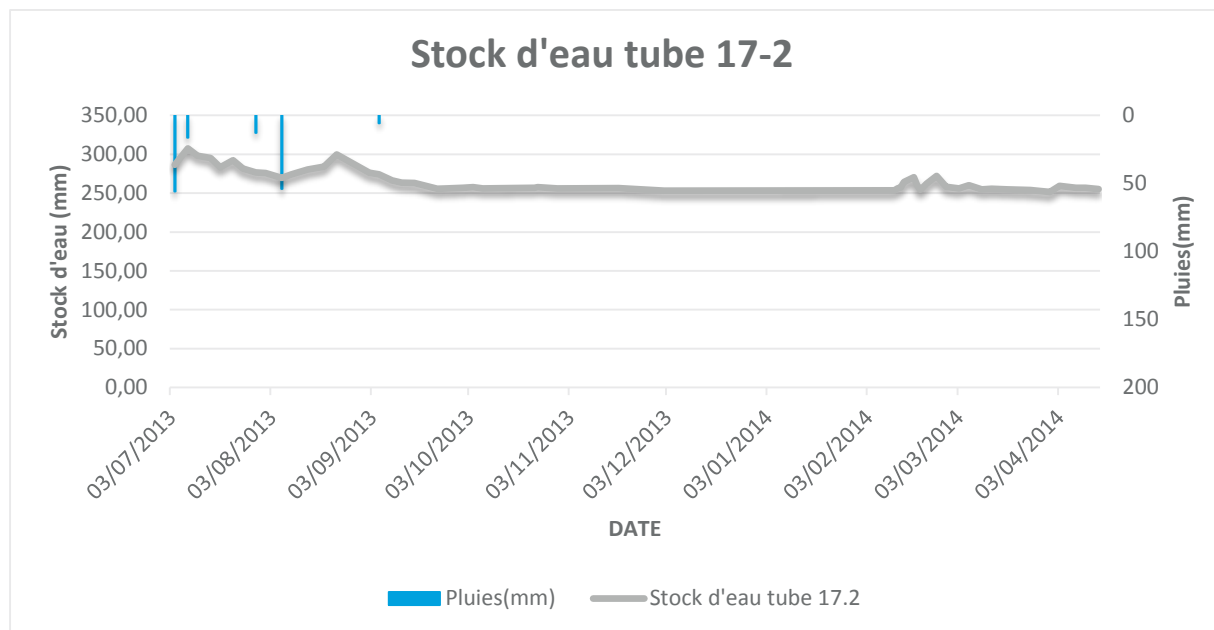


Figure 26 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 17.2 (semis direct+mulch)

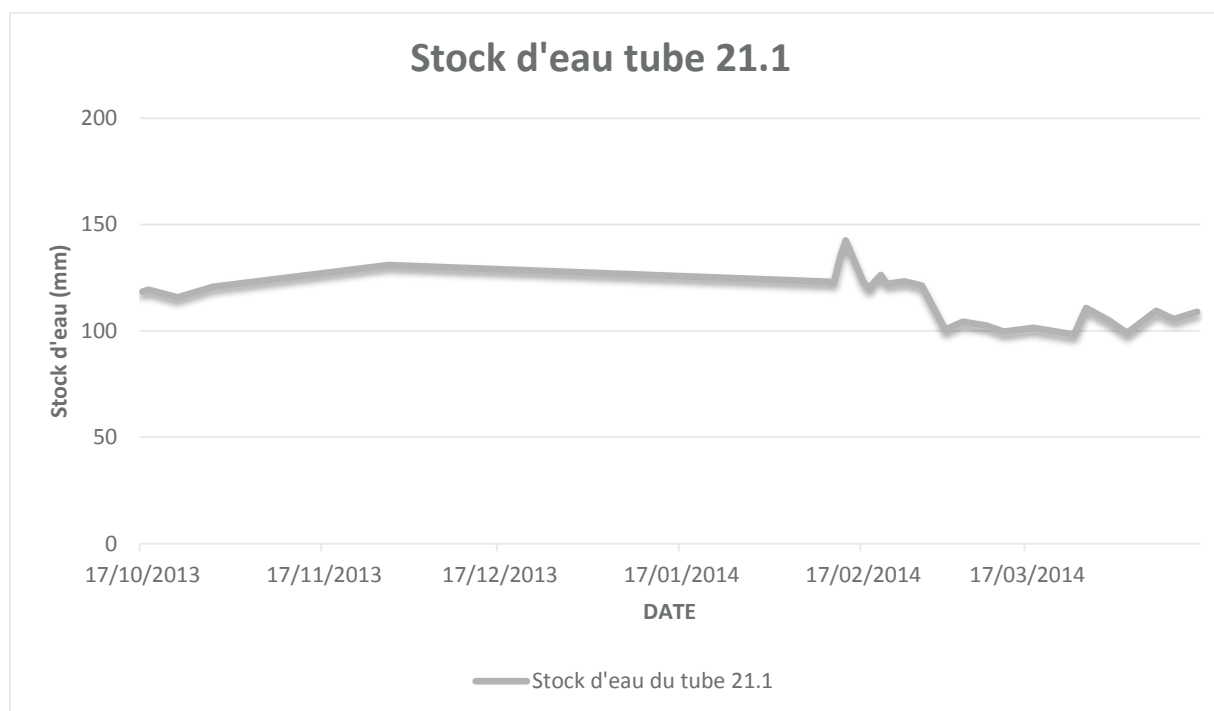


Figure 27 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 21.1 (semis direct+mulch)

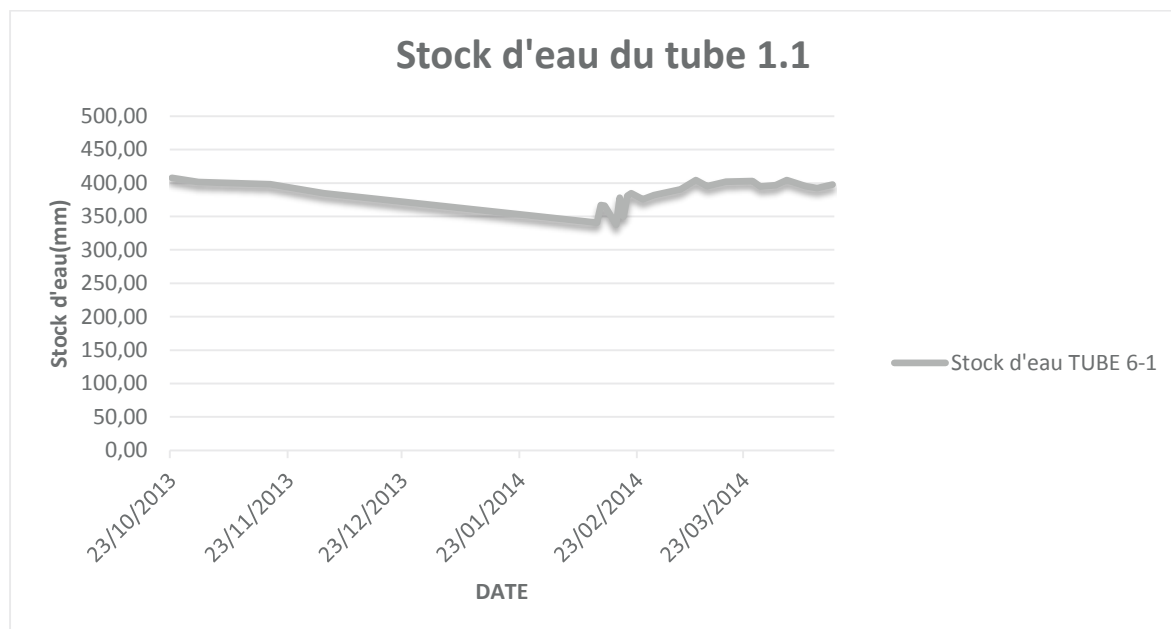


Figure 28 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 1.1 (Zaï+mulch)

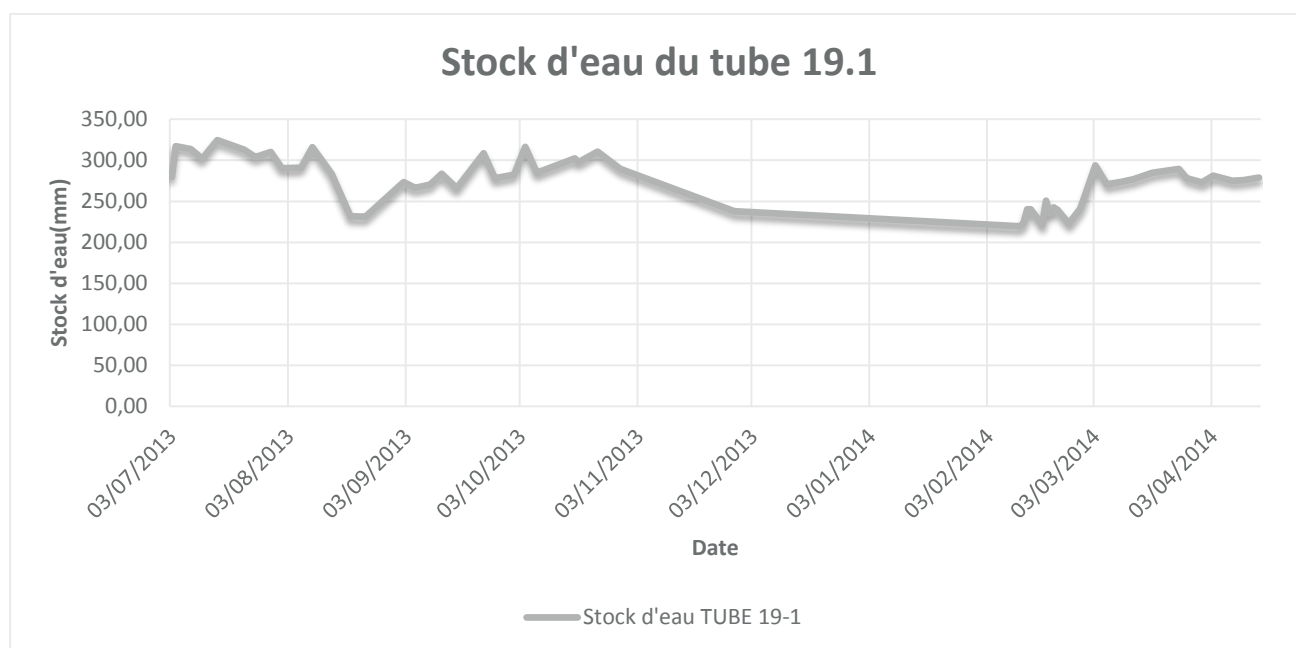


Figure 29 : Stock d'eau en mm à 280cm de profondeur du tube 19.1 (Zaï+mulch)

ANNEXE 6 : COURBES D'ETALONNAGE DE 0-20CM,20-40CM,40-60CM ET 60-280CM DU TUBE 21.1

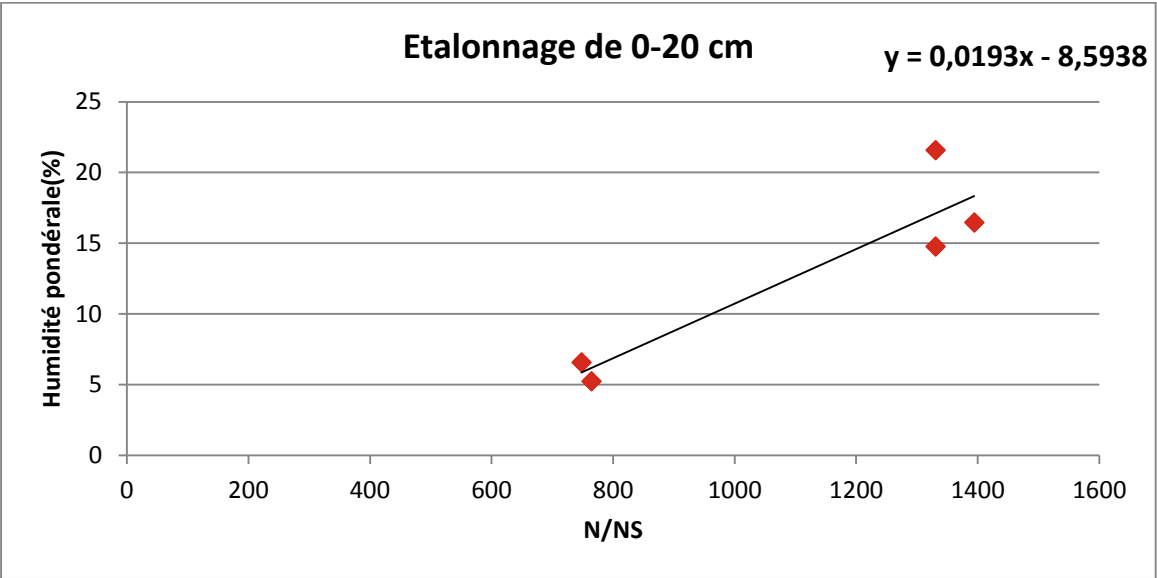


Figure 30 : Courbe d'étalonnage de 0-20cm du tube 21.1

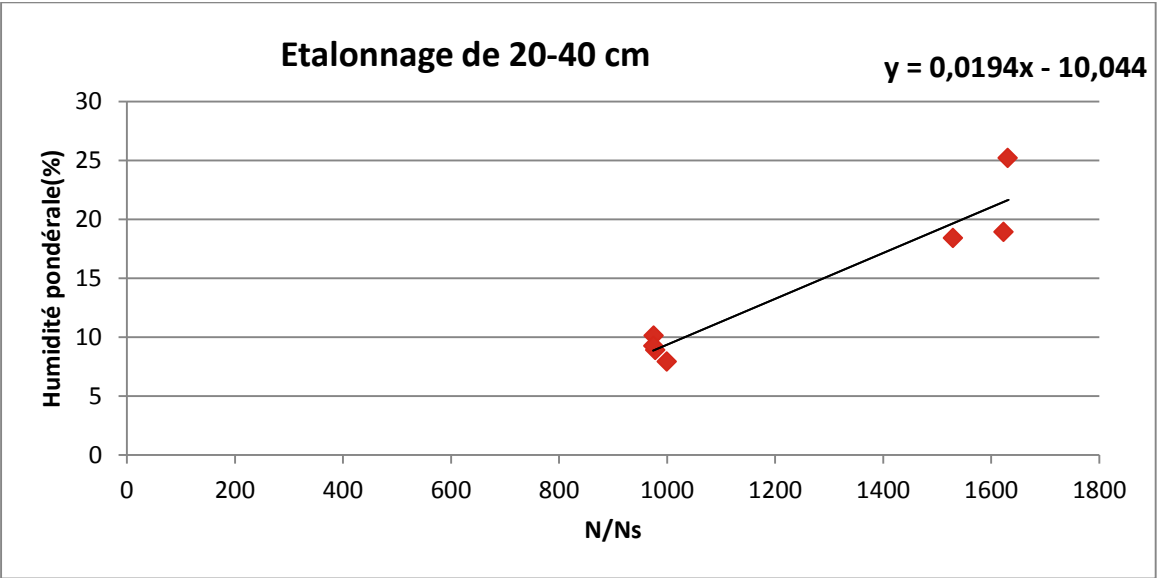


Figure 31 : Courbe d'étalonnage de 20-40cm du tube 21.1

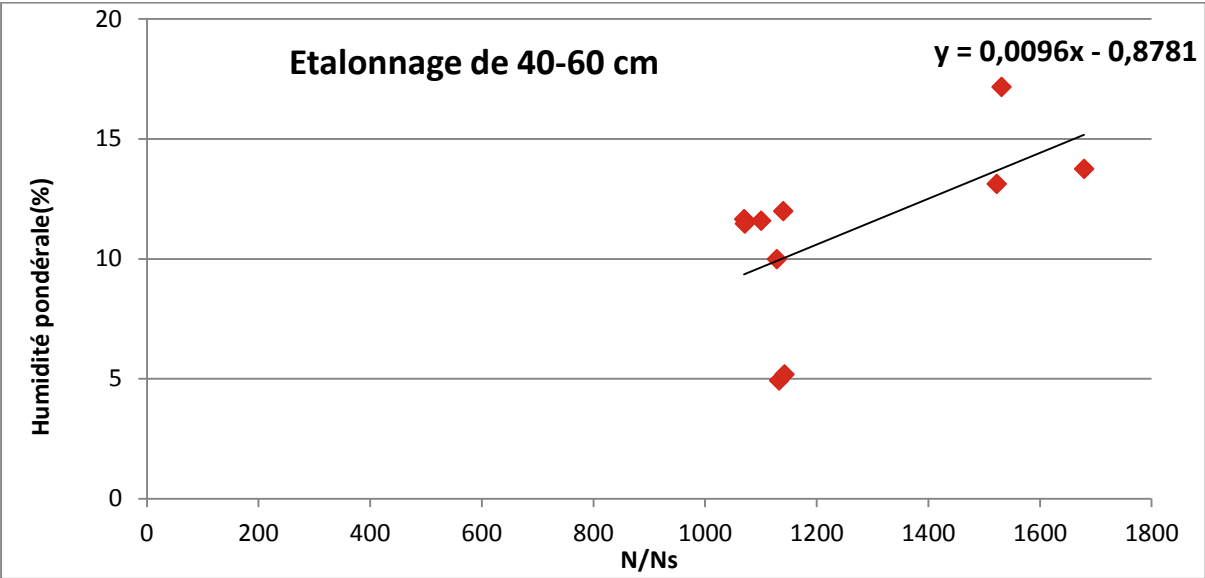


Figure 32 : Courbe d'étalonnage de 40-60cm du tube 21.1

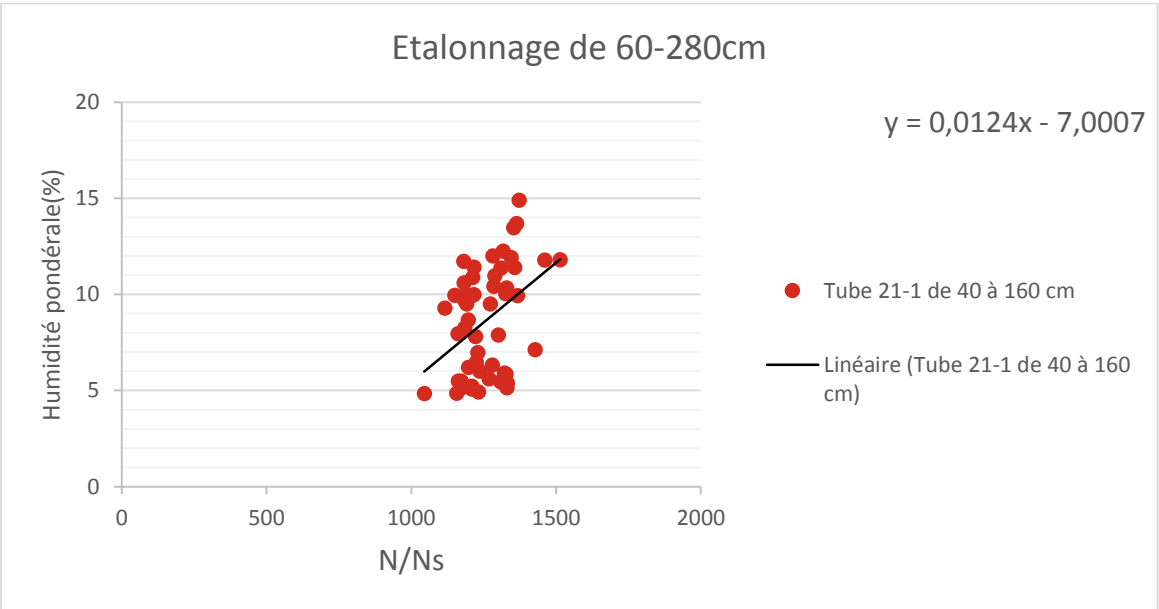


Figure 33 : Courbe d'étalonnage de 60-280cm du tube 21.1