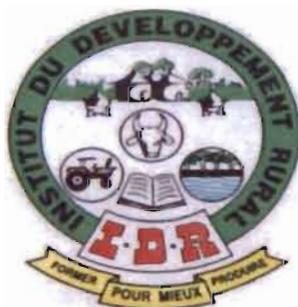


BURKINA FASO
Unité- Progrès- Justice
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

.....
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME :

Evaluation de l'humidité du sol sous cultures de coton (*Gossipium sp.*) et de maïs (*Zea mays L.*) dans la province du Tuy au Burkina Faso : cas des villages de Boni, Dimikuy, Founzan, GombéléDougou et Koumbia.

Présenté par BADO Mahamadou

Maître de stage : Dr. Patrice KOUAKOU

Directeur de mémoire : Dr. Kalifa COULIBALY

N° :/MaPV

Juin 2016

Table des matières

Table des matières	i
Dédicace	iv
Remerciements.....	v
Sigles et Abréviations	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux	vii
Résumé	viii
Abstract	Erreur ! Signet non défini.
Introduction.....	1
Chapitre 1: Synthèse bibliographique	3
I. Etats de l'eau dans le sol.....	3
II. Notion d'humidité du sol.....	4
2.1. Définition	4
2.2. Enjeux de la connaissance de l'humidité du sol	4
2.3. Facteurs influençant l'humidité du sol.....	4
2.3.1. Influence du climat sur l'humidité du sol	5
2.3.2. Influence de la topographie sur l'humidité du sol.....	5
2.3.3. Influence de la couverture végétale sur l'humidité du sol.....	5
2.3.4. Influence de la structure sur l'humidité du sol.....	6
2.3.5. Influence de la Texture sur l'humidité du sol.....	7
2.3.6. Influence de la matière organique sur l'humidité du sol	7
III. Généralités sur le coton et le maïs	9
3.1. Généralités sur le coton.....	9
3.1.1. Description physiologique du coton.....	9
3.1.2. Exigences écologiques du cotonnier	10
3.1.2.1. Température.....	10
3.1.2.2. Besoins en eau du cotonnier	10
3.1.2.3. Sol	11
3.2. Généralités sur le maïs	11
3.2.1. Description physiologique du maïs	11
3.2.2. Exigences écologiques du maïs	12

III.2.2.1. Température.....	12
3.2.2.2. Besoin en eau	12
3.2.2.3. Sol	13
IV. Présentation de la province du Tuy.....	14
4.1. Localisation	14
4.2. Climat.....	14
4.3. Sols.....	14
4.4. Végétation	14
4.5. Hydrographie.....	15
I. Présentation des villages.....	16
1.1. Localisations	16
1.2. Climat.....	17
II. Choix des parcelles	19
III. Dispositif de suivi.....	19
3.1. Paramètres observés.....	19
3.2. Suivi de l'humidité	20
3.3. Détermination de l'humidité pondérale.....	21
IV. Analyse des données.....	21
Chapitre 3 : Résultats et Discussion	22
I. Résultats	22
1.1. Effet de la texture sur l'humidité du sol.....	22
1.1.1. Profil hydrique en fonction de la texture du sol.....	22
1.1.1.1. Profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de coton.....	22
1.1.1.2. Profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de maïs.....	24
1.2. Effet de la pente sur l'humidité du sol	26
1.2.1. Profil hydrique en fonction de la pente.....	26
1.2.1.1. Profil hydrique en fonction de la pente sous culture coton.....	26
1.2.1.2. Profil hydrique en fonction de la pente sous culture de maïs	28
1.3.Effets des types de labour sur l'humidité du sol	30
1.3.1. Profil hydrique en fonction du type de labour	30
1.3.1.1. Profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de coton	30
1.3.1.1. Profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de maïs	32
1.4. Evolution de l'humidité du sol aux différents états physiologiques du cotonnier et du maïs	33

1.4.1. Profil hydrique des différents états physiologiques du cotonnier	33
1.4.2. Profil hydrique des différents états physiologiques du maïs	34
II. Discussion	35
Conclusion et perspectives.....	38

Dédicace

Je dois commencer pour vous dire que c'est grâce à tous les sacrifices et à tous les efforts moraux et économiques de ma mère **KASSINGA Maïmouna** et de mon père **BADO Idrissa** que j'ai eu la chance de pouvoir poursuivre mes études. Ce sont eux qui ont marqué mon avenir d'une manière radicale, et donc je les dédie noblement le présent travail.

Sachez que c'est pour une lutte noble car seul le travail libère.

Remerciements

Ce mémoire n'est pas seulement l'aboutissement de dix mois de travail mais, celui de toutes ces années passées sur le banc de l'école. Ces quelques lignes ne pourront donc jamais nous permettre de remercier tous ceux qui, de façon directe ou indirecte, y ont apporté leur contribution et ce, quelle qu'en soit la nature. Qu'ils retrouvent ici toute l'expression de notre profonde gratitude.

Nous adressons nos sincères remerciements :

-à la Directrice Générale du CIRDES, **Dr Valentine C. YAPI-GNAORE** pour nous avoir acceptés comme stagiaire au sein de sa structure;

-à notre maître de stage **Dr Patrice KOUAKOU, chercheur du CIRAD** au CIRDES pour son accompagnement, son appui- conseil et sa disponibilité dans la réalisation du présent mémoire;

-au **Dr Kalifa COULIBALY**, enseignant chercheur à l'UPB, mon directeur de mémoire pour son soutien et ses multiples conseils;

-aux directions de l'UPB, du CROUB, de l'IDR et tout le corps professoral pour leurs soutiens multiformes dans nos études ;

-à M. **ZOUNGRANA P.H. Jean** Chef de Service Administratif et Financier du Centre Régional de Transfusion Sanguine de Bobo pour ses multiples soutiens.

-à toute ma famille et plus particulièrement mon père **BADO Idrissa** et à mes mères **BASSINGA Maïmouna** et **KANYILI Awa** qui ont guidé mes premiers pas sur le chemin de l'école ;

-à tous les producteurs des cinq villages et plus particulièrement à **GNOUMOU Romaric**, **HORI Adama**, **DOYE Mibissi**, **OUEDRAOGO Moussa**, **BOGNINI Michel** et **KONDONBO Issiaka** respectivement observateur à Boni, Gombeledougou, Dimikuy, Founzan, Koumbia Bwaba et Koumbia Mossi qui n'ont ménagé aucun effort pour nous accompagner dans la collecte des données;

-aux stagiaires du CAP/Matourkou, **OUEDRAOGO Mariétou**, **TOGO Basil** et **TRAORE Bakary** pour leur participation à la collecte des données;

-à mes camarades stagiaires du CIRDES notamment, **NANA Gérald, SANOU Florentin, KABORE Marie Louise, SARAMBE Cécile et TRAORE Cheick Tidiane** ; pour leur collaboration, leur soutien et leur disponibilité.

Sigles et Abréviations

CAP/Matourkou : Centre Agricole Polyvalent de Matourkou

CCIA : Chambre de Commerce de l'Industrie et de l'Artisanat

CILSS : Comité permanent Inter-Etats pour la Lutte contre la Sécheresse au Sahel

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

CIRDES: Centre international de Recherche-Développement en zone Subhumide

CROUB : Centre Régional des Œuvres Universitaires Burkinabé

Hp : Humidité pondérale

IDR : Institut du Développement Rural

MEF : Ministère de l'Economie et des Finances

RD : Route Départementale

RN : Route Nationale

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Liste des figures

Figure 1 : Etats de l'eau dans le sol, d'après Beauchamp (2006).	4
Figure 2 : Différents types de structure du sol et leur effet sur la rapidité d'écoulement de l'eau dans le sol (Labrecque, 2011)	7
Figure 3: schéma d'un plant de cotonnier (Parry, 1982).....	9
Figure 4: Plant de maïs (<i>www.gnis-pedagogie.org, consulté le 29/12/2016 a 15h30mn</i>)	12
Figure 5: Localisation des différents villages	17
Figure 6: Pluviométries moyennes mensuelles des différents villages au cours de la campagne agricole 2015 (les moyennes pluviométriques ont été calculées à partir des données pluviométriques de trois pluviomètres placées dans chaque village).	18
Figure 7: Evolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de coton	23
Figure 8: Evolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de maïs .	25
Figure 9: Evolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de coton.....	27
Figure 10: Evolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de maïs	29
Figure 11: Evolution du profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de coton	31
Figure 12: Evolution du profil hydrique en fonction du type de labour sous culture maïs	32
Figure 13: Evolution du profil hydrique aux différents états physiologiques du cotonnier	33
Figure 14: Evolution du profil hydrique aux différents états physiologiques du maïs	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les prélèvements correspondants aux différents états physiologiques du cotonnier	20
Tableau 2 : Les prélèvements correspondants aux différents états physiologiques du maïs ...	21

Résumé

Au Burkina Faso, à l'instar de la plupart des pays subsahariens, l'agriculture est largement tributaire des conditions climatiques. En effet, l'humidité du sol joue un rôle crucial pour les cultures. C'est un paramètre qui détermine la quantité d'eau disponible pour assurer la croissance des plantes. Cette étude avait pour but d'évaluer l'effet de la texture, de la pente, du type de labour et des différents états physiologiques du coton et du maïs sur l'humidité du sol. Pour atteindre ces objectifs nous avons placés des dispositifs de suivis constitués de trois placettes sur le haut de pente, le milieu de pente et le bas de pente dans les parcelles choisies en fonction du niveau d'intensification des producteurs. Les pentes ont été déterminées par une observation directe des différents observateurs dans les parcelles. La texture a été déterminée en fonction de l'appréciation texturale des producteurs et par le test du boudin. Au cours du suivi le type de labour sur chaque parcelle ainsi que les différents états physiologiques du coton et du maïs étaient identifiés. Enfin des échantillons de 300 à 700 g de sol ont été prélevés chaque trois semaines sur les profondeurs 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm, 80-100cm et séchés à l'étuve pendant 24 h à 105°C pour la détermination de l'humidité pondérale.

Les résultats ont montré dans un premier temps que le taux d'humidité des sols varie selon la texture de la surface en profondeur. Les forts taux d'humidité de surface sont observés sur les sols à texture argileuse, argilo-limoneuse et argilo-sableuse. Les faibles taux d'humidité sont observés sur les sols gravillonnaires, sable+gravillon et sableux. Il ressort également que l'humidité du sol évolue également en fonction de la pente. Les forts taux d'humidité ont été observés sur les bas de pentes et les faibles taux sur les hauts de pente. Les résultats en fonction du type de labour ont montré dans certaines parcelles qu'il n'existe pratiquement pas une différence de valeur entre les taux d'humidités au niveau de la surface du sol (horizon 0-20 cm). Dans d'autres parcelles, les parcelles labourées en billon présente de forte humidité de surface. Enfin l'analyse des différents profils hydriques a permis de montrer l'évolution du taux d'humidité aux différents états physiologiques des deux cultures. Il ressort des faibles taux d'humidité a la levée pour les deux cultures et ceux effectués à l'OC et à la récolte pour le coton. Les forts taux d'humidité sont observés à l'APP, à l'APBF et à la floraison pour le coton ainsi qu'à la montaison, à la floraison et à l'épiaison pour le maïs.

Mots clés : Humidité pondérale, pente, texture; types de labour ; Burkina Faso.

Abstract

In Burkina Faso, like most sub-Saharan countries, agriculture depends heavily on climatic conditions. Indeed, soil moisture plays a crucial role for crops. It is a parameter that determines the amount of water available for plant growth. The purpose of this study was to evaluate the effect of texture, slope, tillage and the various physiological states of cotton and maize on soil moisture. To achieve these objectives, we have set up three plots on the top of slope, slope and slope in the plots chosen according to the level of intensification of the producers. Slopes were determined by direct observation of the different observers in the plots. The texture was determined according to the textural appreciation of the producers and by the test of the sausage. During the follow-up, the type of plowing on each plot and the different physiological states of cotton and maize were identified. Finally, samples of 300 to 700 g of soil were taken every three weeks on the depths 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm and dried in an oven for 24 h at 105 ° C. for The determination of moisture content. The results showed that the moisture content of the soil varies depending on the texture of the surface at depth. High surface moisture levels are observed on soils with clayey, clayey-silty and clayey-sandy textures. Low moisture levels are observed on gravel, sand + gravel and sandy soils. It also appears that the soil moisture also varies according to the slope. High moisture levels were observed on slopes and low rates on slopes. The results according to the type of tillage have shown in some plots that there is practically no difference in the value of the moisture content at the soil surface (0-20 cm horizon). In other plots, the plowed plots in the ridge have high surface moisture. Finally, the analysis of the different water profiles allowed to show the evolution of the humidity rate to the different physiological states of the two cultures. The low moisture emergence rates for both crops and those for OC and harvest for cotton are evident. High moisture levels are observed at APP, APBF and flowering for cotton, and at run-up, flowering and heading for maize.

Key words: Moisture, slope, texture; Types of plowing; Burkina Faso.

Introduction

L'agriculture en Afrique de l'Ouest est vitale pour la population locale. Elle est fortement dépendante du climat. Cette dépendance est due au fait que la production agricole est basée sur une agriculture pluviale. Cependant, la saison des pluies connaît une forte perturbation ces dernières décennies, soit en termes de quantité d'eau reçue, soit en termes de distribution temporelle et spatiale des pluies (Maurizio *et al.*, 2008).

Au Burkina Faso, le climat se caractérise par sa longue saison sèche et par une saison des pluies de courte durée. En effet, l'irrégularité spatio-temporelle des pluies durant la saison humide est un handicap pour le secteur agricole qui occupe plus de 80% de la population (CCIA, 2006).

La province du Tuy est l'une des provinces du Burkina Faso qui offre des conditions favorables à la production agricole. C'est une zone qui est fortement dominée par la production de cultures vivrières (maïs et sorgho) et par les cultures de rentes dont le principal est le coton. Durant ces dernières années, la province a été confrontée à de nombreuses contraintes parmi lesquelles l'irrégularité des pluies, la dégradation des sols (MEF, 2013). Les conditions pédoclimatiques défavorables et les processus continus de dégradation des sols réduisent considérablement les rendements agricoles (Belemvire *et al.* 2008).

Les études menées par Slama (1989) ont montré qu'en absence de précipitations pour couvrir les besoins en eau des cultures, tout effort ou tentative d'amélioration de la productivité par l'apport d'engrais est inutile. Aussi, ces études ont montrées que les techniques culturales et la préparation adaptée des sols jouent un rôle favorable au stockage et à la conservation de l'eau dans la porosité capillaire du sol tout en luttant contre les adventices et en créant des conditions favorables à l'infiltration des eaux, qu'elles soient pluviales ou issues de l'irrigation. Les cultures qui sont principalement conduites sous régime pluvial, sont souvent soumises à des déficits hydriques de durée variable selon la quantité d'eau emmagasinée dans le sol et la rapidité de son épuisement par la transpiration des plantes et l'évaporation du sol (Tabiou, 2015). Ce déficit hydrique, qu'il soit prolongé ou de courte durée peut affecter inéluctablement et de manière négative la croissance et le développement des cultures par une diminution de 20 à 30 jours et par la suite la baisse des rendements (Nasta et Gates, 2013).

En agronomie, la prédiction de la production agricole et l'optimisation des irrigations, nécessitent des informations sur l'état hydrique du sol et sur ses variations. L'humidité des sols est donc un facteur important dans le suivi des cultures. Elle intervient aussi bien au

niveau de la biochimie du sol qu'au niveau du développement de la végétation (Lobell, 2002) avec par exemple l'étude du phénomène de désertification (Chabrillat, 2007). L'humidité des sols est une grandeur qui conditionne de nombreux processus à la surface et en lien avec l'atmosphère. Plus en profondeur, l'humidité dans la zone racinaire conditionne le développement ou le stress hydrique de la végétation, le rendement des cultures ainsi que les flux d'évapotranspiration. Plus l'information sur l'humidité du sol sera précise, meilleure sera la gestion de l'eau en agriculture. L'eau est un élément essentiel à la vie et sa conservation de même que son utilisation rationnelle passent par une connaissance de sa dynamique dans l'écosystème agricole. C'est dans cette optique que cette étude dont le thème est: <<Evaluation de l'humidité du sol sous culture de coton et du maïs dans la province du Tuy au Burkina Faso: cas des villages de Boni, de Dimikuy, de Founzan, de Gombeledougou, et de Koumbia>> a été menée.

L'objectif global de cette étude est d'évaluer l'effet des caractéristiques physiques des parcelles ainsi que des dates de prélèvements du type de labour sur l'humidité du sol.

Les objectifs spécifiques poursuivis par l'étude sont :

- évaluer l'effet de la texture sur l'humidité du sol ;
- évaluer l'effet la topographie sur l'humidité du sol ;
- évaluer l'effet du type de labour sur l'humidité du sol ;
- évaluer l'évolution de l'humidité du sol aux différents états. Physiologiques du coton et du maïs.

Ce mémoire comporte essentiellement trois chapitres. Le premier chapitre est axé sur la synthèse bibliographique. Le deuxième chapitre comporte la méthodologie suivie au cours de l'étude. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussion. Enfin nous terminons par une conclusion.

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

I. Etats de l'eau dans le sol

La teneur en eau des sols est fonction du profil de sol, et par conséquent de sa composition, sa texture et sa structure. Cette quantité d'eau dépend de la porosité et de la perméabilité du sol. Selon Beauchamp (2006), on distingue quatre grands types de forme d'eau en fonction de la taille des porosités :

L'eau libre : elle s'écoule librement dans des macroporosités (supérieures à 10 μm) sous l'effet de la gravité. La majorité de cette eau libre circule en profondeur pour rejoindre les nappes phréatiques ;

L'eau capillaire et l'eau liée : elles remplissent les pores capillaires, c'est-à-dire fins (inférieurs à 10 μm), et sont absorbables par les racines ;

L'eau hygroscopique : elle est piégée à la surface par des pores très fins (inférieurs à 0,2 μm) et forme une fine pellicule à la surface des particules du sol ;

L'eau d'hydratation : elle est encore plus microscopique, et est incluse à l'intérieur des minéraux.

Ces formes d'eau et notamment les eaux capillaires et liées, représentent des variables fondamentales pour évaluer les réserves d'eau utile (RU) à la végétation (Duchaufour, 2001).

Plusieurs états hydriques des sols, allant des sols saturés aux sols secs sont distingués (Figure 1). Pour les sols saturés, tous les vides sont remplis et le sol ne peut plus emmagasiner d'eau. Après saturation du sol, l'état de ressuyage apparaît (l'eau de gravité s'écoule et vide les macroporosités). L'eau restant après ressuyage correspond à la capacité au champ, c'est à dire à l'eau qui est retenue dans les porosités des capillaires. L'état de flétrissement est atteint au moment où les racines ne peuvent plus absorber l'eau du sol, car l'eau n'est plus disponible dans les pores capillaires.

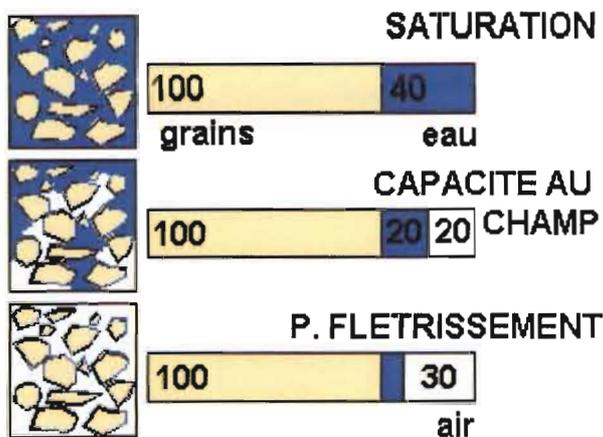


Figure 1 : Etats de l'eau dans le sol, d'après Beauchamp (2006).

II. Notion d'humidité du sol

2.1. Définition

Il existe dans la littérature plusieurs définitions de l'humidité. En effet la quantité d'eau contenue entre les particules du sol dans la zone non saturée des surfaces continentales est appelée l'humidité du sol (Truong, 2010). Selon Thanh (2002) l'humidité du sol est l'eau évaporable contenue dans la portion de sol se trouvant au-dessus de la nappe libre.

2.2. Enjeux de la connaissance de l'humidité du sol

L'humidité constitue une variable fondamentale dans plusieurs disciplines des sciences de l'environnement, telles que l'agronomie, l'hydrologie, la météorologie et l'hydrogéologie. Sa connaissance précise est un élément clé pour surveiller la croissance de la végétation, prédire la production agricole, améliorer la gestion des ressources en eau; mieux comprendre les processus de transferts d'eau et de chaleur dans l'interaction entre surfaces continentales et l'atmosphère (Truong, 2010).

2.3. Facteurs influençant l'humidité du sol

L'humidité du sol dépend d'un ensemble de facteurs. Elle est influencée par le climat, le sol ainsi que le mode d'occupation du sol (Eilers, 1991). Le climat fait référence au bilan hydrique de la zone étudiée. En ce qui concerne le sol, on y inclut les propriétés physiques du sol qui ont une influence sur la vitesse et la direction de l'eau et le temps de saturation. Pour le mode

mode d'occupation, on fait référence aux effets des diverses pratiques agricoles sur la relation entre l'eau et le sol (Eilers, 1991).

2.3.1. Influence du climat sur l'humidité du sol

L'apport d'eau en agriculture est fortement basé sur les précipitations. Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol. Une partie de l'eau est évaporée pendant et après la pluie, les gouttes d'eau peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltré et l'humidifie. S'il y a présence de végétation, les racines absorbent l'eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Un sol saturé en eau présente un excès d'humidité sous forme de mares d'eau ou inondation.

2.3.2. Influence de la topographie sur l'humidité du sol

La topographie influence la variabilité spatiale de l'humidité de surface des sols. En effet, on peut observer qu'en haut de pente, l'humidité de surface est normalement plus faible et que plus on se dirige vers le bas, plus l'humidité est élevée (Pater et McReynolds, 2005). Ce phénomène est dû au ruissellement ainsi qu'à l'écoulement hypodermique et souterrain le long du gradient de pente. De plus, on peut associer à ce processus un déplacement de particules, plus particulièrement celles de petite taille comme l'argile et le limon fin, qui s'accumulent au bas de la pente. Ces particules sont facilement compactables, ce qui entraîne une diminution de la porosité, une augmentation de la densité du sol et affecte la teneur en humidité du sol (NRCS, 1996). Ce gradient de pente entraîne également une différence dans l'évolution des sols (Lafond, 1992). Ainsi, on retrouve souvent des podzols sur les crêtes et en haut de pente, des brunisols en milieu de pente et des gleysols ou sols organiques dans les dépressions, en bas ou dans le pied de pente. Le modèle peut être légèrement différent si le socle rocheux présente des ondulations, comme c'est fréquemment le cas dans les Appalaches (plissement appalachien). En bref, la topographie joue un rôle important dans la variabilité spatiale de l'humidité des sols (Lafond, 1992)

2.3.3. Influence de la couverture végétale sur l'humidité du sol

La nature du couvert végétal influence le comportement de l'eau provenant des précipitations. En effet, la végétation s'oppose au ruissellement de surface et favorise l'infiltration. Les tiges constituent des obstacles à l'écoulement superficiel puisqu'elles diminuent la vitesse des filets

d'eau. Quant aux racines, elles augmentent la perméabilité du sol. La présence et le type de culture influencent grandement les effets d'une précipitation sur un sol. En effet, selon Beauchamp (2006), les conséquences des précipitations seront plus importantes pour une parcelle sous culture de maïs, que pour une prairie. Il établit d'ailleurs qu'une prairie protégera le sol de sorte que seulement 5 % de celui-ci sera affecté par l'eau de pluie comparativement à 50 % pour la culture de maïs. Le choix d'une culture a aussi un effet sur la gestion du sol en modifiant certaines propriétés du sol, telles que sa structure. Une culture sur billons peut entraîner le compactage de la zone non cultivée, qui aura pour effet de créer des zones d'accumulation de l'eau ainsi que des surfaces de sol nues non protégées.

2.3.4. Influence de la structure sur l'humidité du sol

La structure d'un sol a un impact direct sur la variabilité de la teneur en eau de ce sol puisqu'elle contrôle l'infiltration et la percolation de l'eau dans le sol ainsi que les réserves d'eau et de gaz (Shukla et Lai, 2002; Slater et Mancl, 2005). Une bonne structure est le fruit d'une activité biologique (microfaune et mésofaune) intense tant sur le plan du nombre que de la variété et de la complémentarité des espèces présentes (Savoie, 2009). De plus, elle est aussi le résultat d'un assemblage des particules élémentaires sous forme d'agrégats. La teneur en argile et la teneur en matière organique du sol jouent un rôle essentiel dans le degré de structure du sol et sa stabilité temporelle. Un bon assemblage assure au sol une certaine stabilité, une bonne aération et un bon drainage. La figure 2 illustre quelques exemples de structures de sol formées à partir de différents types de particules et met en comparaison l'écoulement associé à celles-ci.

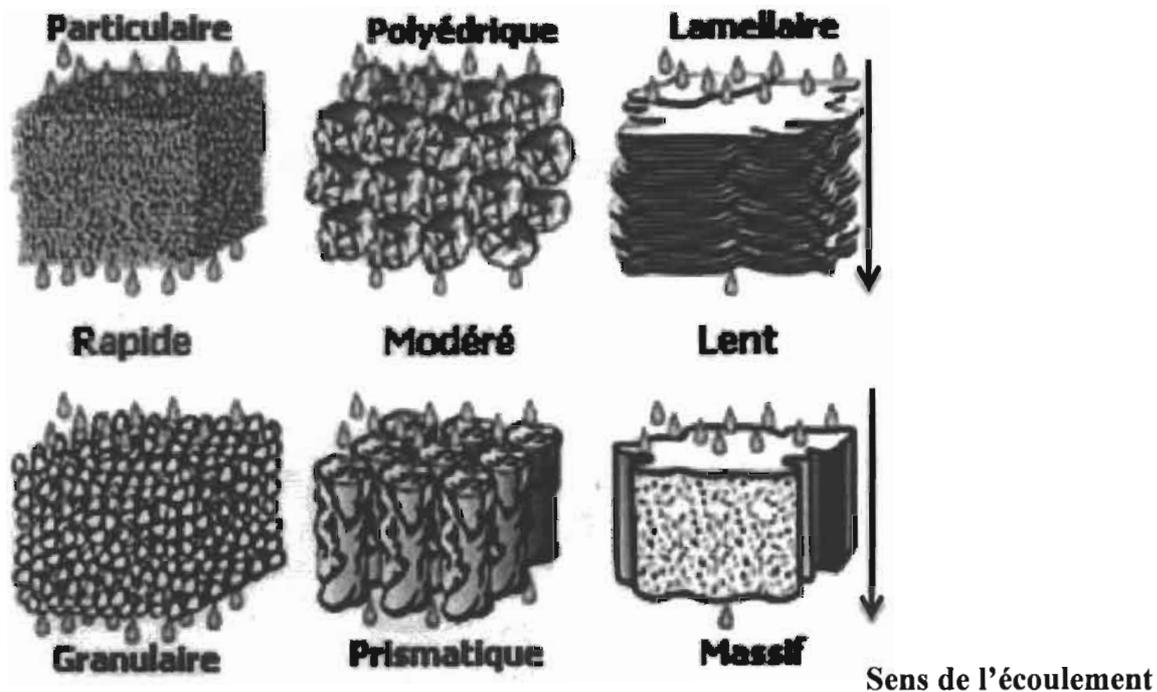


Figure 2 : Différents types de structure du sol et leur effet sur la rapidité d'écoulement de l'eau dans le sol (Labrecque, 2011)

2.3.5. Influence de la Texture sur l'humidité du sol

La texture du sol influence sa teneur en humidité (Fausey, 2002; Pater et McReynolds, 2005). Celle-ci joue à deux niveaux. Plus la texture est grossière, comme le sable, plus l'évacuation de l'eau sera facilitée. De plus, contrairement aux sables, les argiles ont une bonne capacité d'échange cationique ce qui leur procure une meilleure capacité de rétention en eau (Fausey, 2002; Pater et McReynolds, 2005). Les fragments grossiers de taille supérieure à > 2 mm ne peuvent généralement pas retenir l'eau et plus leur nombre est grand, la capacité de rétention en eau des sols est moins.

2.3.6. Influence de la matière organique sur l'humidité du sol

La teneur en matière organique influence la teneur en humidité d'un sol, maintenant l'eau dans le sol par sa bonne capacité de rétention (NRCS, 1998). Certains sols ayant des teneurs en matière organique très élevées seront saturés en eau. C'est particulièrement le cas en milieu humide (tourbière, marécage, marais, etc.) caractérisé par l'accumulation de matières organiques qui se décomposent très lentement (> 17 % de C organique). Cependant, la matière organique peut, dans certains cas, améliorer les teneurs en humidité des sols, en liant

d'autres particules de sols (limons, argiles) pour former des agrégats favorisant ainsi une meilleure structure et porosité du sol (Fausey, 2002).

III. Généralités sur le coton et le maïs

3.1. Généralités sur le coton

3.1.1. Description physiologique du coton

Le cotonnier est une plante vivace mais cultivée comme une culture annuelle. Les variétés cultivées ont alors conservé de leurs ancêtres sauvages la possibilité de refleurir après leur premier cycle de fructification. Elles ont une croissance de type indéterminé et on rencontre sur la même plante des boutons floraux, des fleurs et des capsules à tous les âges de développement. La fleur est hermaphrodite et le mode de reproduction est préférentiellement autogame mais avec des taux d'allogamie pouvant atteindre 30% dans certaines localités en fonction de la densité des insectes pollinisateurs (Hau et *al.*, 1987). L'importance du taux d'allogamie chez le cotonnier dépend de l'intervention des principaux pollinisateurs, des hyménoptères parmi lesquels les abeilles (*Apis sp.*) et les bourdons (*Bombus sp.*) sont les plus actifs en Afrique. Tous les facteurs pouvant intervenir sur leur nombre, leur répartition ou leur efficacité modifient le taux d'allogamie (Lançon, 1995 ; Lançon et *al.* 2000d) : climat, géographie, calage des cycles, protection phytosanitaire, distance entre plantes et itinéraire technique.

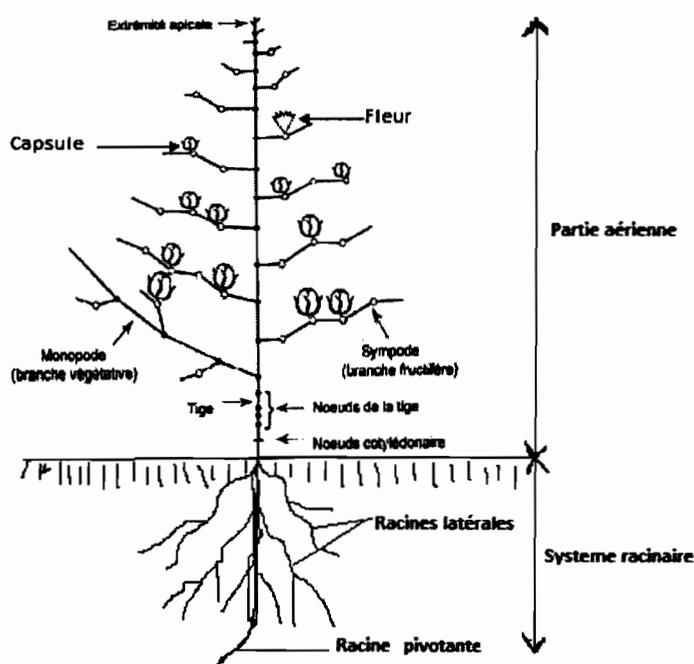


Figure 3: schéma d'un plant de cotonnier (Parry, 1982)

3.1.2. Exigences écologiques du cotonnier

Le développement cotonnier nécessite une saison sèche terminale bien marquée, indispensable à une bonne ouverture des capsules et à la récolte. Le climat intertropical de savane convient donc assez bien de ce point de vue.

3.1.2.1. Température

La croissance végétative et le développement des organes reproducteurs chez le cotonnier sont fortement influencés par la température. Les travaux effectués par Parry (1982) ont rapporté que la température minimum de croissance est de 13°C et que la température optimale se situe entre 27 et 32°C.

Toute levée est impossible en dessous de 15°C. L'environnement thermique le plus favorable pour la culture du cotonnier varie entre 25° et 30°C pour les températures diurnes et entre 15 et 20°C pour les températures nocturnes (Demol, 1992). L'exposition du cotonnier à des températures basses (0 à 10°C) provoque chez lui des dégâts appelés « schilling » (perte de turgescence d'un nombre croissant de feuilles pouvant aller dans les cas extrêmes jusqu'à la mort de la plante).

3.1.2.2. Besoins en eau du cotonnier

Le système racinaire pivotant du cotonnier lui confère une bonne résistance à la sécheresse. Ses besoins en eau varient en fonction de son stade de développement. Les besoins en eau s'accroissent avec le développement de la plante. Ils sont importants pendant la période de floraison, quand la surface foliaire est à son maximum, et représente quelque 50 à 60% des besoins totaux (Doorenbos et Kassam, 1987). En effet il faut compter 2 à 3mm d'eau par jour en début de végétation et 4 à 7 mm par jour en période de floraison et de formation des capsules. Au moment de la maturation des capsules, la saturation du sol n'est plus nécessaire et 2 à 3mm d'eau par jour suffisent. L'arrêt total des pluies en période de déhiscence des capsules et de récolte est la situation la plus favorable. En théorie, 400 à 500 mm d'eau devraient suffire pour permettre au cotonnier de réaliser son cycle, mais pratiquement, à cause des diverses pertes, on estime ses besoins moyens en eau à environ 700mm. Le déficit hydrique perturbe moins le développement reproducteur et la croissance des capsules que l'expansion foliaire, la rétention des organes reproducteurs et la croissance végétative. Il peut avoir une influence négative sur la qualité de la fibre (CIRAD-GRET ,2002).

3.1.2.3. Sol

En même temps qu'il supporte la plante, le sol constitue le réservoir dans lequel elle puise l'eau et éléments minéraux. Un bon sol pour la culture cotonnière doit être profond, riche en matière organique, bien travaillé pour être aéré et perméable à l'eau et aux racines. Pour assurer une bonne production, l'application d'un amendement calcaire est indispensable dès que le pH est inférieur à 5,0. Le cotonnier préfère les sols pas trop lourds de type argilo-sableux ou sablo-argileux. Il ne supporte pas du tout les terres trop humides mais peut s'accommoder d'un certain niveau de salinité. Toute augmentation de la concentration en sels au-delà de 5 à 6% se traduit généralement par une baisse de production.

3.2. Généralités sur le maïs

3.2.1. Description physiologique du maïs

Le maïs est une plante herbacée annuelle monoïque dicline. La taille est très variable allant de 40 cm jusqu'à 6 m, généralement entre 1 et 3 m pour les variétés couramment cultivées (CIRAD-GRET, 2002).

Elle a une tige unique qui a un gros diamètre et pleine, lignifiée et formée de plusieurs entrenœuds d'une vingtaine de centimètres séparés par autant de nœuds. Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille alternativement d'un côté et de l'autre de la tige. On compte entre 14 et 22 feuilles selon les variétés.

Les feuilles, typiques des graminées, mais de grande taille (jusqu'à 10 cm de large et un mètre de long), ont une gaine en serrant la tige et un limbe allongé en forme de ruban à nervures parallèles. À la base du limbe se trouve la ligule qui a quelques millimètres de haut.

Le système racinaire comprend un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige, formant des couronnes successives, tant sur les nœuds enterrés que sur les premiers nœuds aériens, dans une zone où les entrenœuds sont très courts. Ces racines forment un système fasciculé qui peut atteindre une profondeur supérieure à un mètre. Ces racines d'ancrage permettent d'éviter la verse.

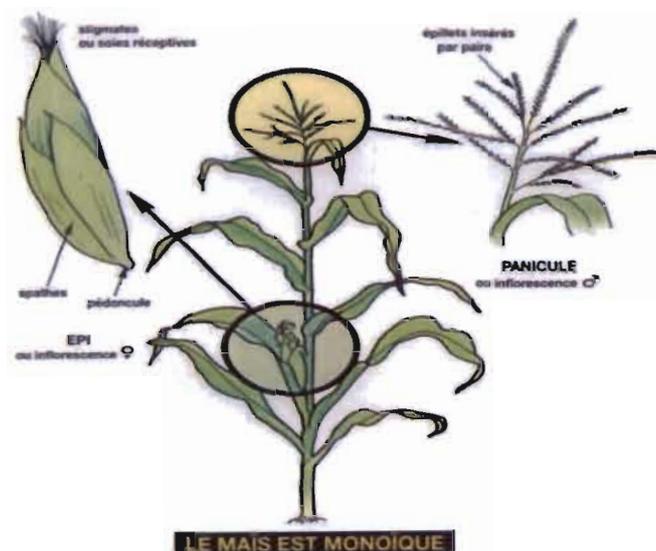


Figure 4: Plant de maïs (www.gnis-pedagogie.org, consulté le 29/12/2016 à 15h30mn)

3.2.2. Exigences écologiques du maïs

III.2.2.1. Température

Le maïs est une plante très sensible à la température élevée. En effet la température optimale de germination est de 25°C, et en dessous de 10°C il n'y a pas de germination (CIRAD-GRET, 2002). Quand le sol est mal humidifié, les hautes températures deviennent défavorables (Yira, 2008). La température et l'humidité sont les deux principaux facteurs limitants de la croissance et donc du rendement du maïs.

3.2.2.2. Besoin en eau

Les besoins en eau du maïs sont estimés à 600 mm pour une variété de 120 jours. Ces besoins varient en fonction de la variété. En raison de ses exigences en eau le maïs est cultivé dans la région Ouest du pays (Somé, 1989 ; Dabiré, 2000). La période critique de sensibilité à la sécheresse du maïs selon Soltner (1990) se situe entre 15 jours avant et 15 jours après la floraison. En effet près de 40% des besoins en eau sont absorbés pendant cette période (Tiemtoré, 2001). Au Burkina Faso, on estime les besoins en eau à environ 5,2 - 5,5 mm/jour jusqu'à la floraison, 6 mm/ jour de la période de floraison à la fin de la formation des grains et moins de 4 mm après la formation des grains (Hiema, 2005).

3.2.2.3. Sol

Le maïs aime les sols profonds bien drainés, modérément lourds, riches en matière organique et à pH situé entre 6 et 7 ; toutefois, il tolère une faible acidité du sol. Il peut se cultiver aussi bien sur les terres légères et filtrantes que sur les sols très argileux. Le maïs exige un sol bien garni en éléments minéraux et en matière organique. Il a besoin d'un apport régulier et équilibré en substances minérales. Les éléments minéraux les plus importants sont l'azote, le phosphore et le potassium. Il n'est pas adapté aux sols acides, salés et gorgés d'eau (Hoopen et Maïga, 2012).

IV. Présentation de la province du Tuy

4.1. Localisation

La province du Tuy est comprise entre 11° et 12° de latitude Nord et entre 3° et 4° de longitude Ouest. Elle forme avec les provinces du Houet et du Kéné Dougou, la région des Hauts-Bassins. Elle est limitée au Nord et à l'Est par les provinces des Balés et du Mouhoun, à l'Ouest par la province du Houet et au Sud par les provinces de la Bougouriba et de l'Ioba. La province couvre une superficie de 5 632 km², soit 2,07% du territoire nationale et 22,1% du territoire régional.

4.2. Climat

La province du Tuy bénéficie d'un climat sud-soudanien et nord-soudanien caractérisé par deux grandes saisons, une saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. Située entre les isohyètes 800 et 1000 millimètres, la province est relativement bien arrosée par les pluies.

4.3. Sols

Selon le MEF en 2013, les principaux types de sols que l'on rencontre dans la province du Tuy sont :

- Les sols ferrugineux riches en dioxyde de fer et couleur rouille occupant 30% du territoire avec une valeur agronomique moyenne ;
- les sols bruns eutrophes riches en éléments alcalins et propice à l'agriculture ;
- les sols gravillonnaires qui sont un peu partout sur le territoire provincial avec des valeurs agronomiques faible ;
- les sols sablo- argileux et les sols hydromorphes occupant les vallées des cours d'eau.

4.4. Végétation

La formation végétale est constituée de savanes arborées et arbustives plus ou moins denses du Nord au Sud de la province. Les espèces ligneuses sont nombreuses. On rencontre fréquemment les espèces suivantes : *Vitellaria parki*, *Parkia biglobosa*, *Anogeisus leicarpus*, *Lannea microcarpum*, *Azelia africana*, *Ptérocarpus erinaceus*, *Prosopis africana*, *Terminalia sp*, *Daniella oliveri* et divers combrétacées. Quant au tapis herbacés, il est constitué de *Loudetia togoensis*, *Penicetum pedicelatum*, *Andropogon acinodis* et *Andropogon gayanus* (MEF, 2013).

Chapitre 2 : Méthodologie

I. Présentation des villages

Notre étude s'est déroulée dans la province du Tuy située entre les latitudes 11 et 12 de degrés nord et les longitudes 3 et 4 de degrés Ouest. Les travaux ont été effectués dans les villages de Boni, Dimikuy, Founzan, Gombélé Dougou et Koumbia.

1.1. Localisations

Le village de Boni est situé sur la RN1 à 15 km de Houndé(chef-lieu de la province). Dimikuy est situé 5 kilomètres de Béréba et à 30 kilomètres de Houndé sur la route départementale RD18 reliant Houndé à Sara et est à 130 kilomètres au Nord-Ouest de Bobo- Dioulasso. La commune couvre une superficie de 569 km².

Quant à Founzan, il est situé à 40 km du chef-lieu de la province, sur l'embranchement de Pâ, par la route nationale RN 12. Gombélé Dougou est localisé à 18 km à l'Ouest de Koumbia et à 85 km de Bobo-Dioulasso. Koumbia est sur la route nationale N° 1 à 34 km au Sud-Ouest de Houndé et 67 km à l'Est de Bobo-Dioulasso. La figure 5 permet de localiser les différents villages par rapport à Bobo-Dioulasso et à Houndé.

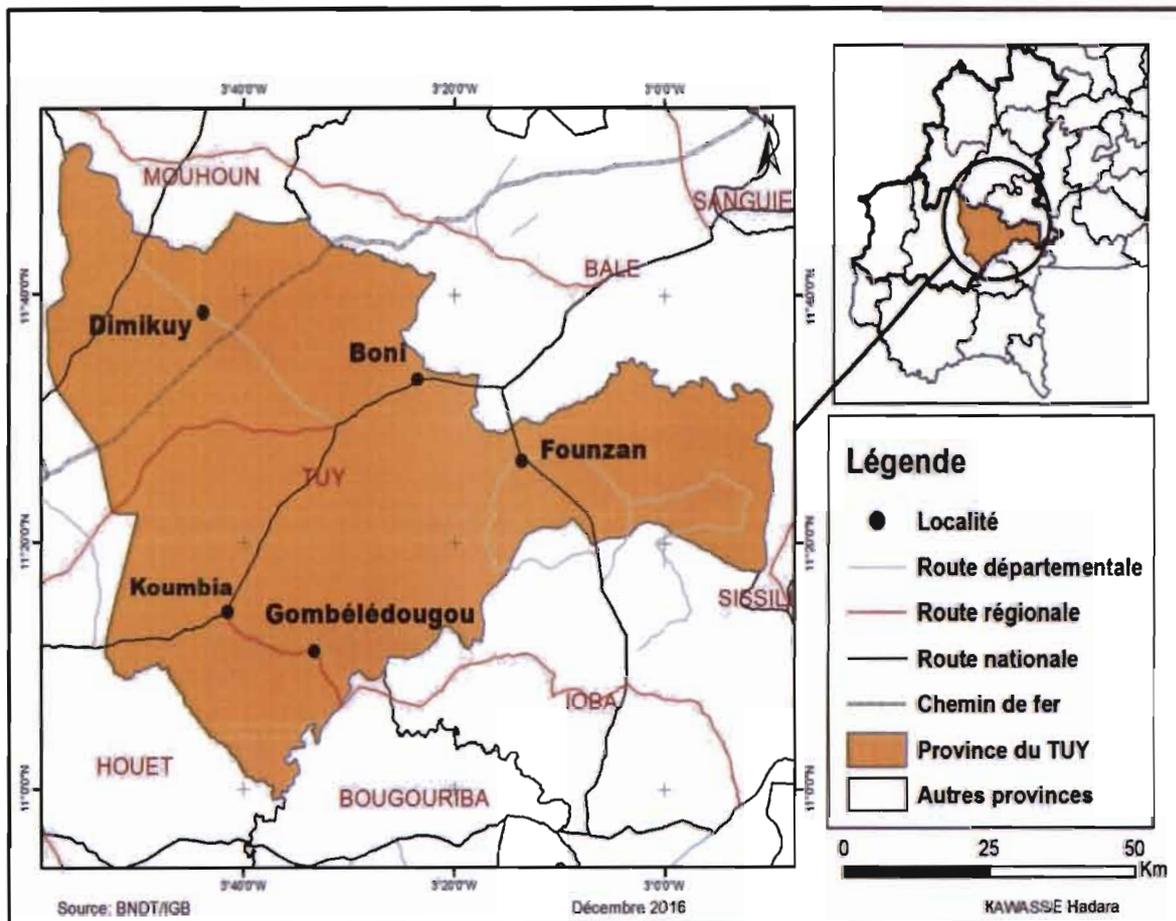


Figure 5: Localisation des différents villages

1.2. Climat

L'ensemble des cinq villages bénéficie d'un climat sud-soudanien avec deux grandes saisons, une saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. En effet la moyenne pluviométrique annuelle de ces villages varie entre 800 et 1100 mm.

La figure 6 montre la pluviométrie moyenne mensuelle enregistrée par chacun des villages au cours de la campagne agricole 2015. On remarque dans l'ensemble une installation de pluie à partir du mois de mai et un arrêt des pluies en Octobre. Cela se traduit par une installation tardive de la saison des pluies qui normalement devront s'installer dans le mois d'avril. Dans l'ensemble des villages on constate que le mois d'Aout et de Septembre sont les plus arrosés avec des hauteurs d'eau qui sont respectivement supérieures à 300 mm et 200 mm.

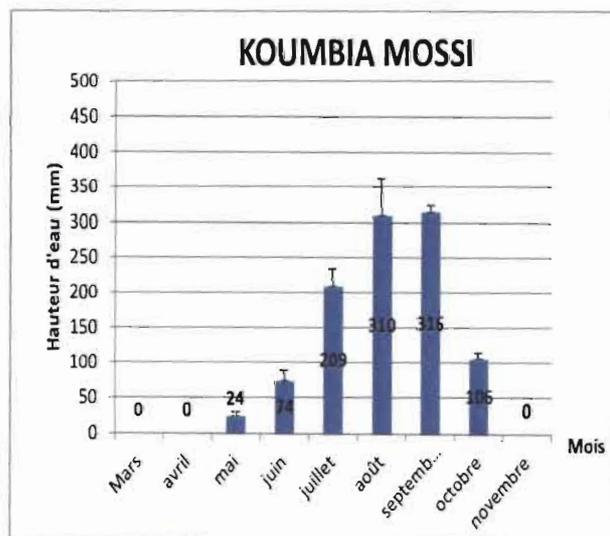
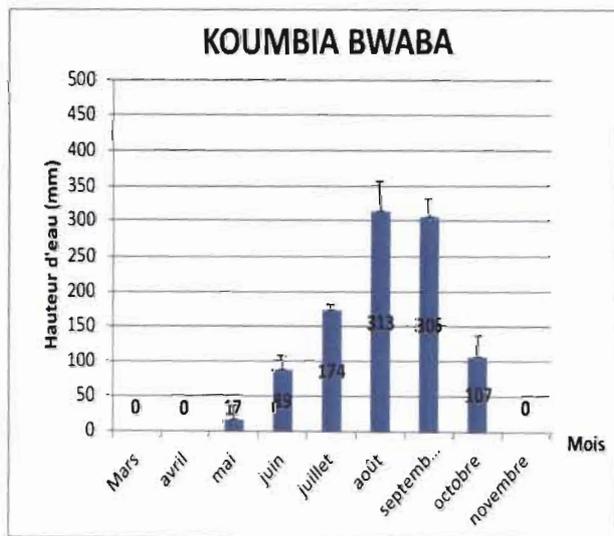
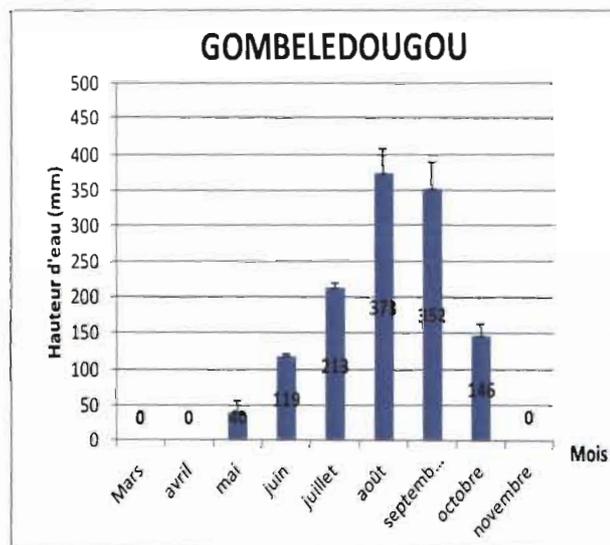
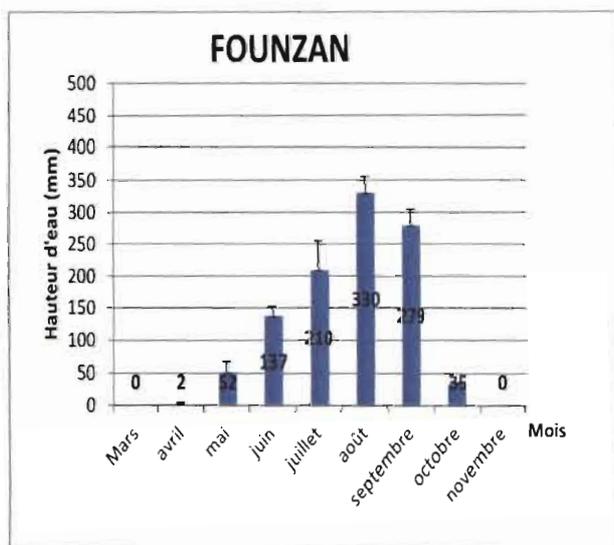
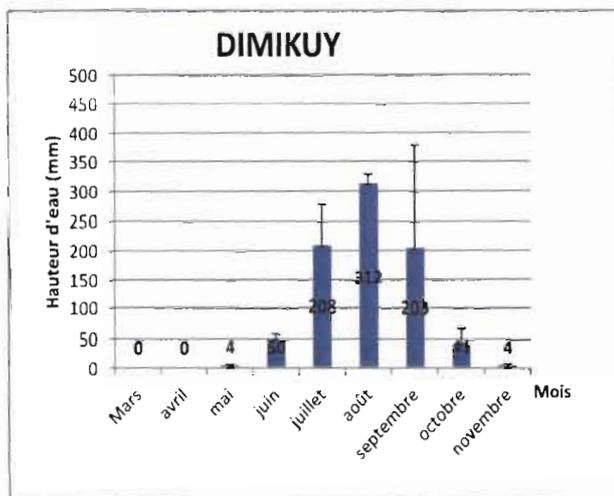
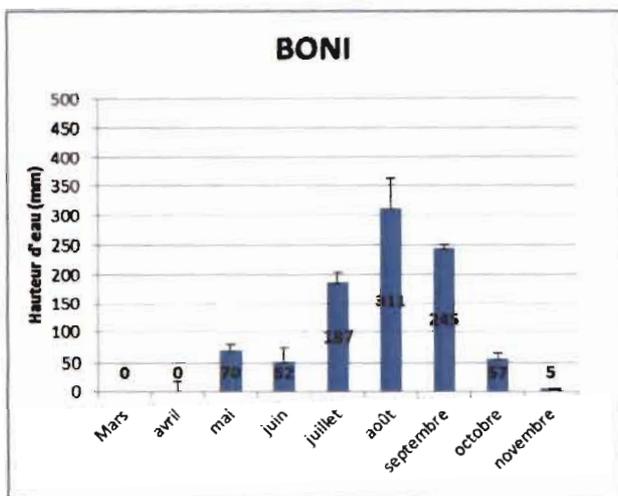


Figure 6: Pluviométries moyennes mensuelles des différents villages au cours de la campagne agricole 2015 (les moyennes pluviométriques ont été calculées à partir des données pluviométriques de trois pluviomètres placées dans chaque village).

II. Choix des parcelles

Le choix des parcelles s'est fait en fonction du niveau d'intensification des producteurs, du type de sol et sur la base du volontariat. L'objectif étant d'avoir une diversité de situations dans l'échantillon. Dans le cadre de notre étude, 04 parcelles de coton et 02 parcelles de maïs ont été retenues dans les villages de Boni, Dimikuy, Founzan, et Gombeledougou. A Koumbia nous avons également retenu sept parcelles dont trois parcelles de coton contre une parcelle de maïs à Koumbia Bwaba et deux parcelles de maïs à Koumbia Mossi. Au total 30 parcelles dont 19 parcelles de coton et 11 parcelles de maïs ont été retenues dans les cinq villages pour l'étude

III. Dispositif de suivi

Le dispositif de suivi est composé de 03 placettes, au nombre de trois par parcelle. Chaque placette a une superficie de 25 m² (5 m x 5 m). Les placettes ont été délimitées par des piquets en bois. Le choix de l'emplacement des placettes a été effectué pour capter la plus grande variabilité au sein de la parcelle (topographie du terrain, les types de sols).

3.1. Paramètres observés

Le contenu des suivis était basé sur la notation de différents paramètres liés aux cultures ainsi que les caractéristiques des différentes parcelles à savoir la pente et la texture des sols. Ce sont ces derniers qui sont utilisés dans le cadre de notre travail en lien avec l'humidité du sol. Les types de labour sur l'ensemble des parcelles ont été également notés à partir de l'observation directe dans les parcelles. La notation des pentes était basée sur une observation directe afin de distinguer les hauts de pentes, les milieux de pente et les bas de pente dans chaque parcelle. La texture des sols dans chaque parcelle a été déterminée à partir de l'appréciation texturale des producteurs et par la méthode du boudin.

La méthode du boudin est une manière aisée de connaître le type de sol à partir d'une poignée de terre qui est malaxée jusqu'à obtenir un boudin. Si le boudin est souple et malléable, il s'agit d'une terre argileuse. Si le boudin est fragile et se défait facilement, il s'agit d'une terre limoneuse. S'il est impossible de faire un boudin, il s'agit donc d'une terre sableuse.

3.2. Suivi de l'humidité

Pour la détermination des humidités caractéristiques, des échantillons de sol ont été prélevés toutes les trois semaines sur les 30 parcelles. Il y a eu un décalage de certains prélèvements au-delà des trois semaines pour des raisons de pluie dans les villages. En cas d'une pluie de courte durée le prélèvement est effectué à 2 heures après la pluie. Si la pluie s'étale sur toute la journée les prélèvements sont reportés au lendemain. Le décalage de certains prélèvements s'explique par l'inaccessibilité aux parcelles lors d'une pluie de forte intensité. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une tarière bien graduée. Dans chaque placette des échantillons sont prélevés à 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm, 80-100cm selon la profondeur des sols. Les prélèvements sont effectués dans les interlignes et dans les bordures des placettes durant la saison pour chaque culture. Chaque échantillon prélevé est immédiatement introduit dans un sachet plastique de poids bien connu pour éviter son contact avec l'air. L'ensemble (PS=sachet+échantillon de sol humide) est pesé à l'aide d'une balance de marque Kern. Sur chaque échantillon un identifiant est collé à l'aide d'une étiquette comportant le nom du village, le numéro de la parcelle, l'horizon, le poids sachet+sol humide. Ainsi dans chaque parcelle des échantillons de 300 à 700 g ont été prélevés par placette.

Les échantillons prélevés sont introduit dans des bocaux de poids connu puis introduit à l'étuve pendant 24 heures à une température 105°C. Après les 24h les bocaux sont enlevés de l'étuve pour être pesé afin de déterminer le poids du sol sec. Le poids du bocal est soustrait du poids du bocal+Sol(PBS) sec pour obtenir le poids du sol sec. Nous avons effectué six prélèvements de sol effectués sur les parcelles de coton, quatre sur les parcelles de maïs. En effet chaque prélèvement a été effectué dans un intervalle de temps au cours de la saison des pluies dans toutes les parcelles. Ainsi, les tableaux 1 et 2 montrent différents prélèvements correspondant à des états physiologiques des deux cultures.

Tableau 1 : Les prélèvements correspondants aux différents états physiologiques du cotonnier

N° prélèvement	Dates	Etats physiologiques
1	29 Juin au 3 Juillet	levée
2	22 au 26 Juillet	APP
3	13 au 18 Août	APBF
4	9 au 16 Septembre	floraison
5	4 au 21 Octobre	OC
6	15 au 24 Novembre	récolte

APP=apparition des premières pousses; APBF= apparition des premiers boutons floraux; OC=ouverture des capsules.

Tableau 2 : Les prélèvements correspondants aux différents états physiologiques du maïs

N° prélèvement	Dates	Etats physiologiques
1	29 Juin au 3 Juillet	levée
2	22 au 26 Juillet	montaison
3	13 au 18 Août	floraison
4	9 au 16 Septembre	épiaison

3.3. Détermination de l'humidité pondérale

Après prélèvement du sol et le séchage des échantillons à l'étuve on obtient le poids du sol humide et le poids du sol sec. A partir de ses données nous avons déterminé l'humidité pondérale(Hp) de chaque échantillon par la formule ci-dessous :

$$Hp \text{ en } \% = \frac{(\mathbf{PS} - \text{Poids du sachet}) - (\mathbf{PBS} - \text{Poids du bocal})}{(\mathbf{PBS} - \text{Poids du bocal})} * 100$$

PS= poids du sachet+poids de l'échantillon de sol humide

PBS= poids du bocal+poids du sol sec

IV. Analyse des données

Le tableur Excel version de 2010 a été utilisé pour la saisie des données. Il a également permis de faire une analyse statistique descriptive à travers des tableaux croisés dynamiques(TCD) et la construction des différents graphiques.

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

I. Résultats

1.1. Effet de la texture sur l'humidité du sol

1.1.1. Profil hydrique en fonction de la texture du sol

1.1.1.1. Profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de coton

La figure 7 montre l'évolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de coton des différents prélèvements. Sur l'horizon de surface 0-20 cm les forts taux d'humidité sont observés sur les sols à texture argilo-limoneux aux prélèvements du 29 juin au 03 juillet, du 09 au 16 septembre et du 15 au 24 novembre. Lors des prélèvements du 29 juin au 03 juillet et du 13 au 18 août, les forts taux sont respectivement observés sur les sols à texture argilo-sableux et argileux. Le faible taux d'humidité de surface est observé sur les sols à texture argileux avec une valeur de 1,52% au prélèvement du 29 juin au 03 juillet. A l'exception de ce dernier on observe les faibles taux d'humidités soit au niveau des sols à texture argilo-sableux, gravillonnaires, sable+gravillon et sableux dans les autres prélèvements. Dans l'ensemble nous remarquons une augmentation du taux d'humidité en profondeur sur tous les types de sol. Cependant, il diminue en profondeur sur les sols à texture sable+gravillon au prélèvement du 29 juin au 03 juillet. Lors de ce prélèvement des taux d'humidité de 28,20% et 29,87% sont observés respectivement sur sol argileux et argilo-sableux à 50 cm et 70 cm de profondeur. On note cependant le taux le plus élevé au niveau des sols à texture argilo-limoneux avec une valeur de 37,35% sur une profondeur 70 cm. Nous retenons donc que l'humidité du sol augmente de la surface à la profondeur en fonction du type de sol. Les fort taux sont observés soit sur les sols argilo-limoneux, argilo-sableux et argileux lors des différents prélèvements à l'exception du prélèvement du 29 juin au 03 juillet ou il enregistre la plus faible valeur sur les sols argileux.

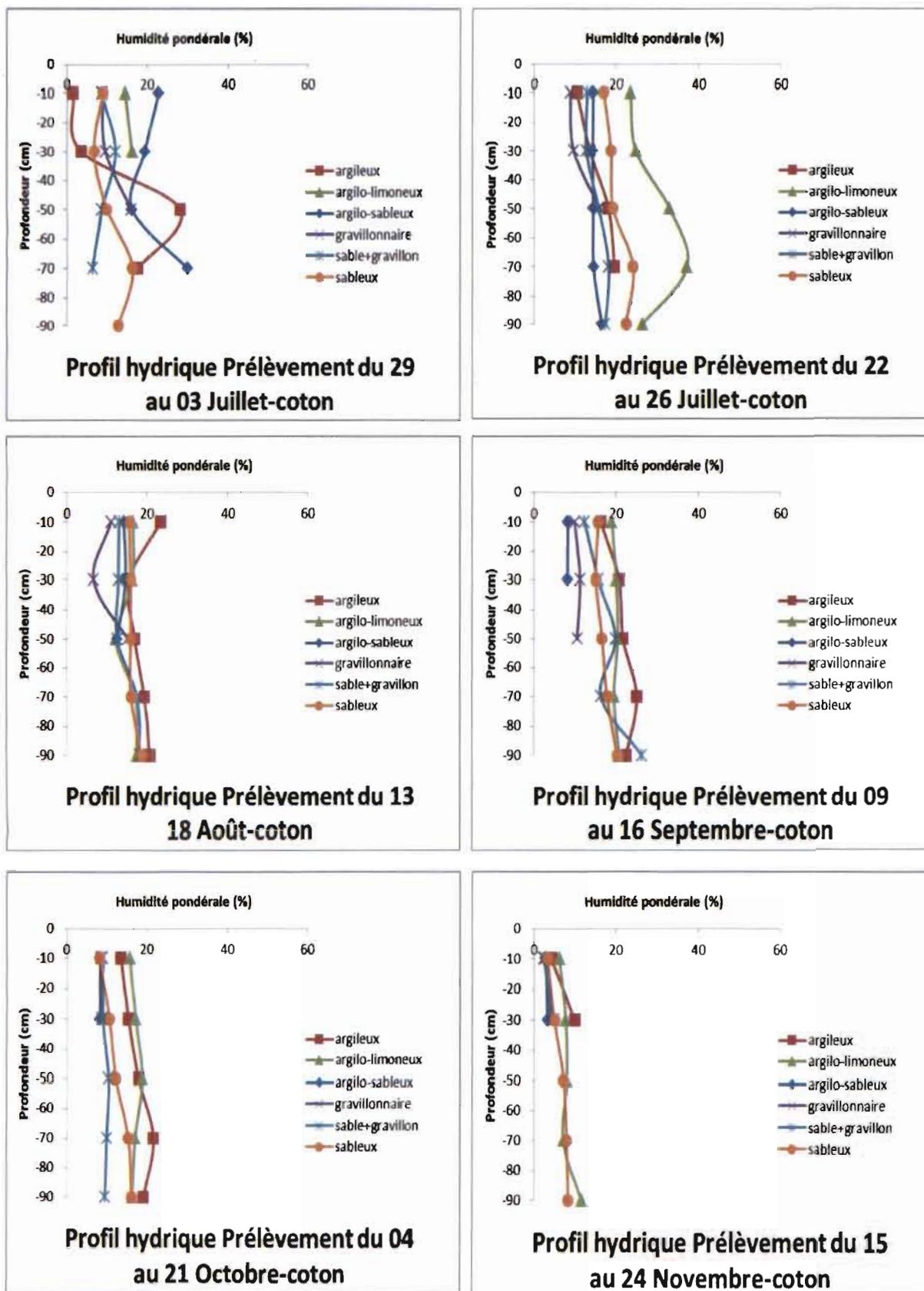


Figure 7: Evolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de coton

1.1.1.2. Profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de maïs

La figure 8 montre l'évolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de maïs. Il convient de noter qu'au niveau de l'horizon de surface (0-20 cm) les sols à texture argileux ont enregistré les taux d'humidité les plus élevés sur l'ensemble des prélèvements. Les sols gravillonnaires, limoneux et sableux enregistrent les faibles taux d'humidité avec des valeurs sensiblement identiques au prélèvement du 29 juin au 03 juillet, du 15 au 18 août et du 09 au 16 septembre. Les sols à texture argileux enregistrent des taux d'humidité de 28,53 %, 26,46 % respectivement au prélèvement du 22 au 26 juillet et du 13 au 18 août. Pour les autres prélèvements le taux d'humidité reste inférieur à 20 % pour tous les types de sol. On remarque une augmentation du taux d'humidité avec la profondeur pour les prélèvements du 29 juin au 03 juillet et du 09 au 16 septembre pour toutes les textures considérées. Cependant au prélèvement du 13 au 18 août il diminue en profondeur pour les sols argileux. Les taux d'humidité les plus élevés en profondeur sont observés sur les sols argileux et gravillonnaires avec des valeurs respectives de 31% et 51,85% à 90 cm au prélèvement du 22 au 26 juillet. Nous retenons que sur l'horizon de surface, les taux d'humidité les plus forts sont observés sur les sols argileux et les plus faibles sur les sols gravillonnaires. L'humidité connaît une augmentation en profondeur suivant la texture.

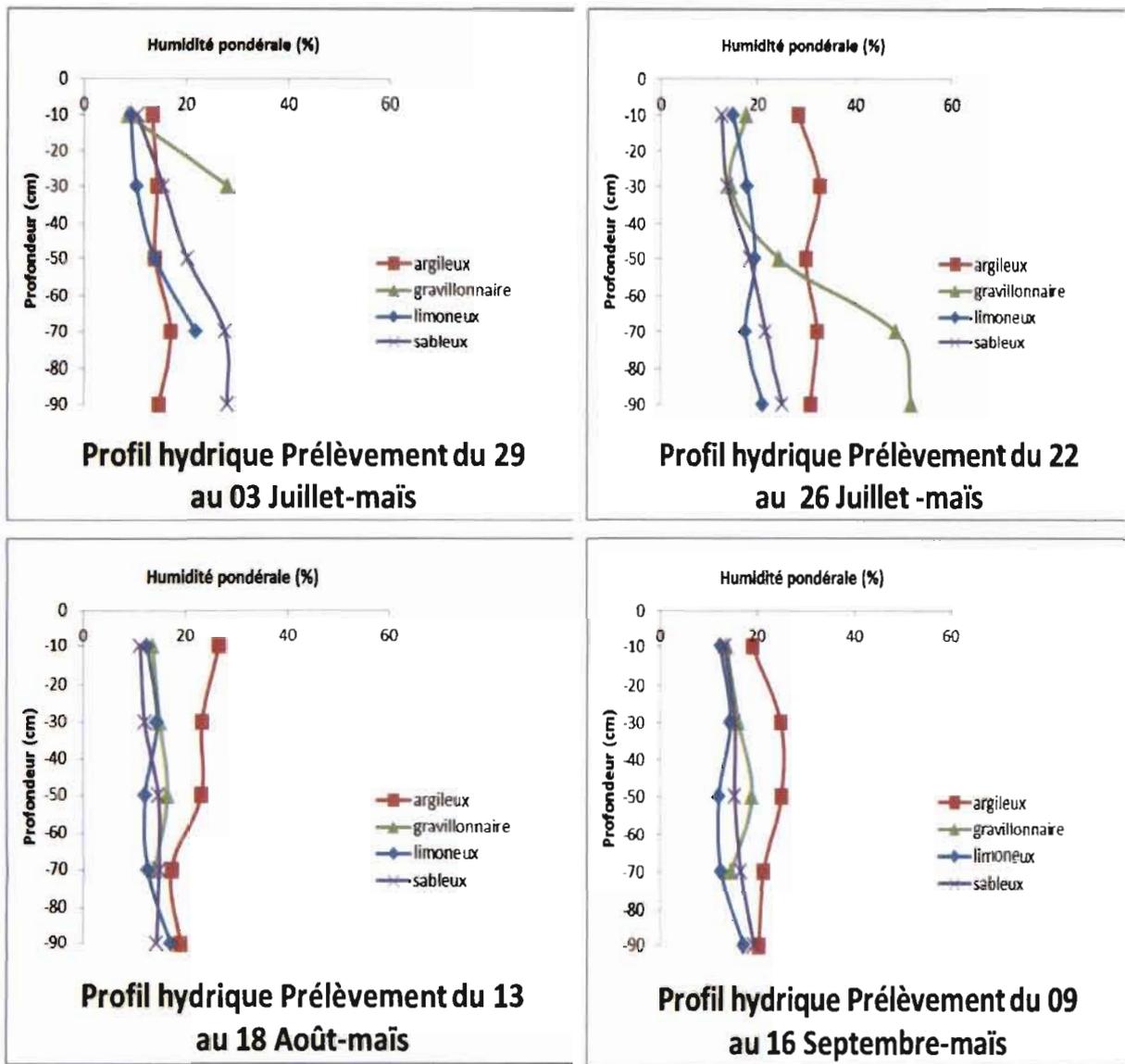


Figure 8: Evolution du profil hydrique en fonction de la texture du sol sous culture de maïs

1.2. Effet de la pente sur l'humidité du sol

1.2.1. Profil hydrique en fonction de la pente

1.2.1.1. Profil hydrique en fonction de la pente sous culture coton

La figure 9 montre l'évolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de coton lors des différents prélèvements. Sur l'horizon 0-20 cm les faibles taux d'humidité sont observés sur haut de pente et bas de bas de pente lors des prélèvements du 29 juin au 03 juillet et sur haut de pente lors du prélèvement du 22 au 26 juillet. Lors des autres prélèvements, on constate que les taux d'humidité sont sensiblement les mêmes sur les trois pentes. Il augmente en profondeur sur l'ensemble des prélèvements sur toutes les pentes à l'exception du prélèvement du 29 juin au 03 juillet où il diminue en profondeur sur milieu de pente. Le fort taux d'humidité est observé sur haut de pente avec une valeur de 28,51 % à 90 cm de profondeur au prélèvement du 22 au 26 juillet. On retient donc que sur l'ensemble des prélèvements effectués, le taux d'humidité augmente de la surface à la profondeur. Il reste approximatif sur les trois pentes sauf au niveau des deux premiers prélèvements où il reste faible sur les hauts de pente et bas de pente.

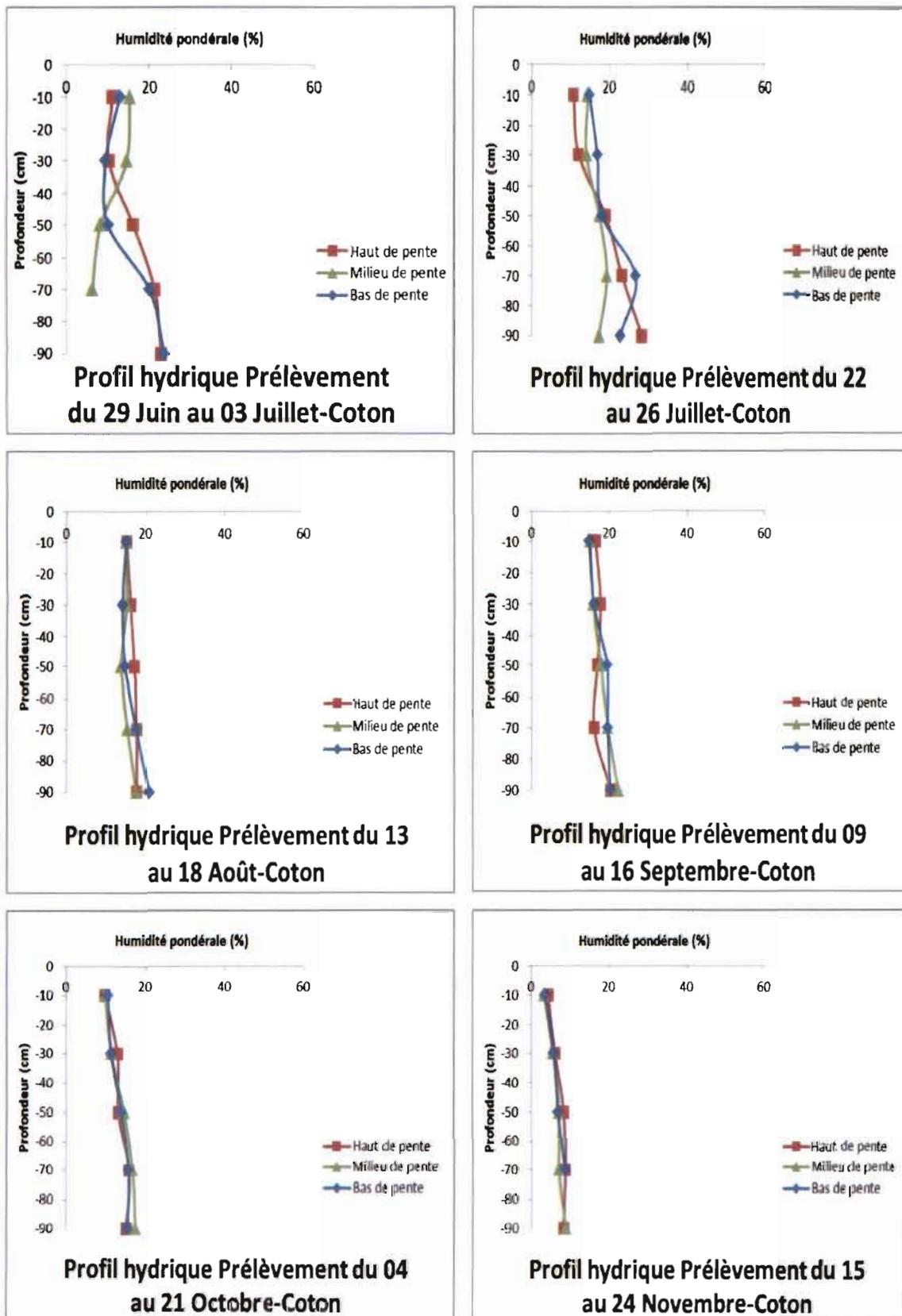


Figure 9: Evolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de coton

1.2.1.2. Profil hydrique en fonction de la pente sous culture de maïs

La figure 10 montre l'évolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de maïs lors des différents prélèvements. Sur l'horizon 0-20 cm les forts taux d'humidité sont observés sur les bas de pente avec une valeur de 18,17 % plus élevée au prélèvement du 22 au 26 juillet. Les plus faibles sont observés sur les hauts de pentes et milieu de pente avec des valeurs sensiblement identiques sur l'ensemble des prélèvements.

Nous constatons une augmentation de l'humidité en profondeur pour les prélèvements du 22 au 26 juillet, du 13 au 18 août et 09 au 16 septembre. Au niveau du prélèvement du 29 juin au 03 juillet on remarque une fluctuation du taux d'humidité sur les trois pentes. Les forts taux d'humidité sont obtenus sur milieu de pente lors des prélèvements du 22 au 26 juillet avec une humidité de 37,39% sur une profondeur de 90 cm. Cependant le milieu de pentes a enregistré les faibles taux de 6,38 % au prélèvement du 29 juin du 03 juillet 70 cm de profondeur.

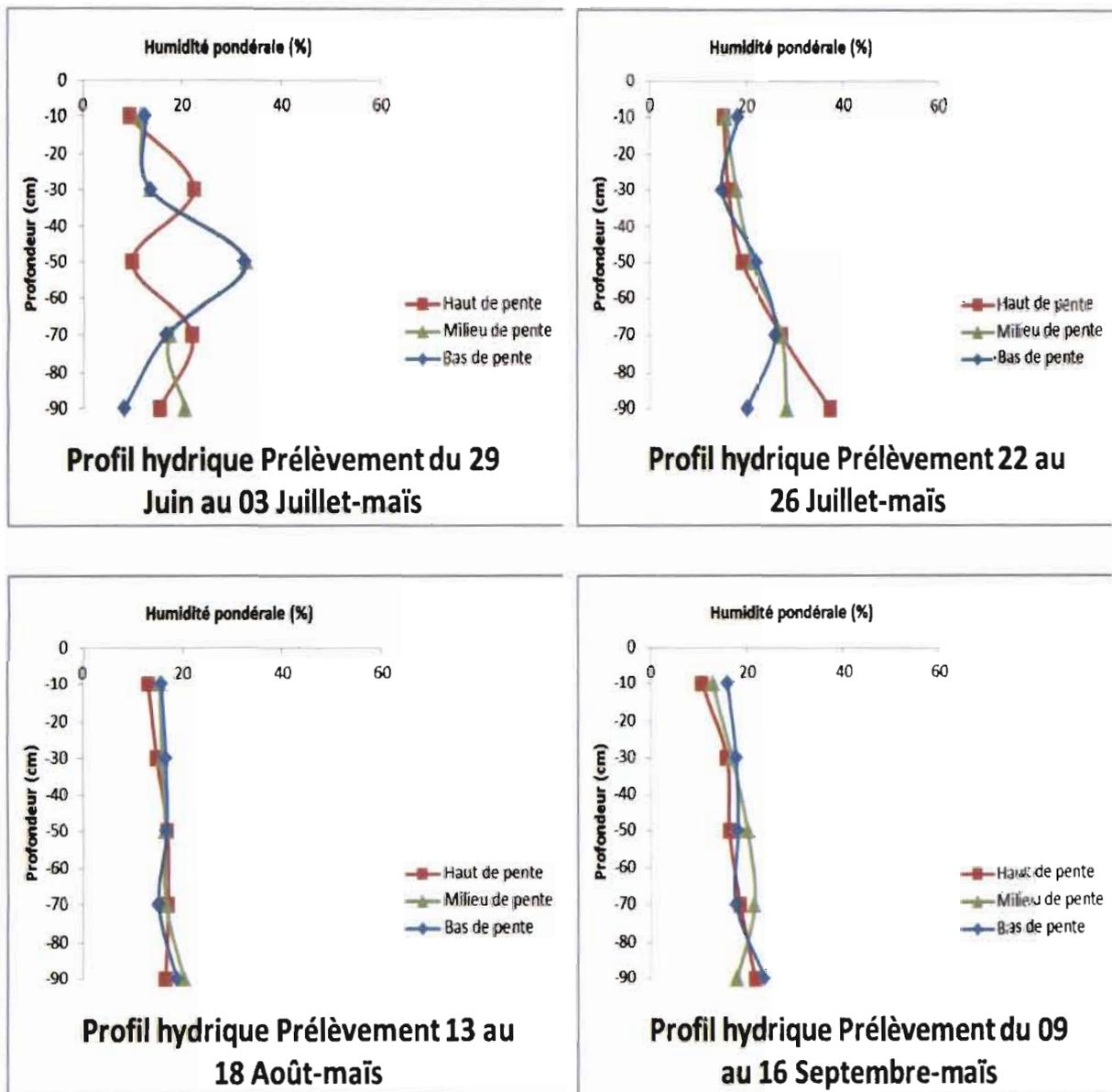


Figure 10: Evolution du profil hydrique en fonction de la pente sous culture de maïs

1.3 Effets des types de labour sur l'humidité du sol

1.3.1. Profil hydrique en fonction du type de labour

1.3.1.1. Profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de coton

La figure 11 montre l'évolution du profil hydrique en fonction du labour à plat et du labour en billon sous culture de coton lors des différents prélèvements. Sur l'horizon 0-20 cm on remarque que le fort taux d'humidité sur les parcelles billonnées et faible sur les parcelles labourées à plat lors du prélèvement du 13 au 18 août. Cependant il reste pratiquement identique pour les deux types de labour lors des autres prélèvements. Le taux d'humidité augmente avec la profondeur lors des différents prélèvements pour les deux types de labour.

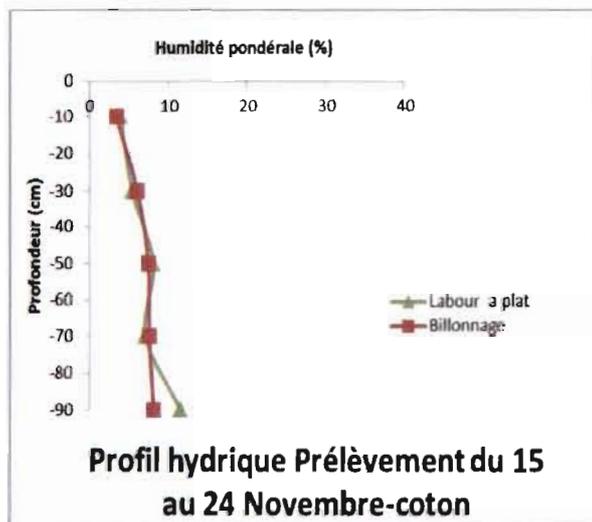
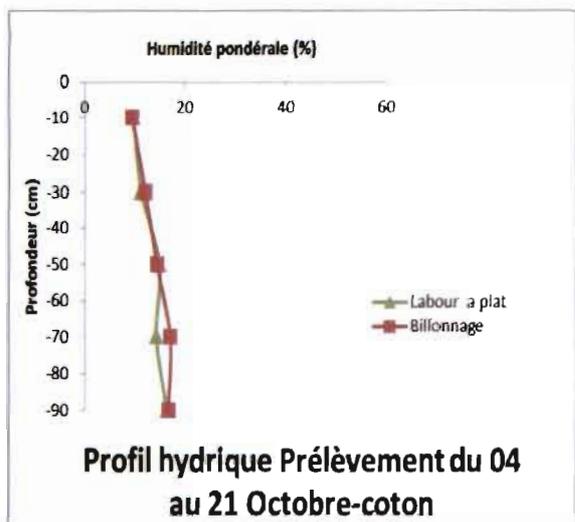
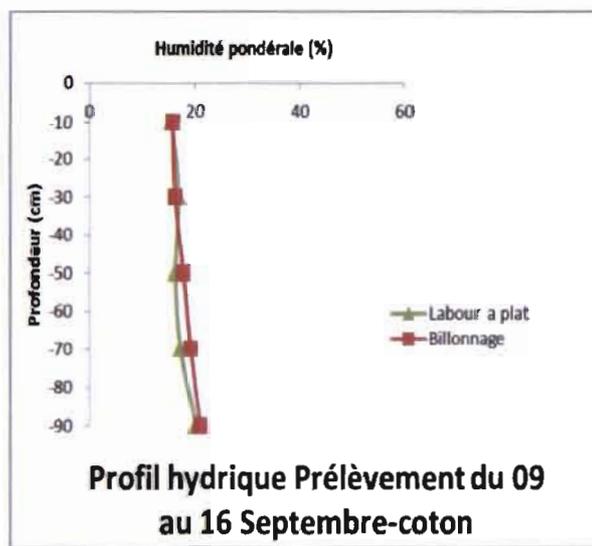
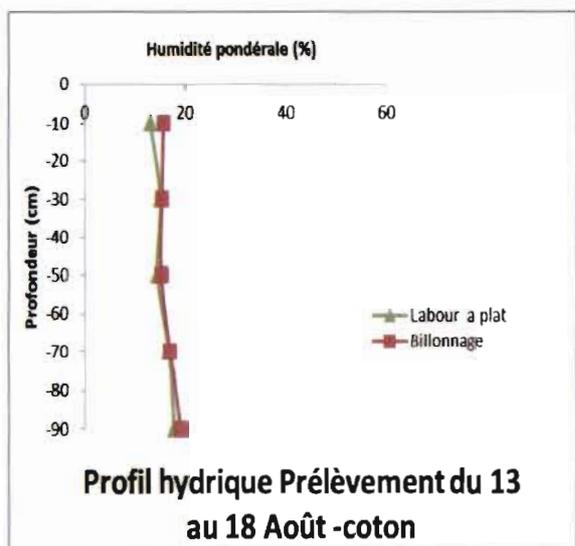
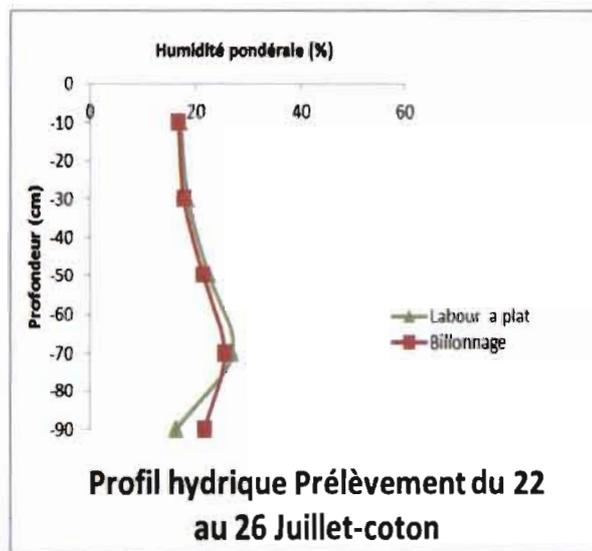
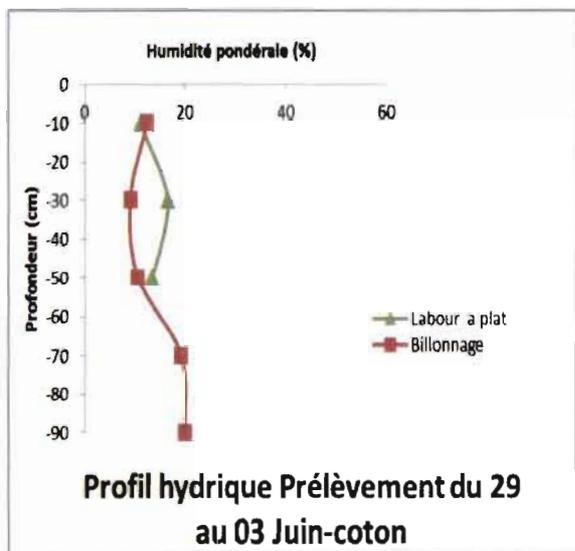


Figure 11: Evolution du profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de coton

1.3.1.1. Profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de maïs

La figure 12 montre l'évolution du profil hydrique en fonction du type de labour sous culture de maïs lors des différents prélèvements. Sur l'horizon 0-20 cm on constate que les taux d'humidité sont inférieurs à 20% avec des valeurs approximatives au prélèvement du 22 au 26 juillet et du 13 au 18 août. Lors du prélèvement du 29 juin au 03 juillet et du 04 au 21 octobre on constate les taux d'humidité les plus élevés au niveau des parcelles billonnées et les faibles taux au niveau des parcelles labourées à plat. L'humidité augmente en profondeur pour les deux types de labour des prélèvements du 22 au 26 juillet, du 13 au 18 juillet et du 09 au 16 septembre. Au niveau du prélèvement du 29 juin au 03 juillet, il diminue en profondeur sur les parcelles billonnées et augmente sur les parcelles labourées à plat.

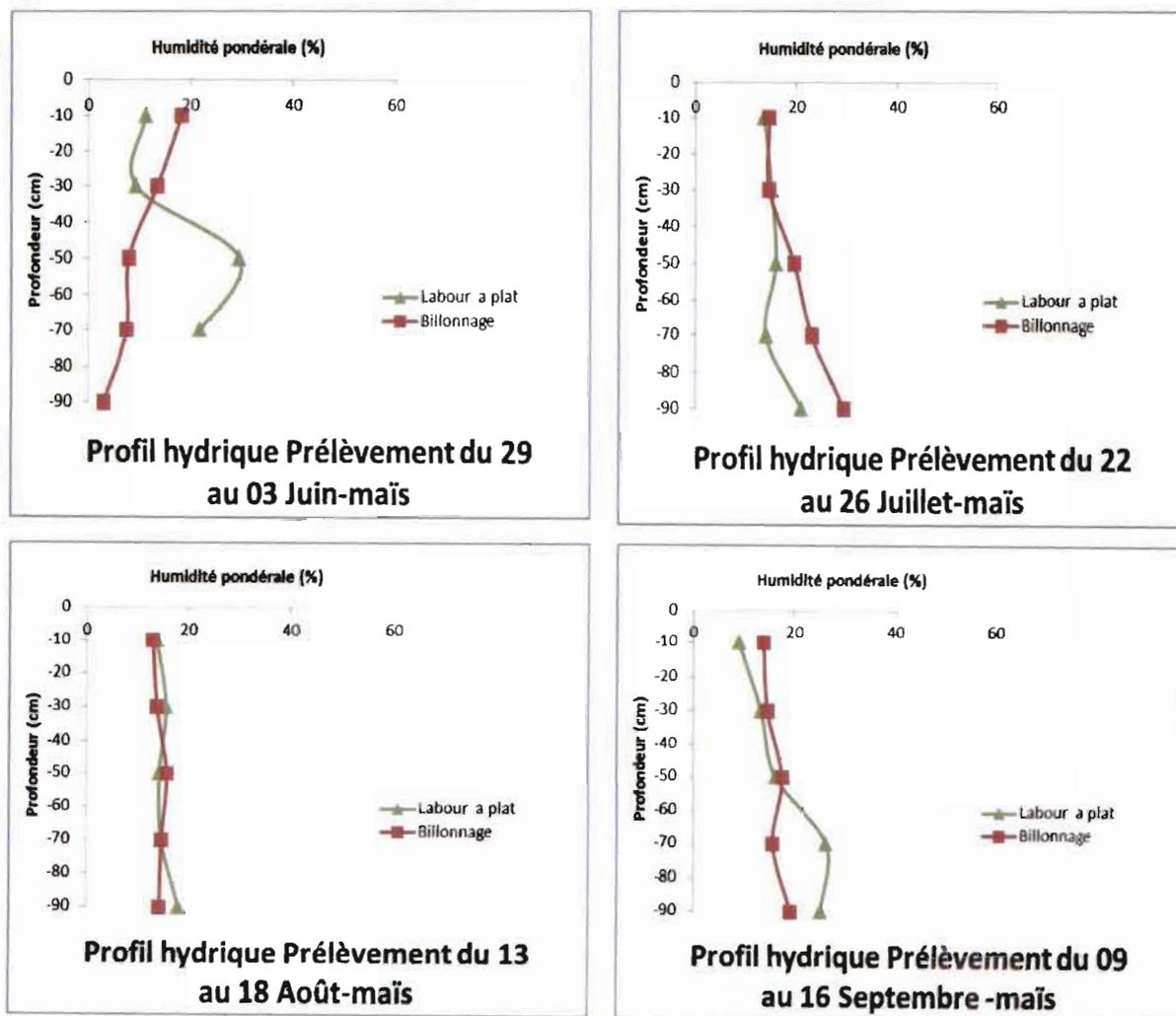


Figure 12: Evolution du profil hydrique en fonction du type de labour sous culture maïs

1.4. Evolution de l'humidité du sol aux différents états physiologiques du cotonnier et du maïs

1.4.1. Profil hydrique des différents états physiologiques du cotonnier

La figure 13 montre l'évolution du profil hydrique en fonction des différents prélèvements sous culture de coton. Sur l'horizon 0-20 cm nous observons les faibles taux d'humidité à la levée, à la période d'ouvertures des capsules et à la récolte avec des valeurs respectives de 3,58 %, 9,94 % et 12,23 %. Les taux d'humidités observés à l'apparition de premières pousses, de l'apparition des premiers boutons floraux et à la floraison sont de valeurs approximatives et restent supérieurs à ceux sur les autres prélèvements. Dans l'ensemble les taux d'humidité augmentent avec la profondeur. Sur les horizons profonds on observe les mêmes tendances avec les faibles humidités l'apparition des premiers pousses, de l'apparition des premiers boutons floraux et à la floraison.

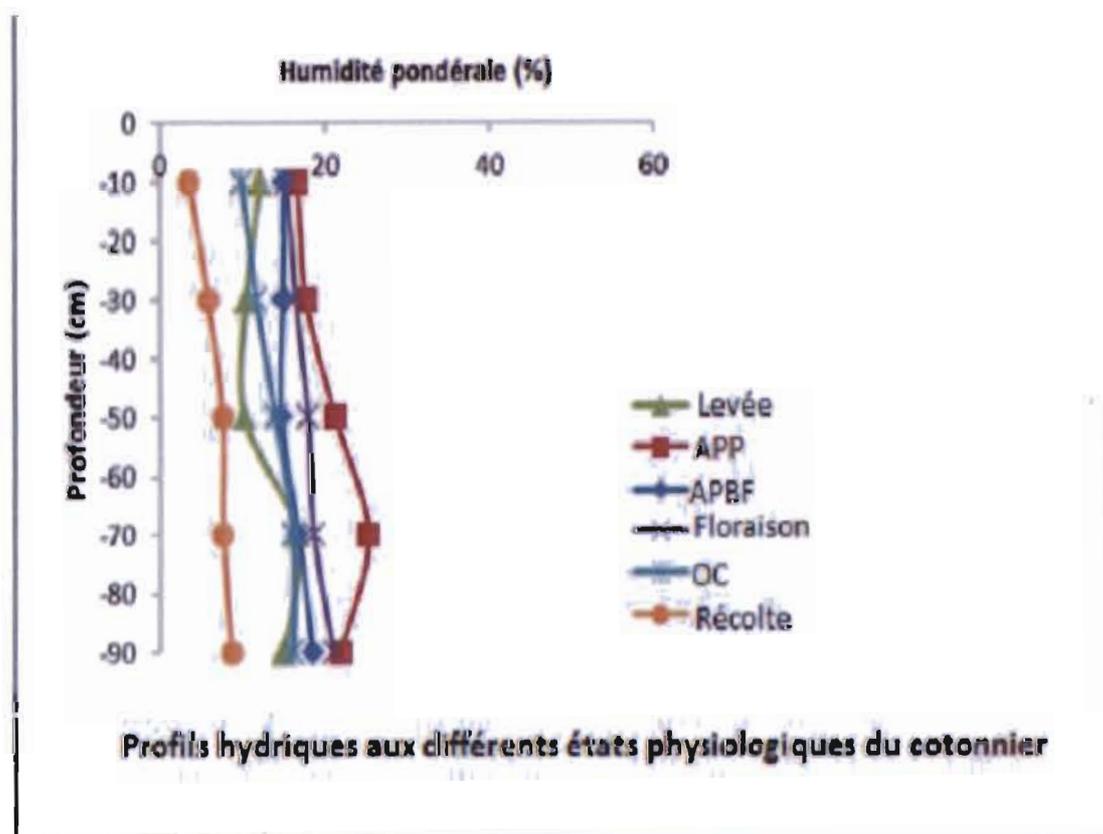


Figure 13: Evolution du profil hydrique aux différents états physiologiques du cotonnier

1.4.2. Profil hydrique des différents états physiologiques du maïs

La figure 14 montre l'évolution du taux d'humidité en fonction des dates prélèvements sous cultures de maïs. Sur l'horizon 0-20 cm, le faible taux d'humidité est observé à la levée avec une valeur de 13,34 % et le fort taux est observé à la montaison avec une valeur de 16,64 %. L'humidité du sol augmente en profondeur à la montaison et à la floraison, du 13 au 18 août. Le prélèvement effectuée à la levée indique une diminution du taux d'humidité en profondeur. On observe une valeur de 29,22 % sur une profondeur de 90 cm à la floraison.

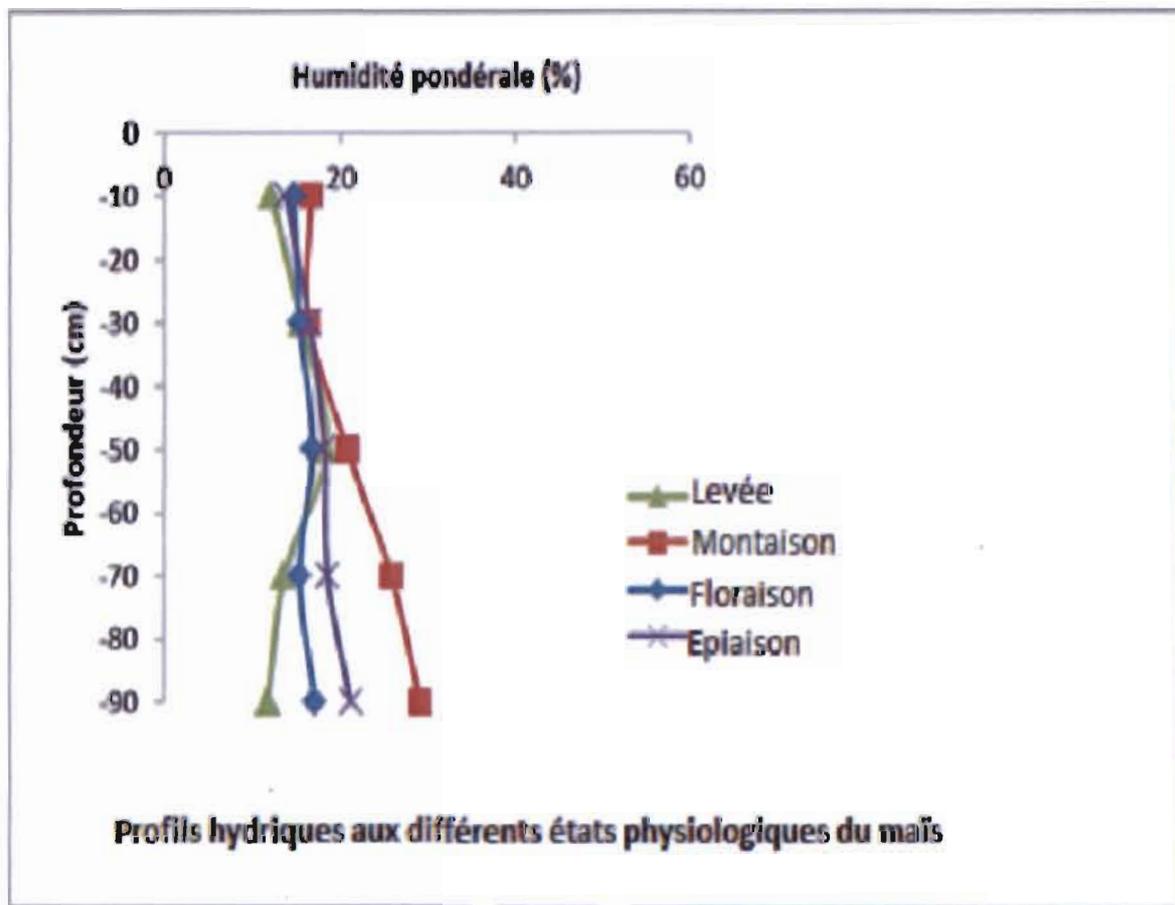


Figure 14: Evolution du profil hydrique aux différents états physiologiques du maïs

II. Discussion

Les résultats sur l'évolution de l'humidité en fonction de la texture ont montré à travers des profils hydriques des variations différentes de la surface à la profondeur du sol lors des différents prélèvements pour ces différentes textures. Les forts taux d'humidité de surface sont observés sur les sols à texture argileux, argilo-limoneux et argilo-sableux pour les deux cultures. Les faibles taux d'humidité sont observés sur les sols gravillonnaires, sable+gravillon et sableux à l'exception du prélèvement du 29 juin au 03 juillet qui a montré la plus faible humidité sur les sols argileux avec une augmentation considérable en profondeur sur les parcelles de coton. Ce cas particulier peut être dû soit à des erreurs de mesures lors du prélèvements soit à une forte infiltration de l'eau à travers les zones d'infiltration préférentielles qui sont les fissures, les cavités et les galeries des lombrics dans les couches inférieurs du sol. Lorsque la texture est grossière, le processus d'infiltration de l'eau est trop élevé, ce qui expliquerait les faibles humidités observées au niveau des sols sable+gravillon et sableux. En effet, la texture, qu'elle soit sableuse, argileuse ou toutes autres classes texturales influence l'humidité du sol (Fausey, 2002; Pater et Reynolds, 2005). Celle-ci intervient à deux niveaux, plus la texture est grossière, comme le sable, plus l'évacuation de l'eau sera facilitée, de plus, contrairement aux sables, les argiles ont une bonne capacité d'échange cationique ce qui leur procure une meilleure capacité de rétention en eau (Fausey, 2002; Pater et McReynolds, 2005). Comme les fragments grossiers de taille supérieure à 2 mm ne peuvent généralement pas retenir l'eau, plus leur nombre est grand, moins grande sera la capacité de rétention en eau des sols. La différence de texture entre le niveau 0-20 cm et les niveaux sous-jacents et la porosité relativement élevée dans la couche superficielle peuvent expliquer des vitesses d'infiltration différentes au-dessus et en-dessous de 20 cm de profondeur. Ceci a pour effet direct, l'accumulation préférentielle de l'eau dans l'horizon de surface (Amadou *et al.*, 1988).

Concernant la topographie des parcelles, les résultats indiquent par l'analyse des différents profils hydriques montrent l'influence des pentes sur l'humidité sur sol lors des différents prélèvements. L'humidité varie selon que l'on soit sur haut de pente, milieu de pente ou bas de pente. Sur les parcelles de coton les taux d'humidité restent identiques sur les trois pentes lors des quatre derniers prélèvements. Ces valeurs identiques trouvées sur les trois pentes à l'intérieur des parcelles peuvent être dues soit à une réduction du processus de ruissellement de surface lorsque la pente est faible. Lors des prélèvements du 29 juin au 03 juillet et du 22 au 26 juillet, ces taux sont observés respectivement sur milieu de pente et haut de pente. Sur

les parcelles de maïs les forts taux d'humidité sont observés sur les bas de pentes lors des quatre prélèvements et les faibles taux sur haut et milieu de pente. Dans l'ensemble des prélèvements, les taux d'humidité augmentent avec la profondeur sur les trois pentes sous culture de coton et de maïs. En effet les faibles taux d'humidité sur les hauts de pentes peuvent s'expliquer par les phénomènes de ruissellement qui normalement sont très élevés sur les hauts de pente que sur les bas des pentes. C'est résultats sont en accord avec ceux Labrecque(2011) selon qui la topographie du sol influence la variabilité de l'humidité du sol. En effet, on peut observer qu'en haut de pente, l'humidité de surface est normalement plus faible et que plus on se dirige vers le bas, généralement plus l'humidité est élevée (Pater et McReynolds, 2005). Selon ces derniers auteurs ce phénomène est dû au ruissellement ainsi qu'à l'écoulement hypodermique et souterrain le long du gradient de pente. De plus, on peut associer à ce processus un déplacement de particules, plus particulièrement celles de petite taille comme l'argile et le limon fin, qui s'accumulent au bas de la pente. Ces particules sont facilement compactables, ce qui entraîne une diminution de la porosité, une augmentation de la densité du sol et affecte la teneur en humidité du sol (NRCS, 1996).

L'analyse de l'évolution du taux d'humidité en fonction du type de labour montre que sur l'ensemble des prélèvements sur les parcelles de coton labourées à plats et en billon, il n'existe pratiquement pas une différence entre les taux d'humidités au niveau de la surface du sol (horizon 0-20 cm). Cela est dû à l'amélioration des propriétés physiques des sols par le labour qui l'ameublisse tout en favorisant le processus de l'infiltration dans les horizons superficielle du sol. Dans la plus part des parcelles le taux d'humidité augmentent avec la profondeur sous les deux cultures. Le billonnage permet de freiner le ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau et le labour à plat permet de briser la croûte du sol, ce qui améliore l'infiltration en diminuant ainsi le ruissellement (CILSS, 2012). Cependant sur les parcelles de maïs, lors des prélèvements du 29 juin au 03 juillet et du 09 au 15 septembre les forts taux d'humidité de surface sont observés sur les parcelles billonnées. Cela pourrait s'expliquer par le fait que si la pluie tombe sur un billon déjà formé il peut y avoir moins d'infiltration d'eau dans ce billon que sur une surface plane, l'eau se concentrera donc dans les sillons si la capacité d'infiltration y est insuffisante vu la durée et l'intensité de la pluie, il peut de ce fait rester de l'eau en surface du sol.

L'analyse de l'évolution des profils hydriques aux différents états physiologiques a montré les faibles taux d'humidité a la levée, à l'ouverture des capsules et à la récolte pour le coton. Les prélèvements effectués à l'APP, à l'APBF et à la floraison ont pratiquement les même taux

d'humidité supérieurs aux trois autres prélèvements. Dans les parcelles de maïs, le faible taux a été observé à levée. Les forts taux d'humidité ont été observés à la montaison, à la floraison et à l'épiaison. Cela s'explique par les conséquences d'une faible pluviométrie pendant ces périodes. En effet les prélèvements à la levée du 29 juin au 03 juillet ont été effectués à des mois faiblement arrosés par rapport à ceux effectués au mois d'août et de septembre dans l'ensemble des villages. Les faibles humidités à la période d'ouverture des capsules et à la récolte dans les parcelles de coton pourraient s'expliquer par une diminution de la pluviométrie en octobre et un arrêt de la pluie en novembre constaté dans l'ensemble des cinq villages. Cet arrêt de la pluie induit un dessèchement des sols entraînant ainsi une baisse du niveau d'humidité des sols. Les prélèvements à l'AP, l'APBF et à la floraison dans les parcelles de coton et les prélèvements à la montaison, à la floraison et à l'épiaison dans les parcelles de maïs ont été effectués dans les mois de juillet, d'août et de septembre qui sont les mois les plus arrosés dans tous les villages.

Conclusion et perspectives

Cette étude concerne l'évolution de l'humidité du sol en fonction de la texture, de la topographie des parcelles, des différentes du type de labour et des dates de prélèvements sous culture de coton et de maïs dans la province de Tuy. Elle s'est basée sur l'établissement des profils hydriques en fonction de la texture, de la pente, du type de labour et en fonction de différentes dates de prélèvements. En effet au niveau de la texture il s'est révélé que les sols à texture argileux, argilo-limoneux et argilo-sableux qui sont caractérisés une texture fine renaient plus d'humidité par rapport aux sols à texture grossière tel que les sols sableux, gravillonnaires et sable+gravillon à l'exception du prélèvement du 29 juin au 03 juillet où le plus faible taux est observé sur les sols argileux dans les parcelles de coton. Nous pouvons donc dire que la texture influence l'humidité du sol. Au niveau de la topographie l'étude a révélé des faibles taux d'humidité sur les hauts de pentes par rapport au bas de pente qui ont gardées les taux d'humidité plus élevés à certains prélèvements et est resté identique sur les trois pentes à d'autres prélèvement sur les cultures de coton. Sur les cultures de maïs les bas de pentes ont enregistré les taux d'humidité les plus lors des quatre prélèvements. La pente influence donc l'humidité du sol. Les résultats de l'humidité des sols en fonction des types de labour ont de faibles variations du taux d'humidité entre les parcelles labourées à plat et entre les parcelles billonnées. Enfin l'analyse de l'évolution d'humidité aux différents états physiologiques du coton et du maïs a montré des variations différentes. Les prélèvements à la levée pour les deux cultures et ceux effectués à l'OC et à la récolte pour le coton ont montrés des faibles humidités par rapport aux prélèvements à l'APP, à l'APBF et à la floraison pour le coton et à ceux effectués à la montaison, à la floraison et à l'épiaison pour le maïs. En somme nous pouvons dire que l'humidité du sol varie en fonction de la texture, de la pente, du type de labour et en fonction des différents états physiologiques du coton et du maïs avec quelques réserves liées aux conditions des sols, des parcelles étudiées ainsi qu'aux conditions météorologiques entourant l'acquisition des données d'humidité. Nous retenons que par rapport aux autres facteurs de fortes variations de l'humidité sont observées au niveau avec des valeurs supérieures à 20 % sur les sols à texture argileux, argilo-sableux et argilo-limoneux à certains prélèvements. Elle serait le facteur qui fait le plus varier l'humidité du sol dans notre étude.

Pour la suite de l'étude, il sera intéressant de mettre en place un dispositif expérimental dans les parcelles pour l'évaluation des humidités caractéristiques du sol. Voir également l'effet de la matière organique sur l'évolution de l'humidité du sol. Il sera également d'utiliser des

sondes à neutrons pour la détermination de l'humidité car elle est plus rapide et non perturbateur du milieu. Ce dernier permettra également d'évaluer l'humidité du sol dans les couches les plus profondes. Enfin, l'étude doit chercher des données complémentaires en vue d'établir un modèle de prévision du rendement du coton et du maïs dans les cinq villages.

Références bibliographiques

Abdellaoui, Z., Teskrat, H., Belhadj, A. et Zaghouan, O. 2011. Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n.96 éd. In: Bourzerzour H. (ed), Irekti H. (ed), Vadon B. (ed): 4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT, p. 71-87.

Beauchamp J., 2006. Cours de pédologie en ligne <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/>consulte le 25/12/2015 à 11h35mn.

Berisso, F.E., Schjønning, P., Keller, T., Lamandé, M., Etana, A., De Jonge, L.W., Iversen, B.V., Arvidsson, J. et Forkman, J., 2012. Persistent effects of subsoil compaction on pore size distribution and gas transport in a loamy soil. Soil Tillage Res. 122, 42–51. doi:10.1016/j.still.2012.02.005.

Bourguignon C., 2004. Comparaison analytique des sols tunisiens cultivés en labour et en semis direct. Tunisie: Dans : Actes deux deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, pp. 90-98.

CCIA, 2006. Chambre de Commerce, d'Industrie et d'Artisanat du Burkina Faso. Données économiques et sociales du Burkina Faso.

Chabrillat S., Kaufmann H., Haubrock S., Richter N., and Spengler D., 2007."New Developments from Optical Remote Sensing of the Assessment and Monitoring of Land Degradation in Drylands", Atelier PNTS hyperspectral, Nantes.

Chantereau J. et Nicou R., 1991. Le sorgho, édition Maisonneuve et la rose, Paris, 159 pages.

Chopart J. L., 1980. Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (Arachide, Mil, Sorgho, et Riz pluvial). Thèse de doctorat, institut national polytechnique de Toulouse, 159 pages.

CILSS.; 2012. Bonnes pratiques agro-sylvo- pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso. Ouagadougou – 194p.

CIRAD-GRET., 2002. Memento de l'agronome. Editions du GRET, éditions du CIRAD, Ministère français des Affaires étrangères. ISBN : 2-86844-129-7. 1700 p.

- Cosandey C and Robinson M., 2000.** Hydrologie continentale. Colin, Paris - France. 368 p.
- Dabiré., 2000.,** Intérêt économique de la prévision saisonnière: modélisation bioéconomique d'exploitations agricoles au Burkina Faso. ACCFP TECHNICAL REPORT.10p
- Dembélé Y. et Somé L. 1991.** Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. IAHS. Non. 199, 1991 éd. Ouagadougou: INERA, 03 bo 7192, Ouagadougou 03, Burkina Faso.
- Demol J., 1992.** Connaissance de la plante. In : Cotonnier au Zaïre. Publication du service agricole N° 29, Administration générale de la coopération au développement, Bruxelles pp. 17 – 26.
- Doorenbos J. et Kassam A. H., 1987.** Réponse des rendements à l'eau. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n°33, FAO(Italie), 235p.
- Fausey NR, 2002.** Drainage, Aeration, and Trafficability. Pages 361-363. Dans Rattan Lal.ed. Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker, New York.
- Gmakagni T., 2015.** Humidités caractéristiques et réserve utile des sols du dispositif expérimental crop-news de kamboinse (burkina faso).Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement.Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques (IRH).Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. 58p
- Hau B., Goebel S., 1987.** Modifications du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement : 1. Evolution des paramètres de productivité de neuf variétés semées à trois écartements. *Coton et Fibres Tropicales***XLI (2) : 165-173.**
- Hiema S., 2005.** Caractérisation et classification de lignées de maïs. Mémoire de fin d'étude, IDR. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 71p.
- Hölzel, H., Dieckkrüger, B., Biemelt, D. et Gädeke, A. 2013.**Impact of dumped sediment structures on hydrological modelling in the artificial Chicken Creek catchment, Germany. *J. Hydrol.* 477, 189–202. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.11.029.
- Hoopen M. E.-T. et Maïga A., 2012.** Production et transformation du maïs. Collection PRO-AGRO, CTA. ISBN 978-92-9081-494-8. 31 p.
- Keïta A., 2014.** Assainissements des terres agricoles, V.1.16. Ouagadougou: 2iE, IRH_Eau Agricole, pp 97-104.

Labrecque K., 2011. Cartographie numérique de l'humidité de surface des sols à l'échelle de la parcelle agricole à l'aide de la télédétection et de la prospection électrique. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de *Magister Scientioe*, M.Scen sciences de l'eau. Université du Québec INRS Eau Terre Environnement. 92p.

Lafond R 1992. , La pédogenèse et la classification canadienne des sols. Pages G1-81. D ans R. Lafonde d. Pédologie Forestière. Direction générale de l'enseignement collégial du ministère de l'Enseignement supérieur de la Science. Québec.

Lambert R. 1996. Géographie du cycle de l'eau. Presses Univ. du Mirail, Toulouse, 439p.

Lançon J. 1995. Effet de la densité de semis en sélection sur l'amélioration génétique du cotonnier : interaction, structures de corrélation, hétérosis et valeur en lignées. Thèse de doctorat, Paris, Universités de Paris -ORSAY .119 p.

Lançon J. Hougni A. Sekloka E. Djaboutou M. 2000d. Mesure d'allogamie en parcelles de sélection. In: Actes des Journées Coton du CIRAD, Montpellier, CIRAD: 77-84.

Lobell D., et Asner G., 2002 "Moisture Effects on Soil Reflectance", *Soil Sciences American Journal*, vol. 66, 722-727,

Ma, Y., Feng, S. et Song, X. 2013. A root zone model for estimating soil water balance and crop yield responses to deficit irrigation in the North China Plain. *Agric. Water Manag.* 127, 13–24. doi:10.1016/j.agwat.2013.05.011.

Maurizio, B., Lorenzo, G., Andrea, d. V., Idrissa, A., Birama, D., et Mamadou, N., 2008. Les prévisions saisonnières et leurs impact sur la prévention de l'insécurité alimentaire: Le cas d'étude de la campagne 2007/2008 et la prévision pour la campagne 2008/2009. Seasonal forecasting in West Africa, its applications and anticipating future climate change (p. 38). Niamey: AMMA/ENSEMBLES workshop.

MEF., 2013. Ministère de l'Economie et des Finances. Monographie de la province du Tuy 55p.

Nasta P., Gates J.B., 2013. Plot-scale modeling of soil water dynamics and impacts of drought conditions beneath rainfed maize in Eastern Nebraska. *Agric. Water Manag.* 128, 120–130. doi:10.1016/j.agwat.2013.06.021.

Nouiri, I., M'hedbi, K., Ben, Hammouda M., Neit, El Abri S., Ali, Hannachi M., Guesmi, L., Mannai, C. et Hajji, S., 2004. Etude comparative de l'humidité des horizons du sol entre

le semis direct et le semis conventionnel. Dans: Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct.

NRCS., 1996. Soil Quality Resource Concerns Soil Erosion : National Soil Survey Center.2p

Parry G.,1982. Le cotonnier et ses produits. G - P. Maisonneuve & Larose, Paris (Ve), 502p.

O. Amadou., N.R. YA0., 1988. Détermination in situ de la capacité au champ d'un sol ferrallitique au moyen de la sonde à neutrons. Laboratoire de Génie Rural E.N.S.A., 08 B.P. 35 ABIDJAN 08 (Côte d'Ivoire), Laboratoire de Bioclimatologie ORSTOM, Adiopodoumé (Côte d'Ivoire) B.P. V-51 ABIDJAN. Bulletin du G.F.H.N. - N°23. 8p

Pasquier L., 2000. Guide du sol : Largile et Lamotte. ENESAD: Unité Informatique Pédagogique; 111p.

Pater S., McReynolds K., 2005. Watershed Soils. Master Watershed Steward.16 p.

Piedallu C., Richard J.-B., Gaudin S., Legay M., 2012. Cartographie de la contrainte hydrique des sols forestiers : Exemple sur les plateaux calcaires du Nord-Est de la France. AgroParisTech: Engref Nancy; 6 p.

Savoie V 2009. Le drainage de surface Formation pour OAQ.MAPAQ.37 p.

Shukla M K et Lal R 2002. Water Infiltration in Soil. Pages 1 -3. Dans Rattan Lal. ed. Encyclopedia of Soil Science Marcel Dekker. New York

Slama F. 1989. La culture du blé. Quelques aspects agronomiques et physiologiques.. Tunisie: Bulletin 'Sols de Tunisie', n°13, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture, pp 125-131.

Soltner D.; 1990. Les grandes bases de la production végétale. Collection sciences et techniques Agricoles <<Le Clos Lorelle>>, sainte gemme sur Loire (France), 464p.

Somé, L., 1989. Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse de Doctorat Spécialité: physiologie, biologie des organismes et des populations. Université Montpellier II ; science et technique du Languedoc.

TRUONG Tran., 2010. Estimation de l'état hydrique des sols en Afrique de l'ouest par télédétection spatiale. Sciences of the universe [physics]. Université de Grenoble, french. <tel-00608801>.219p.

Yira Y., 2008. Evaluation de différentes formules de fumure du maïs dans les systèmes de cultures dans le terroir de Guena, province du Kenedougou, en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, IDR, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 62p.