



**CARACTERISATION DE LA CROISSANCE SOUS IRRIGATION DE
Combretum glutinosum Perr.Ex DC. EN ZONE SOUDANO
SAHELIENNE**

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER EN GÉNIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

SPÉCIALITÉ: INFRASTRUCTURES ET RÉSEAUX HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 02 juillet 2019 par :

Daouda SANGARÉ (N°: 2016 0440)

- Directeur de mémoire : **Pr Drissa SÉRÉMÉ** Maître de recherche -INERA / CNRST
- Co-Directeur : **Dr Amadou KEÏTA** Enseignant chercheur - 2iE
- Maître de stage : **Dr Lassina SANOU** Responsable des relations extérieures – ASMA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Harouna KARAMBIRI

Membres : M Axel BELEMTOUGRI

M Amadou SIMAL

Promotion [2018/2019]

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire, couronnement de ma formation à :

- ✓ La mémoire de ma mère Satou BALLO :

Maman, malgré votre absence, merci pour tous les plaisirs, la tendresse, la compréhension, les sourires et l'amour que vous m'avez toujours donnés.

Pardonnez-moi pour les soucis, les angoisses et la fatigue que je vous aie causés ! Aujourd'hui, j'aimerais vous offrir la récompense de vos efforts en vous disant toute la fierté et le bonheur que j'ai de vous avoir comme Maman adorée.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour moi.

- ✓ Mon père : Salif SANGARÉ qui m'a inscrit à l'école et en outre, m'a soutenu moralement et matériellement ;
- ✓ Ma marâtre : Mah DJOURTE ;
- ✓ Mes Tontons : Tiéfôlo Daouda SANGARÉ Ingénieur Vétérinaire et sa Famille à Ségou et Tidiani TRAORE Ingénieur Hydrotechnicien et sa famille à Bamako qui m'ont soutenu moralement ; matériellement et financièrement ;
- ✓ Docteur Ibrahim DEMBELE, Enseignant chercheur à la retraite et sa famille à Bamako pour son soutien moral ;
- ✓ Mes frères et sœurs pour leur soutien constant, éprouvant de la joie pour mes succès et restant sensibles à mes difficultés;
- ✓ Toute la famille SANGARÉ ;
- ✓ Tous ceux qui n'ont pas pu continuer les études par faute de moyens.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nos remerciements vont à l'endroit de :

- ▶ Tout le corps professoral de 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement) pour la qualité de leur formation ;
- ▶ Tous les membres de l'Association au Secours mon Arbre (ASMA) pour la qualité de leur encadrement, et le soutien matériel et moral ainsi que leur disponibilité durant mon stage.

J'adresse particulièrement un grand remerciement :

- ▶ au Pr Drissa SÉRÉMÉ, maître de recherche à l'INERA / CNRST, notre directeur de mémoire pour sa disponibilité ;
- ▶ à Dr Amadou KEÏTA enseignant chercheur au 2iE pour sa disponibilité à nous guider et orienter notre travail dans le but d'aboutir à des résultats fiables ;
- ▶ à Dr Lassina SANOU notre maître de mémoire pour sa disponibilité et la qualité de son encadrement ;
- ▶ aux bailleurs NICHE Mali de tous ceux qu'ils ont faits pour mon pays.
- ▶ à M Sylvain Dardel, le coordonnateur du projet NICHE Mali pour la qualité de son travail ;
- ▶ à tout le corps professoral de l'Université de Ségou pour sa formation de base qui m'a permis de mener bien cette formation ;
- ▶ à M Emmanuel ZONGO, Technicien à la plate-forme d'irrigation 2E qui n'a ménagé aucun effort pour nous aider durant ce stage ;

Je ne saurais clore ce travail sans remercier vivement tous ceux qui, de loin ou de près, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à l'élaboration du présent document. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

RÉSUMÉ

Combretum glutinosum Perr. Ex DC. est un arbre ou arbuste qui occupe une place de choix dans la teinture du textile, dans la médecine traditionnelle et aussi dans la récupération des terres dégradées en Afrique de l'Ouest. Sa caractérisation sous l'irrigation pour sa pérennisation a nécessité une recherche sur la détermination de ses coefficients culturaux et ses paramètres de croissance aux stades de développements de son cycle végétatif. Pour ce faire, une étude de la faculté germinative, une détermination de l'évapotranspiration maximale (ETM) dans neuf (09) répliques de lysimètres, des mesures de paramètres de croissance, une détermination de la biomasse humide et sèche, la durée de la phase initiale de *C. glutinosum* et une détermination de l'évapotranspiration de référence (ETo) au tour du dispositif de production ont été réalisées. La faculté germinative a concerné le taux de germination et la durée d'attente. Au total, **25%** du taux de germination et une durée d'attente de cinq (**05**) jours ont été obtenus. La connaissance de l'ETM et de l'ETo a permis de calculer le coefficient cultural (KC) de la phase initiale du cycle végétatif de la plante. La valeur obtenue est de **0,9±0,03** à 95% d'intervalle de confiance. Une durée de **185** jours soit **six (06)** mois et **cinq (05)** jours a été obtenue pour la phase initiale de *C. glutinosum*. Les paramètres de croissance des plantes mesurés ont concerné la hauteur verticale, le nombre de branches principales, le nombre de feuilles par branche principale et le diamètre au collet des plants. La hauteur verticale moyenne de **12,6±3,1 cm**; le nombre moyen de branches principales de **01**; le nombre moyen de feuilles par branche principale de **12 ± 2** ; le diamètre moyen au collet de **4,02±1,10 mm** et la biomasse humide et sèche respectivement de **11,07±7,85 g** et **4,29±3,06 g** ont été obtenus à la phase initiale. Ces résultats peuvent servir des données de bases aux planteurs et réduire le vide scientifique en matière de développement de la foresterie. Compte tenu de la durée du stage, notre étude s'est limitée à la phase initiale de *C. glutinosum*. Cependant, il serait intéressant de suivre les autres phases ultérieures pour mieux caractériser l'espèce.

Mots-Clés :

- 1- Arbre ou Arbuste ;
- 2- Coefficient cultural ;
- 3- *Combretum glutinosum* Perr.Ex DC ;
- 4- Irrigation forestière.

ABSTRACT

Combretum glutinosum Perr. Ex DC. is a tree or shrub that occupies a place of choice in textiles dyeing and in traditional medicine and also in the recovery of degraded lands in West Africa. Its characterization under irrigation for its sustainability has necessitated some research on the determination of its cultural coefficients and its growth parameters at the stages of development of its vegetative cycle. To do this, a study of a germinative faculty, a determination of maximum evapotranspiration (MTE) in nine (09) replicates of lysimeters, measurements of growth parameters, a determination of wet and dry biomass, the duration of the initial phase of *C. glutinosum* and a determination of evapotranspiration of reference (ET_o) around the device of production were carried out. The germinative faculty concerned the germination rate and the waiting duration. A total of **25%** of the germination rate and a waiting period of **five (05)** days were recorded. Knowing the ET_M and the ET_o made possible the calculation of the cultural coefficient (K_c) of the initial phase of the vegetative cycle of the plant. The result we obtained is **0.9 ± 0.03** at 95% interval of confidence. The duration of **185** days or **six (06)** months and **five (05)** days was obtained for the initial phase of *C. glutinosum*. Measured plant growth parameters included vertical height, number of main branches, number of leaves per main branch, and neck diameter of plants. The average vertical height of **12.6 ± 3.1 cm**; the average main branch number of 01; the average number of leaves per main branch of 12 ± 2; the average collar diameter of **4.02 ± 1.10 mm** and wet and dry biomass of **11.07 ± 7.85 g** and **4.29 ± 3.06 g**, respectively, were obtained at the initial phase. These results can serve as baseline data for planters and reduce the scientific vacuum in forestry development. Given the duration of the internship, our study was limited to the initial phase of *C. glutinosum*. However, it would be interesting to follow the other phases to better characterize the species.

Keywords:

- 1- Tree or Shrub;
- 2- Cultural coefficient;
- 3- *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC.;
- 4- Forest Irrigation.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ASMA : Association au Secours mon Arbre

ET0 : Évapotranspiration de Référence

ETM : Évapotranspiration Maximale

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

2IE : Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

KC : Coefficient Cultural

UFR / SVT : Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la vie et de la Terre

SOMMAIRE

DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
SOMMAIRE.....	1
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTES DES FIGURES	4
LISTE DES PLANCHÉS	5
LISTE DES PHOTOS	6
I. INTRODUCTION GÉNÉRALE	7
II. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	9
II.1. OBJECTIF GLOBAL	9
II.2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES	9
II.3. RÉSULTATS ATTENDUS	9
II.4. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	9
III. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE <i>Combretum glutinosum</i> Perr.Ex DC.....	9
III.5.1. Taxonomie	9
III.5.2. Description botanique	10
III.5.3. Distribution géographique	11
III.5.4. Croissance et Développement.....	11
III.5.5. Écologie	11
III.5.6. Utilisations et importance socio-économique.....	12
IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	12
IV.1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	12
IV.2. ÉTUDE DU CLIMAT.....	13
IV.3. ÉTUDE DU SOL.....	14
IV.3.1. Mesure de pH du sol	15
IV.3.2. Détermination du taux de matières organiques du sol.....	16
IV.3.3. Étude des propriétés hydrodynamiques du sol par la méthode d'infiltration du double anneau de Muntz	17
IV.4. ÉTUDE DU SUIVI DE L'EAU	19
IV.5. ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE LA PLANTE	21

IV.5.1. Faculté germinative des semences.....	21
IV.5.2. Détermination du coefficient cultural (Kc).....	23
IV.6. ANALYSE STATISTIQUES DES DONNÉES.....	23
V. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	23
V.1. EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE (ET0).....	23
V.2. CARACTÉRISTIQUES DU SOL.....	25
V.2.1. PH du sol.....	25
V.2.2. Taux de matières organiques du sol.....	26
V.2.3. Conductivité hydraulique à saturation (Ksat) du sol.....	27
V.3. ÉVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE (ETM).....	28
V.4. PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE COMBRETUM GLUTINOSUM.....	30
V.4.1. Faculté germinative.....	30
V.4.2. Croissance des plantules.....	31
V.4.3. Stades végétatifs.....	31
V.4.4. Diamètre au collet.....	32
V.4.5. Profondeur racinaire.....	34
V.4.6. Biomasses humide et sèche (à la fin de la phase initiale).....	35
V.4.7. Couverture végétale du sol (GC).....	36
V.4.8. Attributs de croissance de la plante.....	37
V.5. COEFFICIENT CULTURAL (KC) DE C. GLUTINOSUM.....	39
VI. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	41
VI.1. CONCLUSION ET PERSPECTIVE.....	41
VI.2. RECOMMANDATIONS.....	41
VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	42
VIII. ANNEXES.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Valeurs d'ET ₀ (mm/j) station météo de Kamboinsé (2018-2019)	24
Tableau II : Comparaison ET ₀ (station Ouagadougou et Station Kamboinsé).....	24
Tableau III: Valeurs de pH du sol	25
Tableau IV: Valeurs du taux de matières organiques présent dans le sol	26
Tableau V: Valeurs des conductivités hydrauliques à saturation (K _{sat}) du sol.....	27
Tableau VI: Valeurs des humidités caractéristiques du sol.....	27
Tableau VII: Valeurs de l'Évapotranspiration maximales (ET _{Mloc}).....	29
Tableau VIII: Durée de la phase initiale de <i>C. glutinosum</i>	32
Tableau IX: Valeurs moyennes des diamètres au collet de <i>C. glutinosum</i> mesurées pendant la phase initiale.....	33
Tableau X: Quantité de biomasses humide et sèche de <i>C. glutinosum</i>	35
Tableau XI: Couverture végétale en (%).....	36
Tableau XII: Résultats du test d'ANOVA sur les différents lysimètres	38
Tableau XIII: Résultats du test de <i>Kruskal-Wallis</i> sur les différents lysimètres.....	39
Tableau XIV: Coefficient cultural (K _c) de la phase initiale de <i>C. glutinosum</i>	39

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Carte de répartition géographique de <i>Combretum glutinosum</i> Perr.Ex DC (source : CJBG 2018).....	11
Figure 2: Carte de localisation de la zone d'étude - source: Sangaré, 2019	13
Figure 3: Double anneau de Muntz	18
Figure 4: Dispositif expérimental : neuf (09) répliques de lysimètres	19
Figure 5: Nature du sol.....	28
Figure 6: Variations d'évapotranspirations maximales (ETMloc) de <i>C. glutinosum</i> par décade	29
Figure 7: L'évolution du diamètre moyen au collet de <i>C. glutinosum</i> à la phase initiale	33
Figure 8: Quantité de biomasses humide et sèche de <i>C. glutinosum</i> après 185 jours d'observation	35
Figure 9: Attributs de croissance de <i>C. glutinosum</i> à la phase initiale.....	37
Figure 10: L'allure du coefficient cultural de la phase initiale de <i>C. glutinosum</i>	40

LISTE DES PLANCHÉS

Planché 1: a: Station météo <i>Alecto WS 4000</i> - b: Matériel d'extraction de données	14
Planché 2: Lysimètre contenant du gravier, du sable et du mélange de terre	15
Planché 3: a : Dessiccateur contenant les creusets - b : étuve - c : Four à moufle	16
Planché 4: Lysimètre constitué de deux (02) Piézomètres ; un entonnoir et raccordé par deux (02) vannes avec un bidon au bas.....	20
Planché 5: a : Semence de la plante - b : Sachets plastiques contenant du substrat.....	21
Planché 6: a : Biomasse humide - b : Biomasse sèche - c : Appareil de mesure du poids de la biomasse	35
Planché 7: Evolution de <i>Combretum glutinosum</i> durant la phase initiale.....	36

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Plant de <i>Combretum glutinosum</i> Perr.Ex DC à la fin de la phase initiale	10
Photo 2: PH-mètre	16
Photo 3: Semences de <i>C. glutinosum</i> germées en pépinière	30
Photo 4: Deux (02) pieds de <i>C. glutinosum</i> dans le lysimètre	31
Photo 5: Racine de <i>C. glutinosum</i> mesurée à la fin de la phase initiale.....	34

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE

La maîtrise de la régénération des espèces ligneuses locales constitue la clé de voûte pour une gestion durable des types de végétations arides et semi arides en Afrique de l'Ouest. En effet, les produits ligneux tels que *Azelia africana*, *Khaya senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Pterocarpus erinaceus*, *Zanthoxylum zanthoxyloides* sont utiles pour l'homme et les animaux et contribuent à la sécurisation des conditions de vie des populations (Ouédraogo et al., 2005). Aussi, représentent-ils une importante source de produits médicinaux en zone rurale et interviennent également dans la médecine moderne. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé plus de 80% de la population africaine fait recours à la médecine traditionnelle (OMS, 2013). De par leur multiple usage, ces formations sont très convoitées par les populations mais apparaissent aujourd'hui comme des ressources menacées de disparition aussi bien par la surexploitation que par les effets conjugués du climat.

De plus, le bois issu des espèces ligneuses trouve ses multiples applications en menuiserie, dans la production de charbon ou tout simplement est utilisé comme bois de chauffe pour la cuisine. Cependant, certains pays sahéliens comme le Niger, le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie ou le Sénégal connaissent un entraînement inquiétant vers la désertification (CNUED, 1992). Mais en dehors du bois, il faut ajouter que la destruction des arbres, arbustes et herbes est aussi causée par l'usage de plus en plus pressant de leurs sous-produits par l'industrie cosmétique et les entrepreneuriats nutritionnistes et phytothérapeutiques. Par ailleurs, cette menace anthropique sur la flore est plus insidieuse que le changement climatique car elle agit au niveau local mais simultanément en de multiples endroits avec un effet dévastateur sur la flore. C'est dans ce contexte que, l'Association Au Secours Mon Arbre (ASMA), une Association à but non lucratif a enclenché un chantier de recherche sur la conservation et le développement de la foresterie et de la protection de l'environnement. En effet, cette recherche porte sur la détermination des paramètres cultureux de plante de la flore de la zone tropicale africaine dont la connaissance devrait permettre de lancer dans ce qu'on appelle « l'Irrigation Forestière » des plantes les plus prometteuses sur les plans cosmétiques, nutritionnels, phytothérapeutiques et de protection de l'environnement.

Il existe un vide de connaissance étonnant lié aux paramètres de production des plantes de la flore forestière exploitée par l'homme. En effet, des études ont révélé d'une part que le coefficient cultural (KC), une grandeur indépendante du climat maintient les attributs intrinsèques de la plante et d'autre part l'évapotranspiration de référence (ET_o), une grandeur

relative au climat mais indépendante de la plante concentre les attributs de celle-ci. Ces deux grandeurs définissent l'évapotranspiration maximale (ETM) de la plante (Keïta et al., 2019). Ainsi, la connaissance des valeurs de KC pour les différentes phases du cycle végétatif est indispensable pour quantifier les besoins en eau de la plante et donc permettre sa croissance par irrigation. Après développement de ces grandeurs, la recherche a intensifié les investigations de KC pour de nombreuses cultures vivrières et céréalières (tomate, oignon, blé, etc.), qui rentrent dans la consommation directe de l'homme (FAO, 2004). Cependant, malgré l'importance de ces données, force est de reconnaître que les connaissances sur ces paramètres sont fragmentaires pour les plantes forestières. C'est dans le but de contribuer à la réduction de ce vide scientifique et technologique qu'ASMA, après avoir proposé plus d'une centaine de monographies vidéos sur les plantes a ouvert un chantier de recherche visant la détermination des coefficients culturaux (KC) pour les plantes forestières les plus prometteuses, pour aider à leur pérennisation.

La présente étude se concentre sur le cas de *Combretum glutinosum* Perr.Ex DC., arbre ou arbuste buissonnant à fût généralement tortueux et bas branchu, très résistant à la sécheresse, mais qui connaît actuellement une utilisation en plein essor en Afrique de l'Ouest comme une source importante de teinture et aussi dans la récupération des sols dégradés, justifiant ainsi l'intérêt pour la détermination de ses paramètres de production.

Le document s'articule autour de six (06) points essentiels à savoir la présentation des objectifs, la méthodologie employée pour l'atteinte de ces objectifs, les résultats obtenus, et leurs discussions et une synthèse suivi de recommandations pour conclure.

II. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

II.1. OBJECTIF GLOBAL

L'objectif global de la présente étude est de contribuer à la valorisation des plantes forestières.

II.2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Les objectifs spécifiques de cette étude se résument à :

- Déterminer aux différents stades végétatifs les coefficients culturaux KC de *Combretum glutinosum* ;
- Déterminer les différents paramètres de croissance de *Combretum glutinosum*.

II.3. RÉSULTATS ATTENDUS

À la fin de cette étude, on doit disposer de données et d'analyses statistiques détaillées de séries chronologiques portant au minimum sur les quantités suivantes :

- l'évapotranspiration de référence (ET_o) autour du dispositif de production ;
- l'évapotranspiration maximale (ET_M) dans les lysimètres de production ;
- les coefficients culturaux (KC) ;
- les variables de la biomasse.

II.4. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature a permis d'obtenir des éléments nécessaires à notre étude. A cet effet, le Centre de documentation notamment la bibliothèque de l'UFR / SVT (Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la vie et de la Terre) à l'Université de Ouagadougou a été visitée. Les informations recueillies ont été complétées par celles relevées sur divers sites internet : (www.youtube.com/ausecoursmonarbre; www.prota4u.org; www.fao.org).

III. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE *Combretum glutinosum*

Perr.Ex DC.

III.5.1. Taxonomie

Couramment appelé Kinkeliba de la coriace, *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC. est une plante de la famille des *Combretaceae* et sous famille des *Combretoideae*. Cette famille est composée de 18 genres, dont 370 espèces de *Combretum* (Malgras, 1992 ; Mc Gaw et al, 2001). Il est aussi appelé *Combretum passargei* Engl. Et Diels ; *Combretum leonense* Engl. Et Diels ;

Combretum hypopilinum (Maydell, 1980). Au Burkina Faso, il est communément appelé «Lifapelu» en Gourmantché et « Koagenga » en Moore ; au Mali, il est appelé « Tchyangara blè ou Tâgara » en Bambara ; « Dooki ou Buski » en Peulh ; au Sénégal, il est appelé « Ratt » en Wolof ; au Niger, il est appelé « Taramnya » en Haoussa (Enda.sn, 2003 ; Kerharo et Adam, 1974).

III.5.2. Description botanique

Combretum glutinosum se présente sous forme d'arbre ou arbuste pouvant atteindre 12 m de haut ; fût jusqu'à 60 cm de diamètre, souvent tortueux ou branchu dès la base ; écorce rugueuse et cannelée, grise ; cime arrondie et ouverte ; branches densément et brièvement poilues, grises. La plante est facilement identifiable par ses grosses feuilles alternes, verticillées ou opposées, et se distingue des autres espèces de *Combretum* par ses sept à dix nervures saillantes (Maydell, 1980). Le tronc est souvent tordu et recouvert d'une écorce rugueuse.

Les feuilles sont très polymorphes sur le même arbre. Elles sont collantes et poisseuses, très profondément réticulées à la face inférieure avec une pubescence blanchâtre ou parfois presque glabre. Le revêtement tomenteux des rameaux, toujours visible à la loupe est un signe caractéristique typique de l'espèce. Les fleurs sont en épis axillaires de couleur vert jaunâtre, odorantes, sessiles mesurant 6 à 10 cm de long. Les fruits sont des akènes indéhiscent avec 4 ailles membraneuses, renfermant une graine dépourvue d'albumen. Ils sont sans écailles, légèrement collants, mesurant 2,5 à 3 cm de diamètres. Ils sont verts dans la jeunesse, rouge vif et ficelés à maturité (Malgras, 1992 ; Kerhao et Adam, 1974). La photo 1 présente un plant de *C. glutinosum* à la fin de la phase initiale.



Photo 1: Plant de *Combretum glutinosum* Perr.Ex DC. à la fin de la phase initiale

III.5.3. Distribution géographique

Combretum glutinosum est une plante originaire de l'Afrique tropicale. Elle existe dans les régions soudano-guinéenne, du Sénégal jusqu'au Soudan. C'est une espèce également retrouvée dans les savanes boisées à l'intérieur du Sénégal et aux environs du lac des Guiers (Kerhao et Adam, 1974). La figure 1 ci-dessous présente la répartition de *C. glutinosum* en Afrique tropicale.

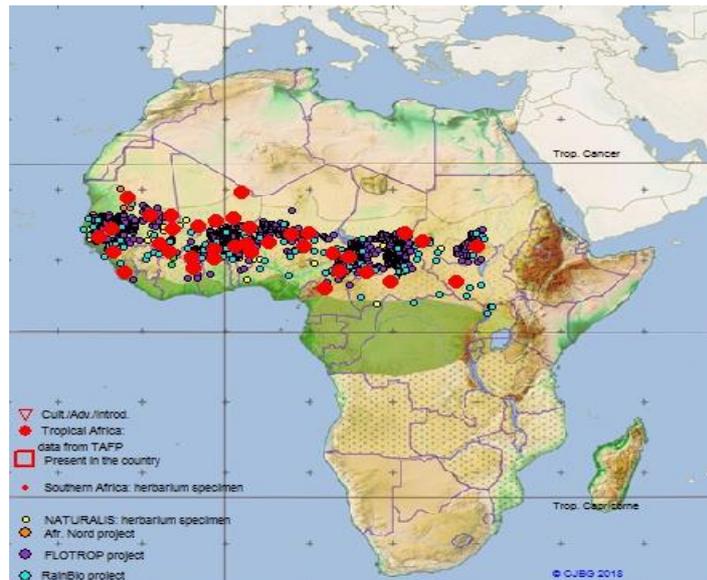


Figure 1: Carte de répartition géographique de *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC. (Source : CJBG 2018)

III.5.4. Croissance et Développement

Dans les savanes, *Combretum glutinosum* est sempervirent, dans les zones sahéliennes il perd ses feuilles quelques mois pendant la saison sèche. Les feuilles apparaissent de Novembre à Février ; les fleurs de Décembre à Avril et les fruits dès fin Décembre (Malgras, 1992). La floraison a lieu en saison sèche après les feux de brousse auxquels il résiste très bien (Maydell, 1999 ; Kerhao et Adam, 1974). Une fois établi quelque part, il forme facilement des peuplements denses.

III.5.5. Écologie

Combretum glutinosum se rencontre dans les savanes herbeuses et boisées où la pluviométrie annuelle est comprise entre 200 et 900 mm. Il est particulièrement résistant à l'aridité, survivant là où des graminées ne pourraient le faire, et repousse très vite après les feux. Il est souvent grégaire sur les sols argileux, dégradés et plateau latéritique (Market et al., 2005).

III.5.6. Utilisations et importance socio-économique

En Afrique de l'Ouest, en particulier du Sénégal à la Côte d'Ivoire, les feuilles, les tiges ainsi que l'écorce des racines de *Combretum glutinosum*, ramassées dans la nature, sont des sources importantes de teintures jaunes à jaune brunâtre pour les tissus de coton. Au Burkina Faso, au Bénin et au Nigeria, ces colorants sont aussi utilisés pour teindre le cuir ainsi que les nattes faites en diverses fibres végétales. Au Mali, il sert à la fabrication de textiles de renommée internationale, les "bogolanfini" ou "bogolan" ("tissu à la boue). En médecine traditionnelle, *Combretum glutinosum* est très prisé. En effet, une décoction ou une infusion de feuilles, d'écorces ou de fruits est très courante, surtout pour soigner les problèmes urinaires, hépatiques et rénaux, de même que toutes sortes de problèmes respiratoires, la fièvre, les troubles intestinaux, et pour nettoyer les lésions et les plaies. Au Sénégal, la gomme de l'écorce sert à obturer les caries. Quant aux jeunes pousses et aux racines, elles ont la réputation d'être aphrodisiaques. Dans la zone de Banfora au Burkina Faso, les feuilles de cette plante sont produites et transformées en thé de consommation.

IV. MATERIELS ET METHODES

Les investigations se sont déroulées à proximité de Ouagadougou (2iE-Kamboinsé-K4) et ont été menées simultanément sur le quadruple plan climat – sol – eau – plante.

Pour l'atteinte des objectifs fixés, une revue de la littérature, des mesures au laboratoire, des essais et mesures sur le dispositif en place déjà installé sur le terrain et des traitements de données obtenues sur le terrain et au laboratoire par des logiciels ont été menés.

IV.1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La recherche a été menée dans la région du centre du Burkina Faso précisément dans la commune de Ouagadougou environ 20 Km au Nord-Ouest de Ouagadougou. En effet, le site expérimental de l'étude est la plate-forme d'irrigation de 2iE sur K4. Il est composé d'un périmètre irrigué d'environ 0,5 ha doté de divers systèmes d'irrigation tels que l'aspersion et le goutte à goutte. Il contient aussi de systèmes de réutilisation des eaux usées, de station d'épuration et une unité de recherches lysimétriques pour des plantes vivrières et forestières. La *figure 2* ci-dessous montre la situation géographique de la zone d'étude.

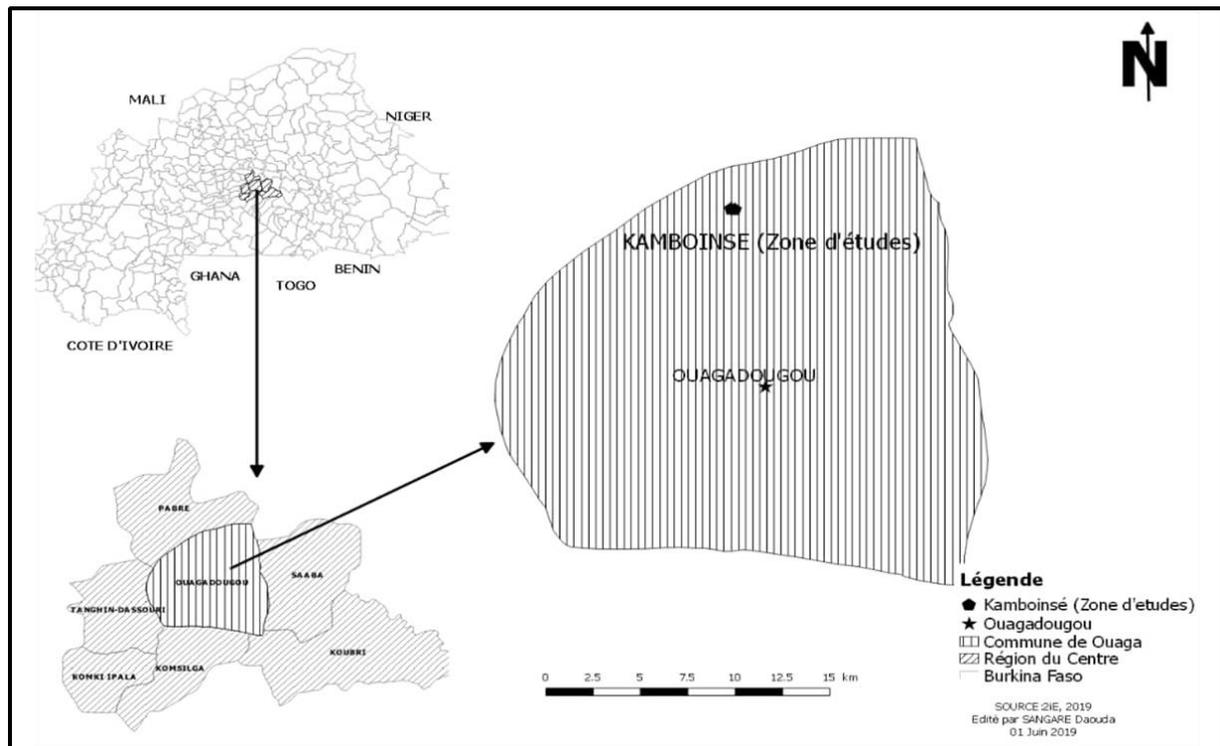


Figure 2: Carte de localisation de la zone d'étude - source: Sangaré, 2019

IV.2. ÉTUDE DU CLIMAT

Le climat est l'un des facteurs qui influent le plus sur les besoins en eau d'une culture. En effet, on exprime les besoins en eau des cultures par le taux d'évapotranspiration potentiel (ETp). Il a été démontré que ETp est en rapport avec la demande évaporative de l'air qui peut être exprimée comme l'évapotranspiration de référence (ETo). Elle est obtenue par calcul à partir des données climatiques et permet de prédire l'effet du climat sur le degré d'évapotranspiration de la culture. Il existe diverses méthodes (*Annexe I*) de calculs de l'ETo parmi lesquelles celle de Penman-Monteith a été choisie (FAO Penman-Monteith) (Bulletin FAO n°56) ; L'évapotranspiration de référence (ETo) représente l'ensemble des pertes en eau par évaporation et par transpiration d'une surface de gazon saine, de hauteur uniforme, couvrant totalement le terrain, en pleine période de croissance, et abondamment pourvu en eau. Dans cette étude, les données climatiques utilisées ont été mesurées quotidiennement à l'aide d'une station météorologique *Alecto WS-4000* installée sur le site d'expérimentation (*Planché 1*). Il s'agit des paramètres tels que les températures (Tmax et Tmin) ; la vitesse du vent (U) à 2 m au-dessus du sol ; les pressions de vapeur (saturante et actuelles) ; les humidités relatives (Hrmax et Hrmin) et la radiation solaire (Rs). Ces paramètres ont servi à calculer l'ETo à partir de la formule de Penman-Monteith (Lincoln et al., 2010).

Equation 1 : Formule de Penman-Monteith (FAO)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)}$$

Où :

- ET_0 : Évapotranspiration de référence journalière (mm/j) ;
- R_n : Rayonnement net à la surface du couvert végétal (M J/m²/j) ;
- G : Densité du flux de chaleur au sol (M J/m²/j) ;
- T : Température moyenne journalière de l'air à 2 m de hauteur (°C) ;
- U_2 : Vitesse moyenne journalière du vent à 2 m de hauteur (m/s) ;
- e_s : Pression de vapeur saturante (kPa) ;
- e_a : Pression de vapeur actuelle (kPa) ;
- Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante à la température T (kPa /°C) ;
- γ : constante psychrométrique (kPa /°C).



Planché 1: a: Station météo *Alecto WS 4000* - b: Matériel d'extraction de données

IV.3. ÉTUDE DU SOL

L'étude a été menée dans neuf (09) dispositifs lysimétriques en béton chacun de dimension un mètre carré (1 m²) de superficie et de profondeur 1,60 m. En effet, chaque lysimètre est constitué du bas vers le haut du gravier, du sable et dans la partie supérieure le mélange de terre (Keïta, 2015) (*figure 2*).



Planché 2: Lysimètre contenant du gravier, du sable et du mélange de terre

Afin de déterminer les caractéristiques du sol présent dans les différents lysimètres, il a été déterminé le pH et le taux de matière organique. Aussi, une étude des propriétés hydrodynamique de ces sols a été effectuée par la méthode d'infiltration du double anneau de Muntz.

IV.3.1. Mesure de pH du sol

Pour déterminer le pH du sol dans les différents lysimètres, il a été procédé au prélèvement de trois (03) échantillons de 15 ml du sol chacun à partir de 15 cm de profondeur dans chaque lysimètre. Ensuite ces échantillons ont été mis dans trois boîtes différentes et il a été ajouté dans chacune de ces boîtes de l'eau distillée pour compléter à 25 ml. De plus, le tout fût mélangé et il a été plongé le PH-mètre dans chacune de ces boîtes pour mesurer la valeur du pH. Cette méthode a été appliquée dans chaque lysimètre. Les valeurs de pH du sol par lysimètre ont été obtenues en faisant la moyenne des valeurs mesurées dans les trois (03) boîtes. La moyenne des valeurs des neuf (09) lysimètres constitue la valeur de pH du sol.

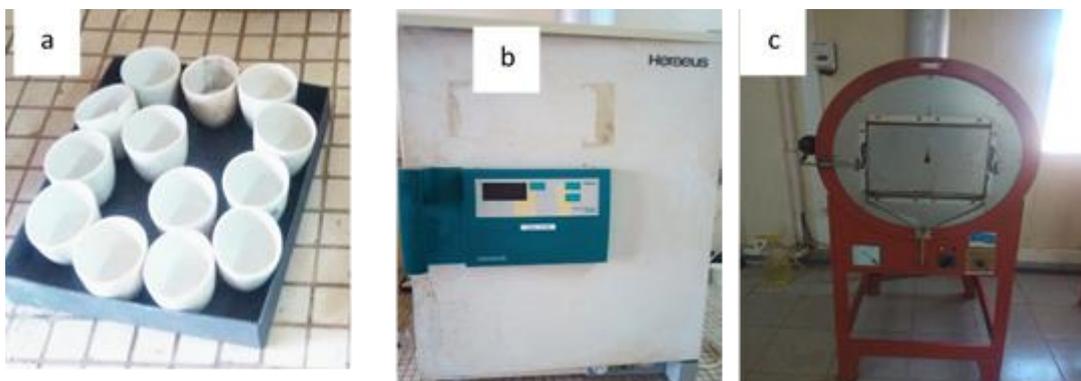
La photo 2 ci-dessous présente l'appareil utilisé pour la mesure de pH du sol.



Photo 2: PH-mètre

IV.3.2. Détermination du taux de matières organiques du sol

Le taux de matières organiques du sol a été déterminé au laboratoire de Biomasse Énergie. Les matériels suivants ont été utilisés : les creusets ; un dessiccateur une étuve et un four à moufle. (*Planché 3*) ci-dessous.



Planché 3: a dessiccateur contenant les creusets - b : Etuve - c : Four à moufle

1) Mode opératoire

Le mode opératoire a consisté à prélever environ 20 g d'échantillon du sol dans chacun des neuf (09) lysimètres. Ensuite, ces échantillons ont été transportés au Laboratoire Biomasse Energie où ils ont été séchés dans une étuve à 102° pendant 24 heures. Après séchage, 15 g du sol sec ont été prélevé et mis dans des creusets et séché à nouveau par la méthode de calcination au four à moufle *US006* pendant quatre (04) heures à une vitesse de 4,5 m/s. Tout d'abord, les creusets utilisés ont été lavés et séchés à l'étuve pendant 30 min environ et ensuite placés au dessiccateur pour qu'ils se refroidissent pendant 20 min. Après refroidissement, ils ont été pesés

à vide à l'aide d'une balance analytique *US015* pour déterminer leur masse. Après passage des 15 g du sol sec au four, il a été pesé à nouveau pour trouver la masse de cendres.

2) *Méthode de calcul*

Les calculs ont été effectués de la manière suivante :

Tout d'abord il a été calculé le taux de cendres (T_c) exprimé en pourcentage dans chacun des échantillons du sol prélevés par lysimètre après séchage. La formule suivante a été utilisée :

$$\text{Taux de cendres : } T_c(\%) = \frac{m_1 - m_0}{m_{ss}} * 100$$

Où m_0 : la masse du creuset vide en gramme(g) ;

m_1 : la masse du creuset+ échantillon en gramme(g) et ;

m_{ss} : la masse du sol sec prélevé après séchage à l'étuve à 102°.

Le taux de matière organique (T_{m0}) exprimé en pourcentage (%) est obtenu par soustraction à 100% le taux de cendres. La formule est la suivante :

$$T_{m0}(\%) = 100\% - T_c(\%)$$

IV.3.3. Étude des propriétés hydrodynamiques du sol par la méthode d'infiltration du double anneau de Muntz

Le principe de la méthode de Muntz (Colambani et al., 1973), également appelée double anneaux, est de mesurer l'évolution de l'infiltration au cours du temps d'une lame d'eau sous charge constante, s'infiltrant verticalement dans le sol (Boivin, 1990). En effet, il a été enfoncé à environ 5 cm dans le sol un cylindre en PVC de section intérieure 177 cm² ($\Theta = 15$ cm) et de 25 cm de hauteur, en prenant soin de maintenir l'horizontalité le plus que possible avec un niveau à bulle. Pour obtenir une infiltration orientée verticalement, il a été joint au premier cylindre un second, concentrique, plus large, enfoncé dans le sol de la même manière que le premier. Ensuite, il a été placé dans le cylindre intérieur (premier cylindre) une règle graduée qui permet de mesurer dans le temps le niveau de l'eau dans celui-ci. Les anneaux sont remplis d'eau à une hauteur convenable et les mesures sont effectuées au niveau de l'anneau intérieur. Le niveau de l'eau dans le second anneau est maintenu constant durant tout l'essai et doit être supérieur ou égal à celle de l'anneau intérieur. Les mesures sont arrêtées lorsque la vitesse d'infiltration se stabilise (Keïta, 2009a). La *figure 3*, illustre le matériel utilisé :



Figure 3: Double anneaux de Muntz

Les résultats issus de ces essais ont été traités avec le logiciel statistique minitab. En effet, le traitement des données avec le logiciel minitab consiste à déterminer les paramètres suivants : K_{sat} , i_0 et b par l'application de la méthode des moindres carrés aux données de l'infiltration cumulée. Les analyses statistiques avec minitab consistent à déterminer le meilleur modèle de régression avec des paramètres physiques ayant un sens physique réel (Keïta et al., 2014).

Il existe plusieurs modèles de régressions parmi lesquels le modèle de régression non-linéaire a été choisi. Comme principe, il a été saisi dans une colonne le temps (t) en heure (h) et dans une autre colonne la hauteur cumulée I_{cum} (mm/h) suivi de la séquence :

Sat> Régression> Régression non linéaire et on obtient l'équation suivante :

$$I_t = K_{sat} * t + \frac{1}{b} (i_0 - K_{sat}) * (1 - e^{-bt})$$

Où :

I_t : hauteur d'eau infiltrée depuis l'instant initial t_0 , en mm/h ;

K_{sat} : Conductivité hydraulique à saturation, en mm/h ;

t : le temps écoulé depuis l'instant t_0 , en heure (h) ;

b : paramètre d'ajustement de l'équation de la courbe de régression ;

i_0 : vitesse d'infiltration initiale, en mm/h.

La conductivité hydraulique (K_{sat}), en mm/h obtenue à partir des résultats de minitab et le taux de matière organique déterminé ont été utilisés dans le logiciel Soil Water Characteristics pour déterminer le type de sol et les humidités caractéristiques. La connaissance de ces humidités ont permis de déterminer la Réserve utile (RU) du sol par la formule suivante :

$$RU = \theta_{FC}(\%) - \theta_{WP}(\%)$$

Où : RU : Réserve Utile (mm/m) ;

θ_{FC} (%) : Humidité à la capacité au champ ;

θ_{WP} (%) : Humidité au point de flétrissement.

IV.4. ÉTUDE DU SUIVI DE L'EAU

Le suivi de l'eau a été mené sur plusieurs fronts. En effet, le bilan hydrique a été établi chaque deux (02) jours par mesures simultanées sur les neuf (09) répliques de lysimètres : l'irrigation Ir (apport d'eau), la pluie P et la percolation profonde D (drainage). La figure 4 ci-dessous présente la disposition des lysimètres nommés comme suit : L1 ; L2 ; L3 ; L4 ; L5 ; L6 ; L7 ; L8 et L9.

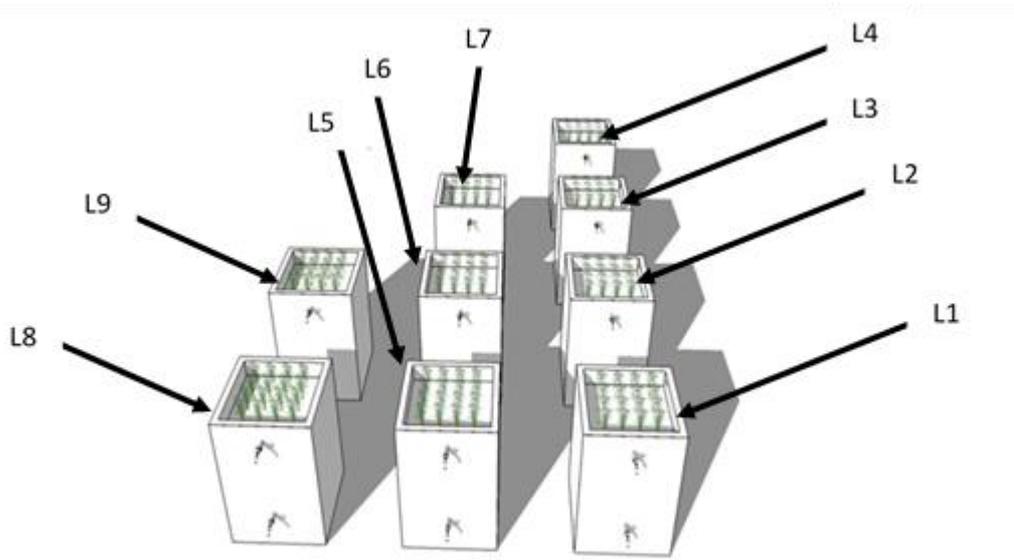


Figure 4: Dispositif expérimental : neuf (09) répliques de lysimètres

Chaque lysimètre est constitué de deux vannes : la première est placée du haut de lysimètre et permet de mesurer l'eau de ruissellement en cas de forte pluie et la seconde est placée au bas du lysimètre et permet de mesurer le drainage ; il contient également un entonnoir qui permet de mobiliser l'eau de ruissellement en cas de forte pluie et deux (02) piézomètres en PVC.

Aussi, un bidon est placé sous la vanne du bas de chaque lysimètre pour recueillir l'eau du drainage (*planché 4*) ci-dessous :



Planché 4: Lysimètre constitué de deux (02) Piézomètres ; un entonnoir et raccordé par deux (02) vannes avec un bidon au bas

L'irrigation et le drainage ont été effectués chaque deux (02) jours et le bilan hydrique a été établi par décade. À partir du bilan hydrique, l'évapotranspiration maximale ETM a été calculée (*voir feuille de calcul annexe X*). L'équation du bilan hydrique est la suivante :

$$Pluie + Irrigation = Drainage + Ruissellement + ETM + Variation de stock$$

Equation 2 : bilan hydrique

$$P + I = D + R + ETM + \Delta S$$

Où P est la pluie, I est l'Irrigation apportée à la plante, D est le drainage, R est le Ruissellement, ETM est l'évapotranspiration maximale et ΔS est la variation de stock. À chaque irrigation, le niveau de l'eau du sol a été ramené à un repère fixe dans les piézomètres c'est-à-dire que le niveau de l'eau dans les piézomètres est ramené au même niveau que la surface du sol. Ce qui nous a permis d'annuler la variation de stock dans le sol ($\Delta S = 0$). Le stage s'est déroulé d'Octobre 2018 à Avril 2019 ; au mois de Mars une pluie de faible intensité est tombée. Par conséquent, cette pluie est prise en compte dans le calcul de l'ETM de cette période. Par contre, la pluie est nulle ($P=0$) pour les autres périodes. Aussi, il n'y a pas eu de ruissellement à la suite de la pluie du mois de Mars. Par conséquent, il a été considéré nul durant toute la période du stage ($R=0$).

Ainsi, l'équation du bilan hydrique devient : **ETM = I + P - D**

Malgré les conditions agronomiques optimales, la couverture de la plante n'est jamais totale comme celui du gazon de référence, par conséquent un coefficient de réduction (K_r)

de la couverture est appliqué.

Ainsi, $ETM_{loc} = K_r * ETM$ (Keita, 2009a)

Avec $Kr = 0.10 \times \sqrt{GC(\%)}$ (Keller et Bliesner, 1990) ; où GC est la couverture végétale exprimée en pourcentage ($GC(\%) = \frac{\sum s_i}{S}$) et s_i surface foliaire orthogonale d'un plant i et S la surface du sol du lysimètre.

D'où la formule de l'évapotranspiration maximale :

$$ETM_{loc} = K_r * ETM = Kc * ET_0$$

IV.5. ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE LA PLANTE

Pour la plante, plusieurs grandeurs importantes ont été mesurées chaque dix (10) jours jusqu'à la fin de la phase initiale. Les définitions de quelques termes sont données en *Annexe II*.

IV.5.1. Faculté germinative des semences

a) Provenance des semences

La semence utilisée provient du Centre National des Semences forestières (CNSF) à Ouagadougou Burkina Faso.

b) Modalité de réalisation du Semis

Le semis a été effectué le **10 Octobre 2018** dans des sachets en plastiques de dimensions $18 \times 10 \times 8 \text{ cm}^3$ à raison de deux (02) semences par sachet. Au total trois cent vingt (320) semences ont été semées soient cent soixante (160) sachets misent en pépinière (*planché 5*).



Planché 5: a : Semence de la plante - b : Sachets plastiques contenant du substrat

Le substrat utilisé a été prélevé sur le site d'expérimentation et les sachets ont été remplis au 2/3 de leur volume. Après le semis, il a été effectué les entretiens suivants : l'arrosage et le désherbage des pépinières. En effet, l'arrosage s'effectuait deux (02) fois par jour (le matin et le soir) quant au désherbage, il s'effectuait selon la fréquence d'apparition des mauvaises herbes. Pendant vingt-un (21) jours c'est-à-dire du 10 au 31 Octobre 2018 les semis ont été protégés contre l'ardeur des rayons solaires par une serre.

c) Suivi de la germination

Les paramètres suivants ont été déterminés : délai d'attente (délai de germination) temps écoulé entre le semis et la première germination et le nombre de semences germées. Le relevé de germination a été effectué pendant deux (02) semaines en comptant systématiquement chaque jour le nombre de semences ayant germé pour calculer le taux de germination. La formule utilisée pour ce calcul est la suivante :

$$\%G = \frac{\text{Total de semences germées}}{\text{Total de semences mises à germer}} * 100$$

Après la germination, les pépinières ont été placées hors serre pendant vingt-quatre (24) jours c'est-à-dire du 01 au 24 Novembre 2018 avant d'être transférées vers les lysimètres pour le repiquage. En effet, le repiquage a été effectué le **24 Novembre 2018** dans neuf (09) répliques de lysimètres en mettant **deux (02) plants** par lysimètre distants entre eux de 50 cm. Ainsi, **dix-huit (18) plants** ont été repiqués. Après le repiquage, le suivi de la croissance des plantules a été effectué.

d) Suivi de la croissance des plantules

Il s'effectuait tous les dix (10) jours et a consisté à mesurer dans chaque lysimètre les paramètres traduisant les attributs de croissance tels que : la hauteur des plants mesurée du collet au bourgeon terminal à l'aide d'une règle graduée en centimètre; le diamètre au collet au moyen d'un pied à coulisse gradué en millimètre ; la couverture végétale du sol (GC) déterminée en mesurant la surface des feuilles par plant (longueur et largeur des feuilles) rapportée à la surface totale du sol et s'exprimant en pourcentage; la profondeur d'enracinement dans le lysimètre témoin par destruction; le nombre de branches et le nombre de feuilles par branche par plant par simple comptage ; la biomasse humide et sèche à la fin de la phase initiale par conversion du nombre de feuilles comptées sur chaque plant. En effet, il a été prélevé sur chaque plant trois (03) feuilles (la plus petite-moyenne et la plus grande) qui ont été pesées pour

déterminer la masse humide et ensuite les faire sécher au froid pendant cinq (05) jours et les pesées à nouveau pour déterminer leur masse sèche. Connaissant la masse humide et sèche de ces trois feuilles, et connaissant le nombre de feuilles total par plant, il a été déduit la masse humide et sèche totale de chaque plant ; d'où la biomasse humide et sèche des plants.

IV.5.2. Détermination du coefficient cultural (K_c)

Connaissant ETM_{loc} et ET₀, le coefficient cultural de la phase initiale du stade végétatif de *Combretum glutinosum* a été déterminé en utilisant la relation suivante:

$$ETM_{loc} = K_c \times ET_0$$

Ainsi,
$$K_c = \frac{ETM_{loc}}{ET_0}$$

Où : ETM_{loc} (mm/j) : mesuré à partir des lysimètres ;

ET₀ (mm/j) : calculé à partir des paramètres climatiques.

IV.6. ANALYSE STATISTIQUES DES DONNÉES

Les données collectées ont été saisies à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013 et les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel Minitab version 18.1. La différence entre les attributs de croissance dans les neuf (09) répliques de lysimètres a été évaluée par une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Compte tenu de la faible taille de l'effectif (inférieur à 30) et de l'indépendance de nos échantillons, le test paramétrique d'ANOVA et celui de non-paramétrique de *Kruskal-Wallis* ont été appliqués. Leurs conditions d'utilisations sont données en *Annexe III*.

V. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus, ont été présentés suivant le quadruple plan : climat – sol – eau et plante, où les investigations ont été menées simultanément.

V.1. EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE (ET₀)

Le *tableau I* suivant présente les valeurs de l'évapotranspiration de référence (ET₀) en fonction des mois.

Tableau I: Valeurs d'ET₀ (mm/j) station météo de Kamboinsé (2018-2019)

Mois	ET ₀ (mm/j)	Écart type
Novembre	3,50	0,1
Décembre	3,35	0,5
Janvier	3,21	0,3
Février	3,35	0,5
Mars	3,27	0,9
Avril	3,79	0,8
Moyenne générale ET ₀ (mm/j) de la phase initiale	3,41	0,2

Les résultats du *tableau I* représentent les valeurs moyennes de l'évapotranspiration de référence (ET₀) des mois de la phase initiale. Ces valeurs sont pour le mois de Novembre 3,50±0,1 mm/j ; Décembre 3,35±0,5 mm/j ; Janvier 3,21±0,3 mm/j ; Février 3,35±0,5 mm/j ; Mars 3,27±0,9 mm/j ; et pour le mois d'Avril 3,79±0,8 mm/j. De l'analyse du *tableau I*, il ressort que le mois d'Avril présente la valeur de l'ET₀ la plus élevée et le mois de janvier la plus faible. La valeur moyenne de l'évapotranspiration de référence (ET₀) dans la zone d'étude pour la phase initiale est de **3,41±0,2 mm/j**. En effet, l'évapotranspiration de référence (ET₀) dépend des paramètres climatiques et contribue à la détermination des coefficients culturaux (Kc) des cultures.

Tableau II : Comparaison ET₀ (station Ouagadougou et Station Kamboinsé)

Mois	ET ₀ (mm/j) station météo Ouagadougou	ET ₀ (mm/j) station météo Kamboinsé	Différences
Novembre	5,74	3,50	2,24
Décembre	5,8	3,35	2,45
Janvier	5,5	3,21	2,29
Février	6,46	3,35	3,11
Mars	7,51	3,27	4,24
Avril	7,41	3,79	3,62

De l'analyse du *tableau II*, on remarque de différences entre les valeurs de l'ET₀ de la station météo de Ouagadougou et celles de Kamboinsé. Ces différences sont de l'ordre de 2,24 mm/j pour le mois de Novembre ; 2,45 mm/j pour le mois de décembre ; 2,29 mm/j pour le mois de Janvier ; 3,11 mm/j pour le mois de Février ; 4,24 mm/j pour le mois de Mars et 3,62 mm/j pour le mois d'Avril. Ces différences s'expliqueraient par le faite que l'ET₀ est un

paramètre dépendant du climat donc varie d'une zone à l'autre. Les valeurs de l' ET_0 de la station météo de Ouagadougou ont été déterminées à partir du logiciel *Cropwat 8.0*. (Annexe IV).

V.2. CARACTÉRISTIQUES DU SOL

Les caractéristiques du sol suivant ont été déterminées: le pH; le taux de matières organiques ; et la conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}). En effet, la connaissance de ces grandeurs permettra de juger l'état de notre sol.

V.2.1. PH du sol

Le pH (ou potentiel Hydrogène) est une indication de la concentration en ions hydrogènes (H^+) présents dans le sol. Plus la concentration en ions H^+ est élevée, plus le pH est faible ou « acide ». Au contraire, plus la concentration en ions H^+ est faible, plus le pH est élevé ou « alcalin ». En effet, le pH d'un sol influe sur la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante, et donc son développement. Il varie en fonction de la plante et de ses besoins. Le pH d'un sol peut être influencé par le type de sol, le taux de matière organique, l'activité biologique et racinaire, les éléments nutritifs présents, le climat, la végétation présente sur le sol. Il est donc important de connaître le pH de votre sol de culture afin de définir son statut acido-basique. Ainsi, le résultat du pH de notre sol est présenté dans le tableau 3 suivant :

Tableau III: Valeurs de pH du sol

Lysimètre	pH
1	7,33
2	7,35
3	7,78
4	7,27
5	7,23
6	7,18
7	7,10
8	7,58
9	7,54
Moyenne	7,37
Écart type	0,2

De l'analyse du *tableau III*, le pH de notre sol à une valeur moyenne de $7,4 \pm 0,2$. En effet, cette valeur est comprise entre 7,0 et 7,5 par conséquent notre sol est peu alcalin ou peu basique qui serait donc acceptable pour notre culture.

V.2.2. Taux de matières organiques du sol

La matière organique joue un rôle majeur relativement à la conservation des sols. En effet, elle a des effets positifs en particulier sur l'activité biologique, la structure, la rétention en eau, le drainage et la réserve en éléments nutritifs du sol. Son influence se répercute également sur la productivité et la rentabilité des cultures. La matière organique contribue à préserver cet actif important qu'est le sol pour les fermes de grandes cultures. Il est donc important de s'en préoccuper et de la protéger. Afin de déterminer le niveau de richesses de notre sol en matière organique, une analyse de sa teneur dans chaque lysimètre a été effectuée. Le résultat est présenté dans le *tableau IV* suivant :

Tableau IV: Valeurs du taux de matières organiques présent dans le sol

Lysimètres	Taux de matières organiques(%)
1	4,31
2	4,56
3	4,87
4	4,66
5	4,24
6	4,23
7	4,39
8	4,41
9	3,81
Moyenne	4,39
Écart type	0,2

Le *tableau IV* nous donne la valeur moyenne du taux de matières organiques présent dans le sol. Cette valeur est d'environ **4,39±0,2%**. Ce résultat fait ressortir la fertilité et la capacité d'infiltration moyenne de notre sol et donc un sol moyen en termes de niveau de richesse. Afin d'augmenter le niveau de richesse du sol en matière organique favorable pour notre culture, il a été apporté par lysimètre **3 Kg** de fumiers de volailles. En effet, cet apport de fumier contribuerait à améliorer la fertilité du sol tout en augmentant sa rétention en eau et en éléments minéraux (Boli Z. et Roose E., 2000), nécessaire à la vie du végétal. Aussi, le fumier permet de maintenir le taux de matière organique dans le sol. Or, la matière organique est une source de vie microbienne qui assure la fonction biologique du sol pour une meilleure fertilité. Confirmé par Sangaré (2002), l'apport du fumier améliore l'effet travail du sol en relançant l'activité biologique qui favorise l'apparition de la faune du sol dont le rôle sur l'amélioration de la structure et de l'infiltration.

V.2.3. Conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}) du sol

Les résultats issus des essais d'infiltration ont été traités avec le logiciel Minitab 18.1. Les courbes d'infiltrations (*Annexe V*) et la valeur de conductivité hydraulique à saturation de chaque lysimètre ont été obtenues (*tableau V ci-dessous*).

Tableau V: Valeurs des conductivités hydrauliques à saturation (K_{sat}) du sol

Lysimètres	K_{sat} (mm/h)
1	22,23
2	18,6
3	20,86
4	24,4
5	22,88
6	21,36
7	22,24
8	21,9
9	22,31
Moyenne	21,86
Écart-Type	1,58
Coef.Variation	7,21

Afin de vérifier l'homogénéité du sol dans les différents lysimètres, le coefficient de variation CV(%) a été calculé. La valeur trouvée est inférieure à 20% (**CV < 20%**) par conséquent, le sol dans les différents lysimètres est homogène avec en moyenne une valeur de **21,86±1,6 mm/h** de la conductivité hydraulique à saturation(K_{sat}). Cette valeur introduite dans le logiciel Soil Water Characteristics a donné les humidités caractéristiques (humidité à la capacité au champ (θ_{FC}) et l'humidité au point de flétrissement (θ_{WP})) (*tableau VI*) et la nature du sol (*figure 5*).

Tableau VI: Valeurs des humidités caractéristiques du sol

K_{sat} (mm/h)	21,86
θ_{FC} (%)	26,5
θ_{WP} (%)	15,6

À partir des humidités caractéristiques la réserve utile obtenue est : **RU(%) = 10,9** soit **RU = 10,9 cm/m, soit 109 mm/m.**

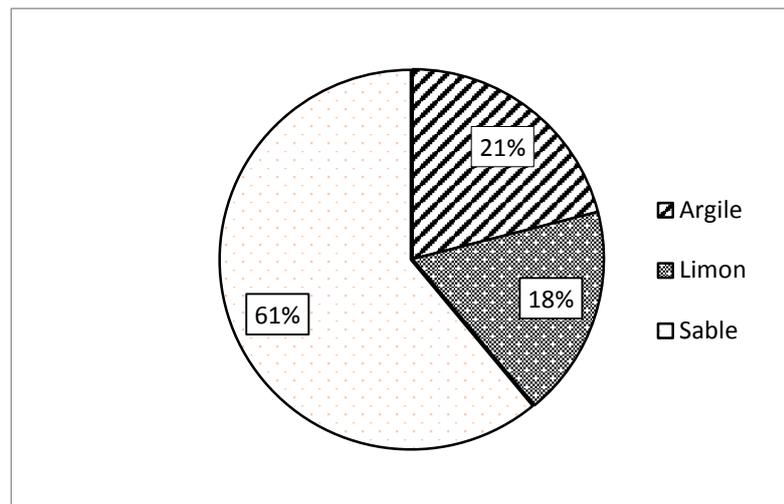


Figure 5: Nature du sol

De la figure 4, il a été déduit la composition du sol avec différentes proportions à savoir : Sable (61%), Argile (21%) et Limon (18%). Le sol est donc de type **Sablo-Argilo-Limoneux**.

V.3. ÉVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE (ETM)

Elle correspond à la valeur maximale de l'évapotranspiration réelle (ETR) qui résulte de la transpiration des plantes et de l'évaporation du sol. Sa connaissance est indispensable pour le suivi des bilans hydriques de la surface et des cultures (à des fins variées telles que la gestion de l'irrigation ou la prévision de la production par exemple). L'ETM correspond à la valeur de l'ETR d'une plante mise dans les bonnes conditions d'alimentation hydriques, climatiques et en bon état sanitaire. Cette valeur de l'ETM correspond également aux besoins en eau de la plante. En effet, le besoin en eau d'une culture dépend de son stade de développement végétatif, varie d'une culture à l'autre et en fonction des périodes. Dans cette étude, il a été déterminé à partir du bilan hydrique décadaire, l'ETM de la phase initiale du cycle végétatif de *Combretum glutinosum*. Le résultat obtenu est présenté dans le *tableau VII* suivant :

Tableau VII: Valeurs de l'Évapotranspiration maximales (ETM_{loc})

Décade	ETM _{loc} (mm/j)	Écart type	interv.conf.95%
24/11- 04/12/2018	2,11	0,1	0,1
05/12 - 14/12/2018	2,13	0,1	0,1
15/12 - 24/12/2018	2,17	0,1	0,1
25/01/2018-03/01/2019	2,18	0,1	0,1
04/01- 13/01/2019	2,79	0,3	0,2
14/01- 23/01/2019	2,77	0,2	0,1
24/01 - 02/02/2019	3,22	0,2	0,1
03/02 - 12/02/2019	3,32	0,3	0,2
13/02 - 22/02/2019	3,35	0,2	0,1
23/02 - 04/03/2019	3,39	0,2	0,1
05/03 - 14/03/2019	2,72	0,3	0,2
15/03 - 24/03/2019	2,66	0,1	0,1
25/03 - 03/03/2019	2,58	0,2	0,1
04/04 - 13/04/2019	3,07	0,3	0,2

Le tableau VII présente les valeurs de l'évapotranspiration maximale (ETM_{loc}) de la phase initiale de *Combretum glutinosum*. Ces valeurs sont représentées dans la figure 6 ci-dessous :

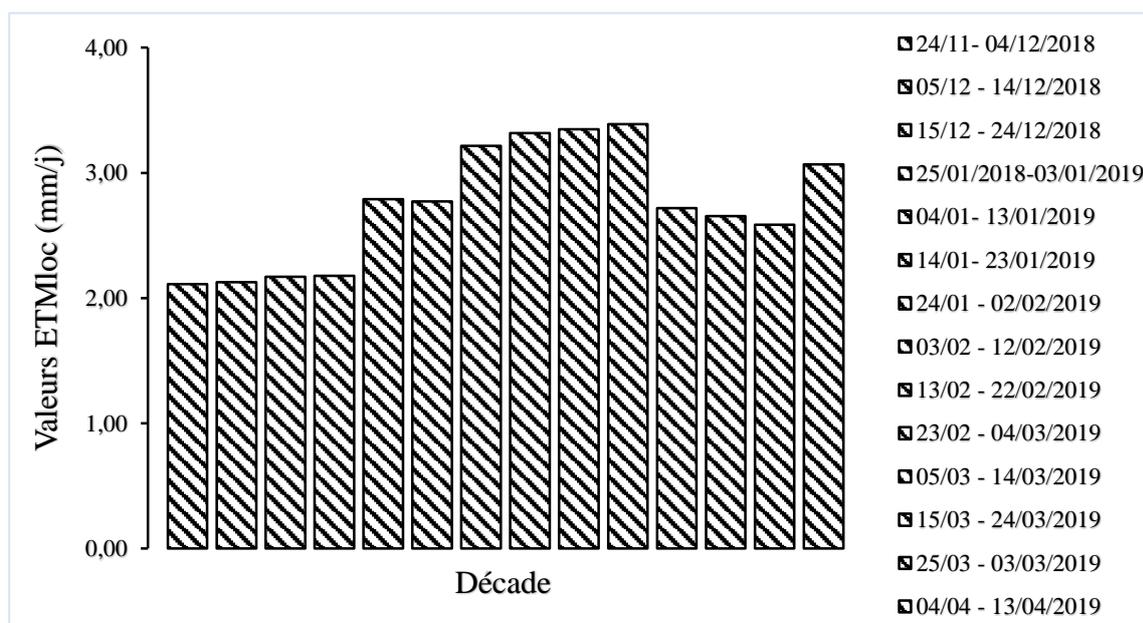


Figure 6: Variations d'évapotranspirations maximales (ETM_{loc}) de *C. glutinosum* par décade

La figure 6 ci-dessus présente les variations de l'évapotranspiration maximale de *C. glutinosum* dans sa phase initiale. Elle a été calculée à partir du bilan hydrique à un pas de temps fixe qui est de dix (10) jours. De l'analyse de la figure 6, quatorze (14) valeurs moyennes ont été obtenues du repiquage jusqu'à la fin de la phase initiale. Ces valeurs sont respectivement pour ETM_{1loc}; ETM_{2loc}; ETM_{3loc}; ETM_{4loc}; ETM_{5loc}; ETM_{6loc}; ETM_{7loc}; ETM_{8loc}; ETM_{9loc}; ETM_{10loc}; ETM_{11loc}; ETM_{12loc}; ETM_{13loc} et ETM_{14loc} de 2,11±0,1mm/j ; 2,13±0,1mm/j ; 2,17±0,1mm/j ; 2,18±0,1mm/j ; 2,79±0,3mm/j ; 2,77±0,2mm/j ; 3,22±0,2 mm/j ; 3,32±0,2mm/j ; 3,35±0,2 mm/j ; 3,39±0,2 mm/j ; 2,72±0,3 mm/j ; 2,66±0,1 mm/j ; 2,58±0,2 mm/j ; 3,07±0,3 mm/j. Ainsi, les valeurs de l'ETM_{loc} ci-dessus définissent le besoin en eau de *C. glutinosum* à sa phase initiale. En effet, le besoin en eau de *C. glutinosum* ne se limite pas seulement à celui de sa phase initiale; mais compte tenu de la durée du stage et du caractère de l'espèce, notre étude s'est arrêtée au niveau de la phase initiale de son stade végétatif. Par conséquent, les paramètres obtenus autour du dispositif expérimental expliquent les comportements physiques de la plante à cette phase.

V.4. PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE COMBRETUM GLUTINOSUM

V.4.1. Faculté germinative

La durée d'attente enregistrée est de **cinq (05) jours**. Le nombre de semences germées est de **80 sur 320**, soit un taux de germination de **25%**.(Photo 3).



Photo 3: Semences de *C. glutinosum* germées en pépinière

Nos résultats diffèrent de ceux de (Amani et al., 2015) et (Thiombiano et al., 2003) qui en travaillant sur des espèces de *combretaceae* ont obtenus des taux de germination de l'ordre de 100% et de 95% respectivement. Ce faible taux pourrait s'expliquer par le mauvais état sanitaire des semences semées et aussi par le fait que les semences n'ont pas subi de prétraitement avant d'être mises en pépinière.

V.4.2. Croissance des plantules

La durée totale du suivi de la croissance des plantules est de **141 jours** (du 24 /11 / 2018 date de repiquage au 13 / 04 / 2019 fin de la phase initiale) du stade végétatif soit 04 mois 20 jours. La *photo 4* suivante présente deux (02) pieds de *C. glutinosum* à la fin de la phase initiale. Elle est caractérisée par l'augmentation du nombre de feuilles, de la taille des feuilles, de la hauteur verticale du plant et l'apparition des petits rameaux qui indiquent le début de la phase de croissance donc la fin de la phase initiale.



Photo 4: Deux (02) pieds de *C. glutinosum* dans le lysimètre

Les différentes caractéristiques des plants dans le lysimètre citées ci-dessus ont permis d'identifier la fin de la phase initiale du stade végétatif de *C. glutinosum*.

V.4.3. Stades végétatifs

La vie des plantes se déroule en étape successive. En effet, ce déroulement s'appelle Cycle végétatif et est caractérisé par une durée bien déterminée. Par ailleurs, la connaissance de ce

cycle végétatif et leur durée est importante pour les plantes cultivées puisqu'à chaque étape de la vie, le besoin en eau, en nourriture, en chaleur et en lumière est différent. Dans cette étude, il s'est agi du cycle végétatif de *Combretum glutinosum*. En effet, la vie chez *C. glutinosum* tout comme chez les autres cultures se déroule par phase (phase initiale, phase de croissance, phase de maturité et de sénescence) avec des durées bien déterminées. Dans cette étude, compte tenu de la durée du stage et du type de l'espèce, notre étude sur le *C. glutinosum* s'est limitée au niveau de la phase initiale de son cycle végétatif. Le résultat est présenté dans le *tableau VIII* suivant :

Tableau VIII: Durée de la phase initiale de *C. glutinosum*

Stade		Durée (jours)
Phase initiale	du semis au repiquage	44
	repiquage à la fin de la première phase	141
Total		185

Le *tableau VIII* ci-dessus présente la durée de la phase initiale du cycle végétatif de *C. glutinosum*. Il comporte deux étapes : la première du semis au repiquage c'est-à-dire du 10 / 10 / 2018 au 23 / 11 / 2018 soit quarante-quatre (**44**) jours et la seconde du repiquage à la fin de la phase initiale c'est-à-dire du 24 / 11 / 2018 au 13 / 04 / 2019) soit cent-quarante-un (**141**) jours. D'où les **185 jours** de la phase initiale du stade végétatif de *C. glutinosum*.

V.4.4. Diamètre au collet

La mesure du diamètre au collet des plants a commencé le 24 / 12 / 2018 après le repiquage et pour la suite elle s'effectuait chaque dix (10) jours jusqu'au 13 / 04 / 2019 (la fin de la phase initiale). Les résultats sont présentés dans le *tableau IX* suivant :

Tableau IX: Valeurs moyennes des diamètres au collet de *C. glutinosum* mesurées pendant la phase initiale

Mesures	Lysimètres									Moyenne	Écart type
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9		
M1 (mm)	1,20	1	2,7	3,1	1,75	2,85	2,45	1,75	1,95	2,08	0,6
M2 (mm)	1,20	1	2,75	3,2	1,85	2,85	2,5	1,8	2,05	2,13	0,6
M3 (mm)	1,25	1	2,8	3,35	1,95	2,95	2,6	1,85	2,05	2,20	0,6
M4 (mm)	1,45	1	2,85	3,45	1,95	3,1	2,65	1,9	2,1	2,27	0,7
M5 (mm)	1,50	1	2,9	3,5	1,95	3,15	2,75	2	2,25	2,33	0,7
M6 (mm)	1,65	1,2	2,95	3,6	2,15	3,2	2,85	2,2	2,3	2,46	0,6
M7 (mm)	1,75	1,2	3,1	3,75	2,3	3,4	3,35	2,35	2,4	2,62	0,7
M8 (mm)	2,10	1,8	3,5	3,95	2,4	3,5	3,4	2,4	2,5	2,84	0,7
M9 (mm)	2,35	2	3,75	4,25	2,6	3,6	3,5	2,55	2,7	3,03	0,7
M10 (mm)	2,99	2	4,75	5	3,05	3,6	3,8	2,55	2,95	3,41	0,8
M11 (mm)	3,00	2,1	4,98	5,74	3,05	3,6	4,4	2,55	2,99	3,60	1,0
M12 (mm)	3,98	2,2	5	6,49	3,55	3,6	5,55	2,75	3,04	4,02	1,1

Le *tableau IX* présente les résultats de douze (12) mesures du diamètre au collet des plants effectués pendant la phase initiale. En effet, le 24 / 12 / 2018, il mesurait en moyenne $2,08 \pm 0,60$ mm à $4,02 \pm 1,10$ mm le 13 / 04 / 2019 (fin de la phase initiale). Ainsi le diamètre moyen au collet de *C. glutinosum* mesuré à la phase initiale de son cycle végétatif est en moyenne **$4,02 \pm 1,10$ mm**. La *figure 7* ci-dessous donne l'évolution du diamètre moyen au collet de *C. glutinosum* mesuré durant la phase initiale.

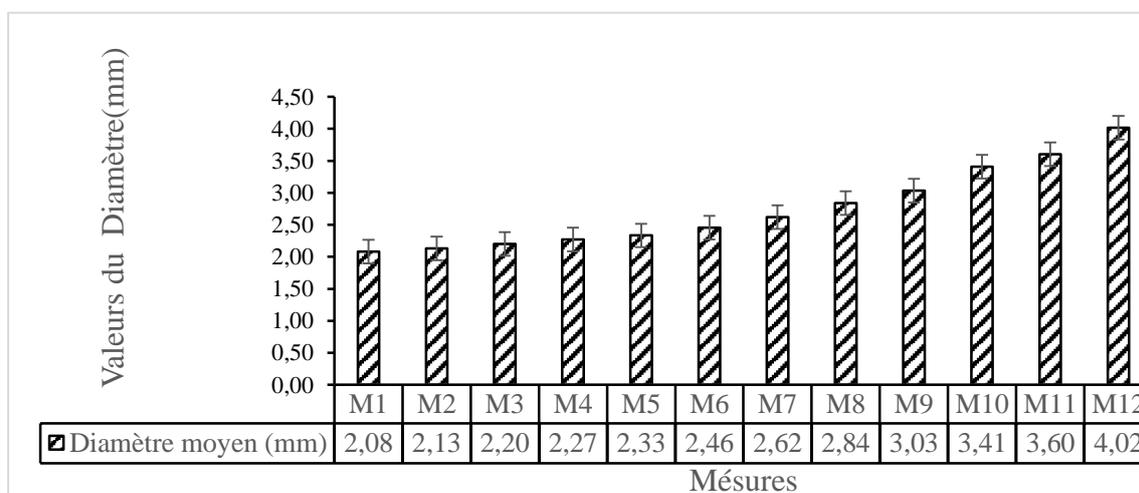


Figure 7: L'évolution du diamètre moyen au collet de *C. glutinosum* à la phase initiale

Légende : **M** : mesure

M1 : le 24/12/2018 ; **M2** : le 03/01/2019 ; **M3** : le 13/01/2019 ; **M4** : le 23/01/2019 ;

M5 : le 02/02/2019 ; **M6** : le 12/02/2019 ; **M7** : le 22/02/2019 ; **M8** : le 04/03/2019 ;

M9 : le 14/03/2019 ; **M10** : le 24/03/2019 ; **M11** : le 04/04/2019 ; **M12** : le 13/04/2019.

V.4.5. Profondeur racinaire

Dans cette étude, la profondeur d'enracinement de *Combretum glutinosum* a été mesurée à la fin de la phase initiale (*photo 5*). Il possède une racine pivotante, profonde qui lui permettrait d'accumuler des réserves de nourriture.



Photo 5: Racine de *C. glutinosum* mesurée à la fin de la phase initiale

La valeur obtenue est de **65 cm**. En effet, la profondeur racinaire dépend du type de culture, du type de sol et du stade de développement. Elle dépend également de la texture et de la structure du sol, des conditions d'humidités et de la disponibilité en éléments nutritifs. En outre Les racines sont responsables de la croissance et du développement de la plante et c'est grâce à elles que la plante puise dans le sol l'eau et les sels minéraux dont elle a besoin pour se développer. Elles contribuent également aux équilibres hormonaux qui contrôlent la croissance et le fonctionnement de la plante. Aussi elles constituent une source de matière organique pour le sol. Il est donc important pour la production de la culture, mais aussi pour le maintien de la fertilité du sol, d'avoir un système racinaire bien développé, notamment en profondeur (Chanterau J. et Nicou R, 1991).

V.4.6. Biomasses humide et sèche (à la fin de la phase initiale)

À la fin de la phase initiale, les feuilles de *Combretum glutinosum* ont été récoltées et mesurées pour déterminer sa biomasse humide et ensuite, elles ont été séchées à l'ombre pendant cinq (05) jours pour déterminer sa biomasse sèche (planché 6).



Planché 6: a : Biomasse humide - b : Biomasse sèche - c : Appareil de mesure du poids de la biomasse
Le tableau X suivant présente la quantité de Biomasses humide et sèche de *C. glutinosum* après 185 jours d'observation.

Tableau X: quantité de biomasses humide et sèche de *C. glutinosum*

Biomasse Humide (g)	Biomasse Humide (g)
11,07±7,85	4,29±3,06

La quantité moyenne de Biomasse humide de *C. glutinosum* obtenue après **185 jours** d'observation est de **11,07±7,85 g** et celle de la Biomasse sèche est de **4,29±3,06 g**.

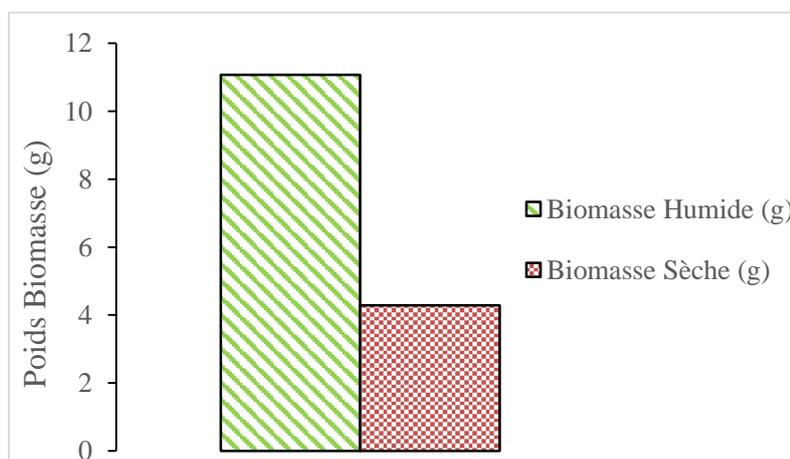


Figure 8: Quantité de biomasses humide et sèche de *C. glutinosum* après 185 jours d'observation

V.4.7. Couverture végétale du sol (GC)

La couverture végétale du sol encore appelée Ground cover (GC) correspond au pourcentage de l'ensemble de végétaux couvrant la surface du sol de manière permanente ou temporaire. Elle a été calculée après 185 jours d'observation correspondant à la première phase du cycle végétatif de *C. glutinosum*. Elle est fonction du stade de développement de la plante et a été calculée à l'aide des mesures de la longueur et de la largeur des surfaces foliaires en fonction de la superficie. Le résultat obtenu est consigné dans le tableau XI suivant :

Tableau XI: Couverture végétale en (%)

Stade végétatif	GC(%)	$Kr = 0,1\sqrt{GC}(\%)$
Phase initiale	5,23	0,229

L'évolution de *C. glutinosum* en fonction du temps du repiquage à la fin de la phase initiale est définie dans le planché 7 suivant :



Planché 7: Evolution de *Combretum glutinosum* durant la phase initiale

✓ Test d'ANOVA : Comparaison des moyennes

Pour ce test, les hypothèses suivantes ont été formulées :

H₀ : Les deux échantillons suivent la même loi de distribution ;

H_a : Les distributions des deux échantillons sont différentes ;

Le seuil de signification est fixé à $\alpha = 0,05$.

Les résultats obtenus à partir du test d'ANOVA ont été présentés dans le *tableau XII* suivant et aussi dans *l'Annexe VIII*.

Tableau XII: Résultats du test d'ANOVA sur les différents lysimètres

Attributs de Croissance	Hauteur verticale	Nombre de Feuilles /Branche principale	Nombre de branches secondaires
p-value	0,0	0,0	0,121
Hypothèse retenue	Ha	Ha	H ₀

De l'analyse du *tableau XII* il ressort que la p-value calculée pour la hauteur verticale et le nombre de feuilles par branche principale est égale à **P= 0**. Ainsi, avec une valeur d' α de **0,05**, la valeur de **p(0,00)** indiquée dans le *tableau XII* ci-dessus suffit pour conclure que la moyenne des hauteurs verticales et le nombre moyen de feuilles par branche principale d'au moins deux des lysimètres sont significativement différents. Par contre, la P-value calculée pour le nombre de branche secondaire est égale à **P= 0,121** supérieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Par conséquent, Nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle H₀. Ainsi, les lysimètres sont homogènes en matière du nombre de branche secondaire.

✓ Test de *Kruskal-Wallis* : Comparaison des médianes

Les hypothèses suivantes ont été formulées :

H₀ : Les échantillons proviennent de la même population ;

H_a : Les échantillons proviennent de populations différentes ;

Le seuil de signification est fixé à $\alpha = 0,05$.

Les résultats issus du test de *Kruskal-wallis* ont été présentés dans le *tableau XIII* suivant et aussi dans *l'annexe IX*.

Tableau XIII: Résultats du test de *Kruskal-Wallis* sur les différents lysimètres

Attributs de croissance	Nombre de Branches principales	Nombre de branches secondaires
p-value	1,00	0,116
Hypothèse retenue	H0	H0

De l'analyse du *tableau XIII*, il ressort que les p-value calculées pour le nombre de branches principales (**P= 1,00**) et pour le nombre de branches secondaires (**P=0,116**) sont toutes supérieures au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Par conséquent nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle H0 pour le nombre de branches principales et pour le nombre de branches secondaires. Ainsi, nous pouvons conclure que les lysimètres sont homogènes en matière de nombre de branches principales et de nombres de branches secondaires.

V.5. COEFFICIENT CULTURAL (KC) DE C. GLUTINOSUM

Cette étude présente le résultat du coefficient cultural (KC) de la phase initiale du cycle végétatif de *C. glutinosum*. La valeur obtenue est présentée dans *le tableau XIV* ci-dessous :

Tableau XIV: Coefficient cultural (KC) de la phase initiale de *C. glutinosum*

Phase	KC	Écart type
Initiale	0,9	0,03

L'objectif de cette étude était de déterminer les coefficients culturaux de *C. glutinosum* aux différents stades de développement de son cycle végétatif. Mais compte tenu de la durée du stage, nous nous sommes limités au coefficient cultural (KC) de la phase initiale. La valeur obtenue à cette phase est de **0,9 ± 0,03**. La valeur de KC obtenue dans cette étude avoisine celle d'autres cultures de même nature à cette phase. En effet, le Théier non ombragé et le cacao ont respectivement un KC de **0,95** et de **01** à la phase initiale (Tiercelin J.R., 1998). Par comparaison de ces résultats, nous pouvons dire que le KC varie en fonction des cultures et aussi du climat. *La figure 10* suivante donne l'allure du KC de la phase initiale de *Combretum glutinosum* :

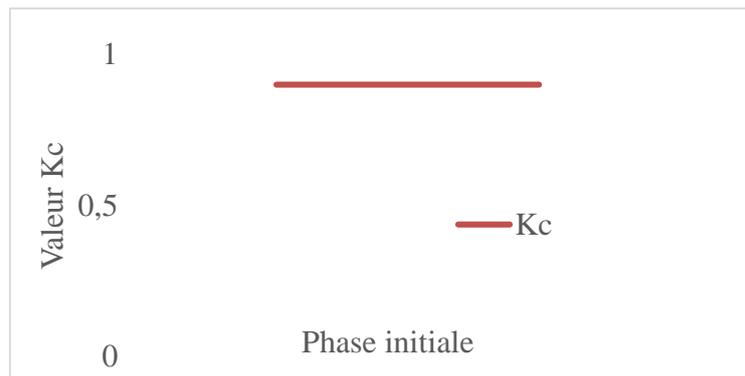


Figure 10: L'allure du coefficient culturel de la phase initiale de *C. glutinosum*

L'allure du coefficient culturel obtenu à la phase initiale de *C. glutinosum* est pratiquement identique à celui du coefficient culturel des autres cultures connues à cette phase (Duchemin, 1998). En effet, le coefficient culturel dépend du stade végétatif ; du type de sol ; du climat et du type de la plante.

VI. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

VI.1. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Cette étude réalisée sur la caractérisation sous irrigation de *Combretum glutinosum* en zone soudano sahélienne a permis de démontrer que le *C. glutinosum* a une croissance juvénile lente. En effet, l'objectif de cette étude était de déterminer le coefficient cultural et les paramètres de croissance de *C. glutinosum* à chaque stade de développement ; mais au cours de cette étude, nous n'avons pas pu atteindre tous les stades de développement de *C. glutinosum* par conséquent, les résultats présentés ici sont uniquement de la phase initiale du cycle végétal. De ces résultats, il ressort la connaissance de **185 jours** de la phase initiale du cycle végétatif de *C. glutinosum* ; et de la valeur du coefficient cultural (KC) de **0,9±0,03**. La hauteur verticale moyenne obtenue de *C. glutinosum* à cette phase est de **12,6±3,1 cm** et le nombre de branches principales ainsi que de branches secondaires par plant sont respectivement en moyenne de **01** et de **01±1**. Aussi le nombre de feuilles par branche principale est en moyenne **12±2** également pour cette phase. Les biomasses humides et sèches obtenues sont respectivement **11,07±7,85 g** et **4,29±3,06 g**. Les résultats obtenus à partir de la phase initiale du cycle végétatif de

C. glutinosum serviront des données de bases pour les pépiniéristes et les planteurs dans sa culture. En définitive, les paramètres tels que la durée de la phase initiale et le coefficient cultural du cycle végétatif de *C. glutinosum* déterminés, dans cette étude permettront de réduire le vide scientifique qui existait en matière des connaissances de ces paramètres pour les plantes forestières. Ils contribueront donc à la valorisation de l'espèce.

VI.2. RECOMMANDATIONS

Au regard de la durée de notre stage (06) mois en égard à la durée du cycle de *Combretum glutinosum*, il n'a pas été possible de couvrir tout le cycle de cette plante. Dès lors, il pourrait être intéressant de poursuivre cette étude afin de caractériser l'espèce aux autres phases de son cycle végétatif.

Etant donné que le stage s'est déroulé en saison sèche, N'est-il pas nécessaire de recommander une telle étude en saison hivernale accompagnée d'irrigation de complément? Pour voir s'il y a une différence ou pas ?

VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998), « Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56 ». Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Agbahungba, G., Sokpon, N., & Gaoué, O. G. (2001), « Situation des ressources génétiques forestières du Bénin », Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998), Note thématique sur les ressources génétiques forestières, Document FGR F, 12.
- Amani, A., Inoussa, M. M., Guimbo, I. D., Mahamane, A., Saadou, M., & Lykke, A. M. (2015), « Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière », *Tropicultura*, 33(2), 135-145.
- Arbonnier, M. (2002), « Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (Trees, Shrubs, and Lianas of West African Dry Zones) », Montpellier and Paris, France: CIRAD/Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Barton, L. V. (1936), « Germination of some desert seeds. Contrib », *Boyce Thompson Inst*, 8(7).
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004), « A classification system for seed dormancy », *Seed science research*, 14(1), 1-16.
- Boivin, P. (1990), « Caractérisation de l'infiltrabilité d'un sol par la méthode Muntz: variabilité de la mesure », *Bulletin-Réseau Erosion*, (10), 14-24.
- Boli, Z., & Roose, E. (2000), «Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. La jachère en Afrique tropicale ». Paris: John Libbey Eurotext, 149-154.
- Chantereau, J. et R. Nicou (1991), « Le sorgho, Le technicien d'Agriculture Tropicale (18) », Paris, Maisonneuve et Larose.
- Charahabil, M. M., Diallo, A., Ngom, D., Diop, B., & Akpo, L. E. (2013), « Importance des Combretaceae dans des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal », *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 24(1), 39-47.
- CNUED (1992), « Développement Durable », Chapitre 4, Conférence de Rio.
- Colombani, J., Lamagat, J. P., & Thiebaut, J. (1973), « Mesure de la perméabilité des sols en place: un nouvel appareil pour la méthode Muntz une extension de la méthode Porchet aux sols hétérogènes », *Hydrological Sciences Journal*, 18(2), 197-235.
- Côme, D. (1970), « Obstacles to germination. Obstacles to germination », (6).
- Côme, D. (1993), « Apports de la recherche à l'amélioration de la qualité germinative des semences », *Acad. Agric. Fr*, 79, 35-46.
- Duchemin Benoît (1998), « Introduction au calcul des besoins en eau et de l'évapotranspiration de cultures selon la Méthode FAO Allen et al. 98. IRD/UCAM ». Université cadi Ayyad, (16, 18, 19, 20 et 21) p.

- Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1975), « Guidelines for predicting Crop Water Requirements », FAO Irrigation and Drainage Paper N°. 24, FAO, Rome.
- Enda Tiers Monde (2003), « Reconnaissez, Protégez et utilisez les plantes sûres et efficaces ».
- FAO (2004), « La Contribution Du Secteur Forestier Aux Economies Nationales : Tendances et Situation Actuelle », 50p.
- Gaméné, C. S. (1987), « Contribution à la maîtrise des méthodes simples de prétraitements et de conservation des semences de quelques espèces ligneuses récoltées au Burkina Faso », Mémoire de fin d'études IDR/UO. 96p.
- Houaro Dominique (2011), « Écologie de la germination des espèces indigènes de la Réunion », Mémoire de stage Master 2-Biodiversité des écosystèmes tropicaux, 6p.
- Houngnon Alfred (2008) « Gestion et conservation des forêts fourragères en zone soudanienne, République du Bénin », Université d'Abomey-Calavi, 102p.
- ISTA (2015), « International Seed Testing Association », Seed Sciences and Technology, Volume 27p.
- Jensen, M. E., & Allen, R. G. (Eds.). (2016, April), « Evaporation, evapotranspiration, and irrigation water requirements », American Society of Civil Engineers.
- Jordon, G. L., & Haferkamp, M. R. (1989), «Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs », Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 42(1), 41-45.
- Keïta, A. (2015), « Drainage souterrain de rizières irriguées de fond de vallée dans la savane tropicale: études de cas de Tiefora et de Moussodougou au Burkina Faso », CRC Press / Balkema.
- Keïta A. (2009a), « Broad Area Irrigation: Pivot and Lateral Move System ». - V 1. 18, Cours 2IE, 46p.
- Keïta. A, Niang. D & Sanou. L (2019), « Producing *Chrysanthellum indicum* DC. (1836) on organic amended soil in dry-season: crop coefficient Kc and growing stages determination ». Int. Agri. & Biol. Sci. (2522 – 6584), 14p.
- Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990), « Sprinkle and trickle irrigation ».
- Kerharo, J., & Adam, J. G. (1974), « La pharmacopée sénégalaise traditionnelle: plantes médicinales et toxiques ».
- Zotarelli, L., Dukes, M. D., Romero, C. C., Migliaccio, K. W., & Morgan, K. T. (2010), « Step by step calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method)», Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Malgras, D. (1992), « Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes ».
- Maydell Von H. J. (1980), « Arbre et Arbuste du Sahel : leurs Caractéristiques et Usages ». Ed. GTZ n° 147, PP 212 - 213.
- McGaw, L. J., Rabe, T., Sparg, S. G., Jäger, A. K., Eloff, J. N., & Van Staden, J. (2001), « An investigation on the biological activity of *Combretum* species ». J. ethno. ,75(1) ,45-50.

- Mathews, PG (2005), « Conception d'expériences avec MINITAB ». Presse Qualité ASQ.
- Montgomery Douglas C. (2008), « Design and Analysis Experiments », John Wiley & Sons.
- Nikiéma, Albert, Marthurin D. Sanon, Anne de Fraiture, et G.willem Tolkamp (1993), « Fiches de production de plants en pépinière », Centre National des semences Forestières, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Nikiéma R. (2016), « Reproduction par Graine et Stratégie D'adaptation des plantules de *Pterocarpus Erinacus* poir Au stress Hydrique ». Mémoire de fin de cycle, Inspecteurs des Eaux et forêts, 35p.
- Ouedraogo A, Thiombiano A, Guinko S (2005), « Utilisation, état des peuplements et régénération de cinq espèces utilitaires dans l'Est du Burkina Faso ».
- OCDE (2012), « Forest seed and plant scheme, rules and regulations », 42p.
- OMS (2013), « stratégie de l'Organisation Mondiale de la Santé pour la Médecine Traditionnelle », (2013 – 2015), Genève, P69.
- Rumsey Deborah (2009), « Statistics II for Dummies », John Willy & Sons, 413p.
- Sam J. B. (2017), « Etude de l'effet des prétraitements sur la germination et la croissance de *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepernick & Timler en pépinière », Mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Ouagadougou, Burkina Faso, 6p.
- Sangaré Sheick Khalil (2002), «Evaluation des performances Agro-Ecologiques des Techniques de lutte contre la desertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga: Cas du Zai, de la demi - lune et du tapis herbacé. », 25p.
- Somé, A. N. (1991), « Etude des Phénomènes Germinatifs et des Plantules de Quelques Essences locales de Mimosaceae », 96p.
- Thévenot, C., & Côme, D. (1983), « Corrélations physiologiques entre l'axe et les cotylédons des embryons dormants », Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 130(3-4), 79-88.
- Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H., & Guinko S. (2006), « Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) ». *Candollea*, 61(1), 189-213.
- Thiombiano A., Wittig R., & Guinko S. (2003), « Conditions de la multiplication sexuée chez des Combretaceae du Burkina Faso. *Revue d'écologie* ».
- Thomas Le Bourgeois (1993), « Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique): amplitude d'habitat et degré d'infestation, phénologie ».
- Tiercelin J.R., et Henri Tardieu (1998), « Traité d'Irrigation. Technique & documentation », 218p.

Sites internet :

ASMA: www.youtube.com/ausecoursmonarbre. Accessed 25 May 2019.

Combretum glutinosum (PROTA): www.prota4u.org. Accessed 16 February 2019.

VIII. ANNEXES

LISTES DES ANNEXES

Annexe I: Autres méthodes de calcul d'évapotranspiration de référence (ET0).....	47
Annexe II: Définitions de quelques termes	48
Annexe III: Conditions d'utilisation des tests paramétriques d'ANOVA et Non-paramétriques de <i>Kruskal Wallis</i>	54
Annexe IV: Valeurs de l'ET0 (mm/j) Station météo Ouagadougou (Cropwat 8.0)	56
Annexe V: Les courbes d'infiltrations du sol obtenues à partir des résultats des essais d'infiltration traité avec le logiciel minitab.	57
Annexe VI: Résultats des mesures des attributs de croissance de la plante.....	60
Annexe VII: Résultats des analyses de statistiques descriptives des attributs de croissance de la plante	62
Annexe VIII: Résultats du test statistique d'ANOVA.....	64
Annexe IX: Résultats du test statistique de <i>Kruskal Wallis</i>	70
Annexe X: Résultats feuilles de calcul (KC - ET0 - ETM).....	72

Annexe I: Autres méthodes de calcul d'évapotranspiration de référence (ET_0)

1. Définition

L'Evapotranspiration de la culture de référence (ET_0) est la quantité d'eau évapotranspirée par une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain (couvert continu et homogène), ayant une hauteur de quelques centimètres (bas), à son stade de développement maximal (pleine croissance), dont l'alimentation en eau n'est pas limitante (suffisamment pourvue en eau proche de la capacité de rétention mais sans excès d'eau) et qui n'est soumise à aucune limitation d'ordre nutritionnel ; physiologique et pathologique.

Dans ces conditions, l' ET_0 dépend essentiellement des facteurs climatiques d'où la désignation parfois adoptée d'**évapotranspiration climatique**.

2. Estimation de l' ET_0

De nombreuses formules (plusieurs dizaines) plus ou moins empiriques et rarement universelles sont proposées aux praticiens. Elles font intervenir un nombre plus ou moins important, de facteurs, principalement des facteurs climatiques (chaleur, vents, hygrométrie, de l'air, radiation solaire, etc...)

Aucune ne peut être considérée comme parfaite, car toutes ont recours à des paramètres d'adaptation plus ou moins précis. Parmi ces formules, on peut citer :

Les formules combinées :	Les formules basées sur la température :	Les formules basées sur la radiation :	Les formules basées sur l'humidité relative de l'air :
-Penman originale (1963) ; -FAO Penman-Monteith (1994).	-Blaney-Criddle (1950); -Turc; -Jensen-Haise; -Hargreaves.	-FAO-Radiation ; -Christiansen-Hargreaves (1969) ; -Christiansen-Samani (1985).	-Ivanov (1954); -Eagleman (1967); - FAO Class A.

Annexe II: Définitions de quelques termes

a) La Semence

La semence, en elle-même, est une notion assez large désignant le fruit entier ou une partie, voir sous-partie de celui-ci (Somé, 1991). Elle est capable de rester à l'état de vie ralentie pendant des durées variables puis germer pour donner de nouvelles plantes. Selon l'Association Internationale de Test de Semences (ISTA, 2015), la semence est un produit biologique vivant dont le comportement ne peut être prédit avec la certitude qui caractérise les essais de matériel inerte ou non biologique. Pour l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE, 2012), les semences sont des cônes, fruits et graines destinés à la production de plantules.

Dans le cas de la présente étude, le terme semence désigne la graine dépourvue des enveloppes protectrices du fruit. (Jean Boussé SAM, 2017)

b) La germination des semences

La germination correspond à l'étape par laquelle une semence en vie ralentie "se réveille" et donne naissance à une plantule. Ce passage met en jeu des mécanismes physiologiques complexes qui sont assez bien identifiés aujourd'hui. En 1991, Somé définit la germination comme un ensemble de phénomènes qui fait que la semence passe de manière irréversible de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. En effet, la complexité des sept (07) phénomènes qui ont lieu lors de l'entrée en activité d'une semence rend assez difficile la notion de germination. Pour les physiologistes, la germination est une série de réaction et d'évènement métabolique dans la graine imbibée et qui culminent à l'émergence de la plantule (Gaméné, 1987). Pour l'horticulteur ou l'agronome, la germination de semences placées dans un sol correspond à l'émergence de jeunes plantules issues de celles-ci au-dessus de ce sol (Somé, 1991). C'est le type de germination que nous retiendrons pour l'observation des phénomènes germinatifs dans la présente étude. Selon Côme (1970) :

- Le délai de germination se définit comme étant la période s'écoulant entre la date de semis et celle d'apparition des premières germinations.
- La durée de germination est le temps écoulé entre la première et la dernière germination observée.

La percée des enveloppes par la radicule ou l'allongement de celle-ci sont couramment utilisées pour déterminer que la semence a germé (Thévenot C. & Côme D., 1983).

Jordan et Haferkamp (1989) considèrent, par exemple, que la semence a germé lorsque la radicule fait au moins 1mm de long.

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples facteurs que Côme (1993) regroupe en quatre (04) catégories : les facteurs avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs après récolte et les facteurs de la germination (Figure 1 ci-dessous).

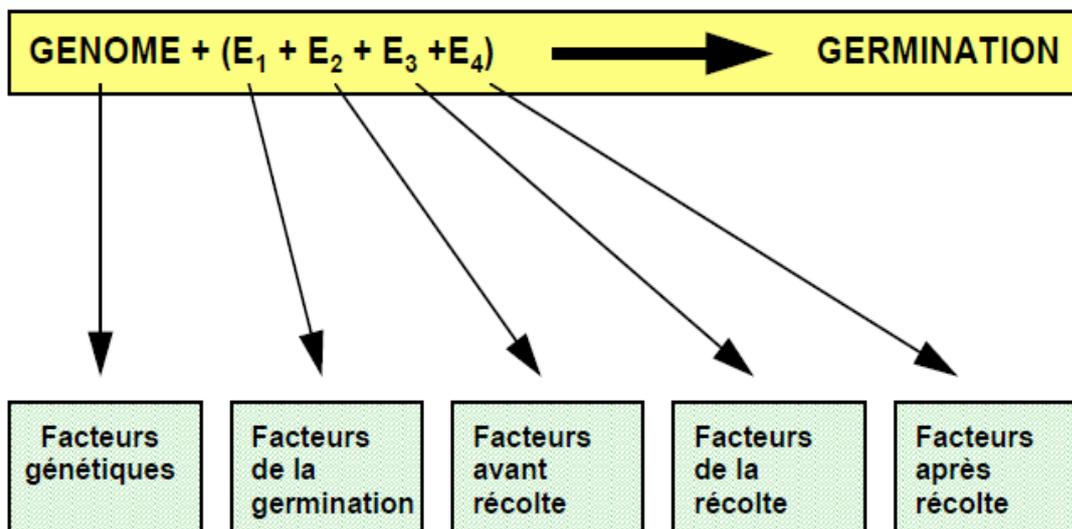


Figure 1 : Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences (d'après Côme, 1993)

Quelques-uns des **facteurs génétiques** : l'espèce, la variété, la taille ou le poids des semences peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences.

Les **facteurs avant récolte** :

- Le climat (température, pluie, lumière) ;
- Les techniques culturales (fumure, produits phytosanitaires) ;
- A la position des semences sur la plante mère ;
- A l'âge de la plante mère.

Les **facteurs de la récolte** :

- Le stade de maturité des semences au moment de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ;
- La date de récolte.

Les **facteurs après la récolte** : tous les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte peuvent avoir une incidence sur leur propriété germinative (Côme, 1993). Par exemple, le séchage, le nettoyage et le triage peuvent intervenir. L'âge des semences peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination, notamment les conditions thermiques (Barton, 1936).

Les **facteurs de la germination**, c'est -à-dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. Les plus couramment étudiés sont la température, l'oxygène et la lumière. En fait, c'est l'ensemble combiné de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. Ainsi, la présence d'eau est obligatoire, mais pas suffisante car il faut aussi que la température soit convenable et que l'embryon soit correctement oxygéné. Les inhibiteurs de germination, le substrat (profondeur du semis et la granulométrie) et les conditions des tests au laboratoire (pH, densité de semences) sont aussi des facteurs qui peuvent influencer la qualité germinative des semences.

c) La dormance des semences

Il est fréquent que des semences, placées dans de bonnes conditions de germination, ne germent pas. On parle communément de dormance. Une semence dormante est une semence viable qui ne peut germer même si toutes les conditions favorables à la germination sont réunies. Beaucoup de semences entrent en dormance à la récolte. Cet état d'inactivation du métabolisme leur assure une grande longévité (Gaméné, 1987) tandis que l'état de vie ralentie favorise la dissémination des semences (Baskin et Baskin, 2004). On distingue trois principaux types de dormances (Baskin et Baskin, 2004):

- *Les dormances endogènes (ou embryonnaires)* : les semences présentant ce type de dormance, même si elles sont débarrassées de leurs téguments, ne germent pas. Ce type de dormance peut être d'origine morphologique ou physiologique ;
- *Les dormances exogènes ou tégumentaires* : l'embryon des graines présentant ces types de dormances germe sans difficulté lorsqu'il est dénudé avec précautions, alors que la semence entière ne manifeste aucun signe de germination ;
- *Les dormances combinées* : elles résultent à la fois de dormances embryonnaires et de dormances tégumentaires.

Les graines dormantes ont besoin d'un prétraitement pour germer. Le prétraitement est fonction du type de dormance. Les dormances liées au tégument peuvent être levées en appliquant aux

semences les traitements suivants avant les semis : le trempage dans l'eau, la scarification manuelle, le décorticage, l'ébouillantage, la cuisson, le trempage à l'alcool, le trempage à l'acide sulfurique etc.

d) La croissance

La croissance est l'ensemble des phénomènes biologiques qui se traduisent par une augmentation irréversible des dimensions et du poids d'un individu ou des organes qui le compose (Nikiéma, 2016). Elle correspond à deux processus distincts : l'accroissement des parties existantes et la néoformation d'organes s'ajoutant aux précédents en même temps qu'il y'a spécialisation des cellules (Nikiéma, 2016).

e) Le coefficient cultural (KC)

Le coefficient cultural (KC) se définit comme étant le rapport entre l'évapotranspiration de la culture en condition standard (ET_c) et l'évapotranspiration de référence (ET_0). Il regroupe les réponses de la surface en terme d'évaporation et de transpiration. Pour la culture de référence (Beau gazon), $KC = 1$. Pour les autres types de cultures, le coefficient cultural rend compte des effets des différences du couvert par rapport à la surface de référence en terme de hauteur, d'albédo et de résistances stomatiques (Allen et al., 1998).

La valeur du coefficient cultural dépend ainsi :

- du **Stade de Développement** ;
- du **Type de Culture** ;
- du Type de Sol et ... du Climat !

Certains facteurs peuvent influencer la valeur des KC tels que : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations. (Duchemin, 1998).

Pour 1 cycle de culture, 4 phases (Initiale, Croissance, Maturité, Sénescence) et trois (03) valeurs 'limites' de Coefficients Culturels : $Kc_{INI} \rightarrow Kc_{MID} \rightarrow Kc_{END}$.

4 phases pour un cycle de culture :

- **Initiale** : du semis à un taux de couverture de 10%.

- $K_c = K_{cINI}$, généralement faible, mais variant fortement en fonction de la fréquence des apports d'eau (pluie, irrigation) ;
- **Croissance** : jusqu'à couverture maximale (floraison, LAI ≈ 3).

$K_{cINI} < K_c < K_{cMID}$, fonction de la partition évaporation/transpiration ;

- **Maturité** : jusqu'au premier jaunissement/chute des feuilles ?

$K_c = K_{cMID}$ est maximum et constant (généralement > 1) ;

- **Sénescence** : jusqu'au jaunissement complet ou à la récolte

$K_{cMID} < K_c < K_{cEND}$ (stade moins important en terme de besoin en eau et de pilotage de l'irrigation sauf dans le cas de cultures à récoltes multiples).

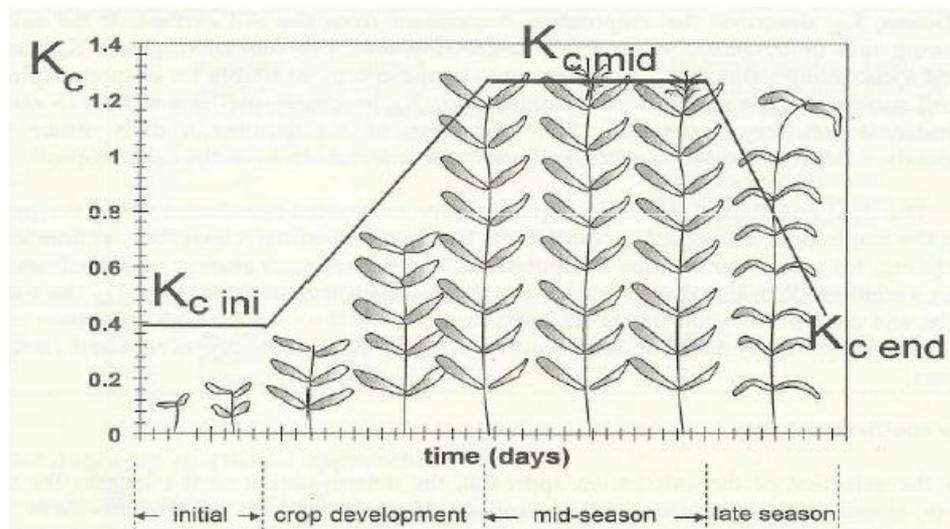


Figure 2 : Courbe de coefficients culturaux (FAO, *Irrigation and Drainage paper 56, 1998*)

Doorenbos et Pruitt (1975) ont présenté initialement la courbe de K_c sur l'ensemble de la période de croissance. Elle permet de distinguer les 3 valeurs de K_c (initial, mi-saison, et d'arrière-saison). Le printemps et l'automne possèdent les valeurs du K_c les plus élevées lorsque le sol est humide.

(Allen et al, 1998 in traité d'irrigation) ont montré que les valeurs les plus basses sont observées en été.

Selon Tuzet et Perrier (1998) (in traité d'irrigation), le K_c varie essentiellement avec les caractéristiques intrinsèques de la culture et seulement peu avec le climat. Cela permet le transfert des valeurs standards de K_c (comme celles proposées dans les Bulletins FAO-24 et

56) d'un endroit à l'autre entre les zones climatiques. Mais pour avoir plus de précision dans la détermination de l'ETc, il est toujours préférable d'utiliser les valeurs de KC déterminés expérimentalement dans la région elle-même.

Tableau 2 : KC de quelques cultures (Tiercelin J. R., 1998)

Type de Cultures	Stade initial	Stade de développement	Stade mi- saison
Cacao	1,00	1,05	1,05
Caféier sur sol nu	0,9	0,95	0,95
Raisin de table	0,3	0,85	0,45
Théier non ombragé	0,95	1,00	1,00

Ce tableau ci-dessus présente les valeurs moyennes du coefficient cultural de quelques cultures aux différents stades de développement. En réalité, le coefficient cultural dépend aussi du climat et particulièrement de l'humidité relative et surtout de la vitesse du vent.

Annexe III: Conditions d'utilisation des tests paramétriques d'ANOVA et Non-paramétriques de *Kruskal Wallis*

✓ **Tests paramétriques d'ANOVA**

ANOVA, bien qu'elle se définisse comme une analyse des variances, utilise un seul test statistique pour comparer simultanément toutes les moyennes afin de vérifier s'il existe une différence entre elles (Paul G. Mathews, 2005). En effet, sa procédure est basée sur un test hypothétique appelé F-test, qui compare combien les populations diffèrent entre elles comparativement à la variabilité dans chaque population (Rumsey Deborah, 2009). Si toutes les conditions de la limite centrale sont réunies, tous les échantillons proviennent d'une même population (Montgomery, 2008 ; Mathews, 2005), le ratio F est égal à 1. Par contre, si une ou plusieurs moyennes sont différentes des autres, le ratio F sera plus grand que 1. La conclusion sur la différence des moyennes peut aussi se baser sur le niveau de signification (P value).

Les conditions requises pour valider l'utilisation d'ANOVA sont (Rumsey Deborah, 2009 ; Montgomery, 2008 ; Mathews 2005) :

- Les populations échantillonnées suivent une distribution normale ;
- Les populations échantillonnées sont homoscédastique (même variance) ;
- Les observations sont indépendantes.

Bien qu'ANOVA indique s'il y existe ou pas une différence significative entre les moyennes des populations comparées, elle n'indique pas quelle paire de moyennes sont différentes.

Des méthodes d'analyse post-ANOVA existent, permettant d'identifier la différence significative entre chaque paire de moyennes (Rumsey, 2009 ; Montgomery, 2008). Le test post-ANOVA adopté dans cette étude est le test de Tukey. Ce test a été choisi par son simple application, demande pas beaucoup de calculs, et est assez populaire (Paul G. Mathews, 2005).

✓ **Tests non-paramétriques de *Kruskal Wallis***

Les tests non-paramétriques testent les médianes. Exceptés les tests d'une seule médiane, comme le test des signes, les autres tests, comparant deux ou plusieurs médianes, exige que (Keïta, 2016a) :

- les échantillons aléatoires proviennent des populations indépendantes ;
- Toutes les populations aient une même distribution ;
- Les variances des populations soient les mêmes.

Le test des signes compare la médiane d'une population à une certaine valeur, le test de Mann-Whitney compare les médianes de deux populations tandis que le test de *Kruskal Wallis* compare les médianes de deux ou plusieurs populations.

Le test de *Kruskal-Wallis* est similaire à *ANOVA*. Il indique seulement s'il existe ou pas une différence significative entre les médianes. Ainsi, pour identifier les médianes significativement différentes, le test de Mann-Whitney a été appliqué entre chaque paire de médianes (Rumsey Deborah, 2009)

Annexe IV: Valeurs de l'ET₀ (mm/j) Station météo Ouagadougou (Cropwat 8.0)

Pays		Burkina Faso		Station		OUAGADOUGOU	
Altitude		306 m.		Latitude		12.21 °N	
				Longitude		1.31 °O	
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET ₀
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	15.8	33.5	28	164	9.2	20.3	5.50
Février	19.2	36.6	25	181	9.1	21.6	6.46
Mars	23.5	38.5	26	207	8.8	22.6	7.51
Avril	26.0	38.5	38	216	7.9	21.7	7.41
Mai	25.5	37.2	54	242	8.7	22.6	7.06
Juin	23.6	34.1	67	225	8.4	21.8	5.82
Juillet	22.3	32.0	76	225	7.6	20.7	4.97
Août	21.7	30.6	82	207	6.8	19.8	4.35
Septembre	21.7	31.7	80	173	7.2	20.2	4.43
Octobre	22.5	35.2	63	164	9.0	21.7	5.44
Novembre	19.8	35.7	42	164	9.5	20.9	5.74
Décembre	17.1	34.0	33	190	9.1	19.6	5.80
Moyenne	21.6	34.8	51	197	8.4	21.1	5.88

Annexe V: Les courbes d'infiltrations du sol obtenues à partir des résultats des essais d'infiltration traité avec le logiciel minitab.

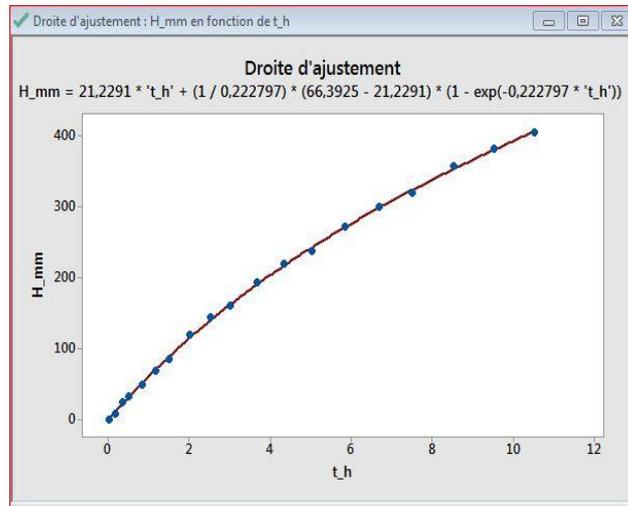


Figure 3 : Courbe d'infiltration du lysimètre 1

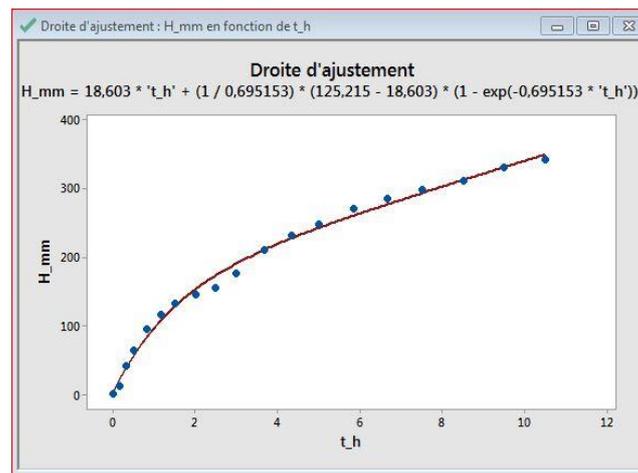


Figure 4 : Courbe d'infiltration du lysimètre 2

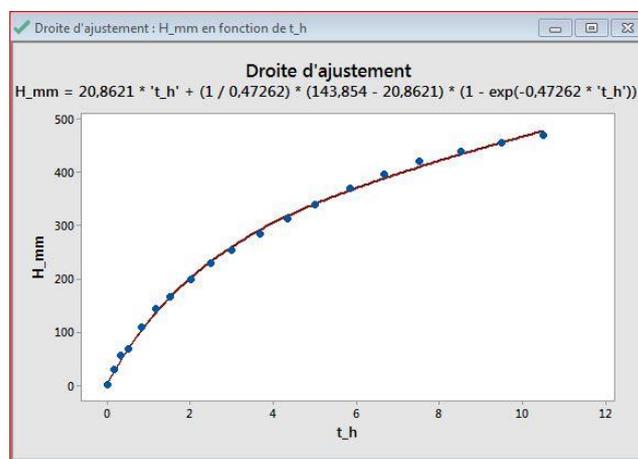


Figure 5 : Courbe d'infiltration du lysimètre 3

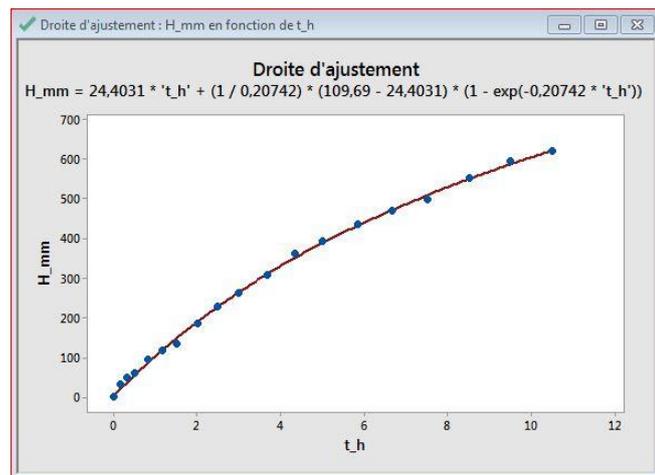


Figure 6 : Courbe d'infiltration du lysimètre 4

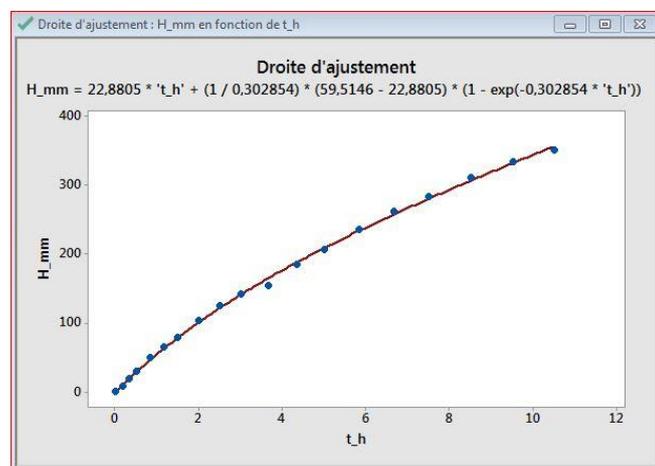


Figure 7 : Courbe d'infiltration du lysimètre 5

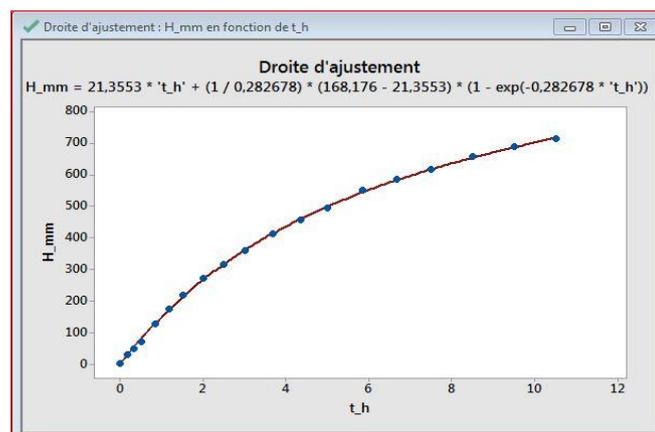


Figure 8 : Courbe d'infiltration du lysimètre 6

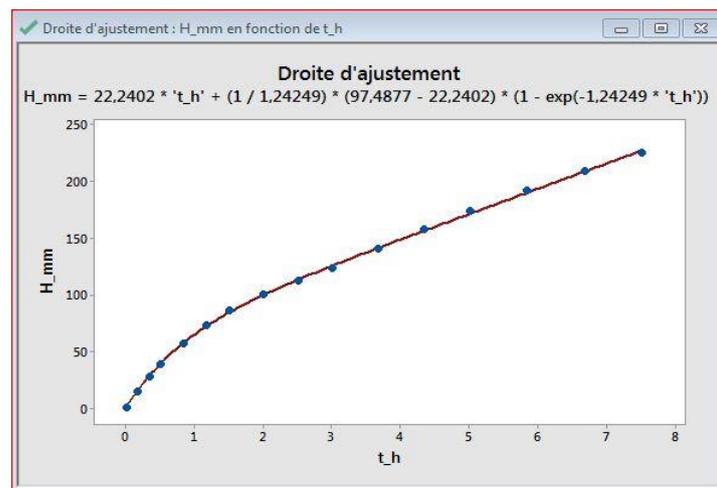


Figure 9 : Courbe d'infiltration du lysimètre 7

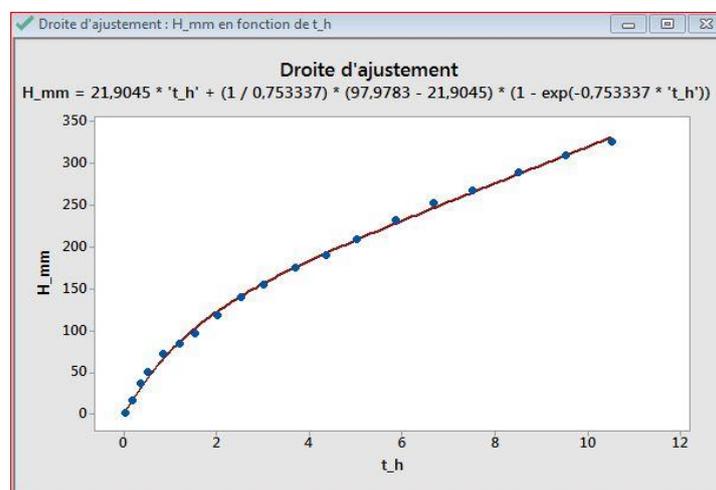


Figure 10 : Courbe d'infiltration du lysimètre 8

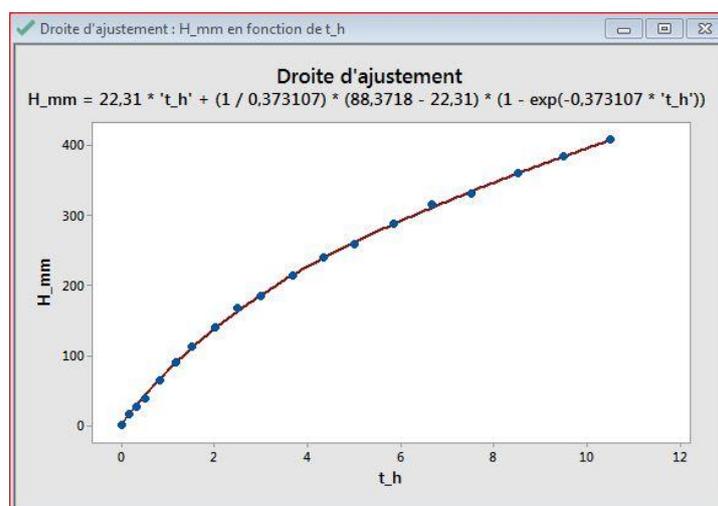


Figure 11 : Courbe d'infiltration du lysimètre 9

Annexe VI: Résultats des mesures des attributs de croissance de la plante

✓ **Nombre de feuilles par branche principale par lysimètre**

Dates	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne	Ecart type
24/12/2018	5,5	6,5	8,5	6,0	7,0	4,5	6,0	5,5	4,5	6,00	0,9
03/01/2019	6,0	5,5	7,5	7,0	9,0	4,5	6,0	6,5	6,5	6,50	0,9
13/01/2019	5,0	6,5	8,0	8,0	11,0	4,5	6,5	5,5	5,0	6,67	1,6
23/01/2019	6,0	6,0	8,0	8,0	12,5	6,0	7,0	7,0	8,0	7,61	1,3
02/02/2019	7,5	8,0	10,0	9,5	10,5	6,5	9,0	9,5	8,0	8,72	1,1
12/02/2019	7,5	8,0	9,5	8,5	11,5	4,5	8,0	9,0	7,0	8,17	1,3
22/02/2019	7,5	8,0	10,5	11,0	12,0	8,0	9,0	9,0	9,5	9,39	1,2
04/03/2019	8,0	8,0	11,5	11,0	14,0	7,5	10,0	9,5	8,5	9,78	1,6
14/03/2019	8,0	3,0	13,0	12,5	15,0	8,5	10,5	10,0	8,5	9,89	2,6
24/03/2019	9,5	4,0	14,0	13,5	12,0	9,5	12,5	9,5	9,5	10,44	2,3
03/04/2019	9,5	5,0	20,0	14,0	12,5	9,5	16,5	12,0	9,5	12,06	3,3
13/04/2019	11,0	6,0	17,5	13,5	12,0	10,0	15,5	12,0	9,5	11,89	2,5

✓ **Nombre de branche secondaire par plant par lysimètre**

Dates	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne	Ecart type
24/12/2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
03/01/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
13/01/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
23/01/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
02/02/2019	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0,2	0,3
12/02/2019	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0,2	0,3
22/02/2019	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0,2	0,3
04/03/2019	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0,2	0,3
14/03/2019	0	2	1	0	1	1	0	1	1	0,6	0,6
24/03/2019	1	2	1	0	1	2	0	1	1	0,8	0,7
03/04/2019	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1,0	0,7
13/04/2019	1	2	1	1	2	2	3	1	1	1,3	0,9

✓ **Nombre de branche principale par lysimètre**

Dates	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne	Ecart type
24/12/2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
03/01/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13/01/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
23/01/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
02/02/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12/02/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
22/02/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
04/03/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14/03/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
24/03/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
03/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

✓ **Hauteur verticale (cm) des plants par lysimètre**

Dates	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne	Ecart type
24/12/2018	5,00	3,80	3,25	4,95	3,75	4,25	4,65	4,10	3,30	4,12	0,65
03/01/2019	5,00	4,10	3,25	6,00	4,60	5,50	5,30	4,85	4,65	4,81	0,80
13/01/2019	5,25	4,13	4,45	5,5	5,25	5,8	5,75	5,55	5,2	5,21	0,57
23/01/2019	5,35	2,6	5,9	6,85	6	5,95	6,4	5,8	6,35	5,69	1,23
02/02/2019	5,70	2,70	6,20	9,10	6,45	6,05	7,65	6,10	6,55	6,28	1,70
12/02/2019	6,50	2,80	6,50	10,00	6,65	6,05	8,75	6,10	6,55	6,66	1,97
22/02/2019	6,15	3,50	7,30	10,25	7,15	6,30	9,50	6,55	6,80	7,06	1,96
04/03/2019	6,50	7,80	9,00	12,00	8,65	7,05	11,30	8,00	8,65	8,77	1,82
14/03/2019	6,50	7,80	9,65	13,30	9,15	8,00	11,40	8,20	9,30	9,26	2,05
24/03/2019	6,50	7,80	11,90	19,05	10,25	10,15	12,40	9,45	9,70	10,80	3,59
03/04/2019	10,50	7,80	10,10	20,50	11,00	10,15	13,00	9,60	9,80	11,38	3,68
13/04/2019	10,5	7,80	13,00	22,00	12,75	10,15	16,50	10,50	9,8	12,56	4,32

Annexe VII: Résultats des analyses de statistiques descriptives des attributs de croissance de la plante

▪ **Statistiques descriptives :** Nombre de feuilles par branche principale par lysimètre

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	Variance	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 3	Maximum
L1	12	7,583	1,794	3,22	5	6	7,5	9,125	11
L2	12	6,208	1,658	2,748	3	5,125	6,25	8	8
L3	12	11,5	3,97	15,77	7,5	8,13	10,25	13,75	20
L4	12	10,208	2,759	7,612	6	8	10,25	13,25	14
L5	12	11,583	2,109	4,447	7	10,625	12	12,5	15
L6	12	6,958	2,158	4,657	4,5	4,5	7	9,25	10
L7	12	9,71	3,53	12,48	6	6,63	9	12	16,5
L8	12	8,75	2,211	4,886	5,5	6,625	9,25	9,875	12
L9	12	7,833	1,749	3,061	4,5	6,625	8,25	9,5	9,5

▪ **Statistiques descriptives :** Nombre de branche secondaire par plant par lysimètre

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	Variance	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 3	Maximum
L1	12	0,25	0,452	0,205	0	0	0	0,75	1
L2	12	0,667	0,985	0,97	0	0	0	2	2
L3	12	0,3333	0,2462	0,0606	0	0	0,5	0,5	0,5
L4	12	0,0833	0,1946	0,0379	0	0	0	0	0,5
L5	12	0,667	0,718	0,515	0	0	0,5	1	2
L6	12	0,583	0,597	0,356	0	0	0,5	1,25	1,5
L7	12	0,292	0,865	0,748	0	0	0	0	3
L8	12	0,1667	0,2462	0,0606	0	0	0	0,5	0,5
L9	12	0,3333	0,2462	0,0606	0	0	0,5	0,5	0,5

▪ **Statistiques descriptives :** Nombre de branche principale par plant par lysimètre

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	Variance	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 3	Maximum
L1	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L2	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L3	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L4	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L5	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L6	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L7	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L8	12	1	0	0	1	1	1	1	1
L9	12	1	0	0	1	1	1	1	1

▪ **Statistiques descriptives : Diamètre au collet (mm) par plant par lysimètre**

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	Variance	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 3	Maximum
L1	12	2,035	0,884	0,782	1,2	1,3	1,7	2,83	3,98
L2	12	1,458	0,509	0,259	1	1	1,2	2	2,2
L3	12	3,52	0,937	0,879	2,7	2,812	3,025	4,5	5,19
L4	12	4,112	1,073	1,15	3,1	3,375	3,675	4,813	6,49
L5	12	2,379	0,573	0,328	1,75	1,95	2,225	2,937	3,55
L6	12	3,2958	0,3194	0,102	2,85	2,9875	3,3	3,6	3,75
L7	12	3,317	0,922	0,85	2,45	2,613	3,1	3,725	5,55
L8	12	2,221	0,349	0,122	1,75	1,863	2,275	2,55	2,75
L9	12	2,44	0,394	0,156	1,95	2,063	2,35	2,888	3,04

▪ **Statistiques descriptives : Hauteur verticale (cm) par plant par lysimètre**

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	Variance	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 3	Maximum
L1	12	6,621	1,906	3,634	5	5,275	6,325	6,5	10,5
L2	12	5,219	2,331	5,434	2,6	2,975	4,115	7,8	7,8
L3	12	7,542	3,218	10,358	3,25	4,813	6,9	9,987	13
L4	12	11,63	5,97	35,63	4,95	6,21	10,13	17,61	22
L5	12	7,638	2,746	7,539	3,75	5,438	6,9	9,975	12,75
L6	12	7,117	2,028	4,114	4,25	5,837	6,175	9,613	10,15
L7	12	9,38	3,63	13,2	4,65	5,91	9,13	12,15	16,5
L8	12	7,067	2,04	4,163	4,1	5,612	6,325	9,137	10,5
L9	12	7,221	2,21	4,883	3,3	5,488	6,675	9,6	9,8

Annexe VIII: Résultats du test statistique d'ANOVA

- **ANOVA à un facteur** : Nombre de feuilles par branche principale

Méthode

Hypothèse nulle : Toutes les moyennes sont égales ;

Hypothèse alternative : Toutes les moyennes ne sont pas égales ;

Seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Lysimètre	9	L1; L2; L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	8	362,7	45,343	6,93	0,000
Erreur	99	647,7	6,542		
Total	107	1010,4			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
2,55775	35,90%	30,72%	23,72%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	Ecart Type	IC à 95 %
L1	12	7,583	1,794	(6,118; 9,048)
L2	12	6,208	1,658	(4,743; 7,673)
L3	12	11,50	3,97	(10,03; 12,97)
L4	12	10,208	2,759	(8,743; 11,673)
L5	12	11,583	2,109	(10,118; 13,048)
L6	12	6,958	2,158	(5,493; 8,423)
L7	12	9,71	3,53	(8,24; 11,17)
L8	12	8,750	2,211	(7,285; 10,215)
L9	12	7,833	1,749	(6,368; 9,298)

Ecart type regroupé = 2,55775

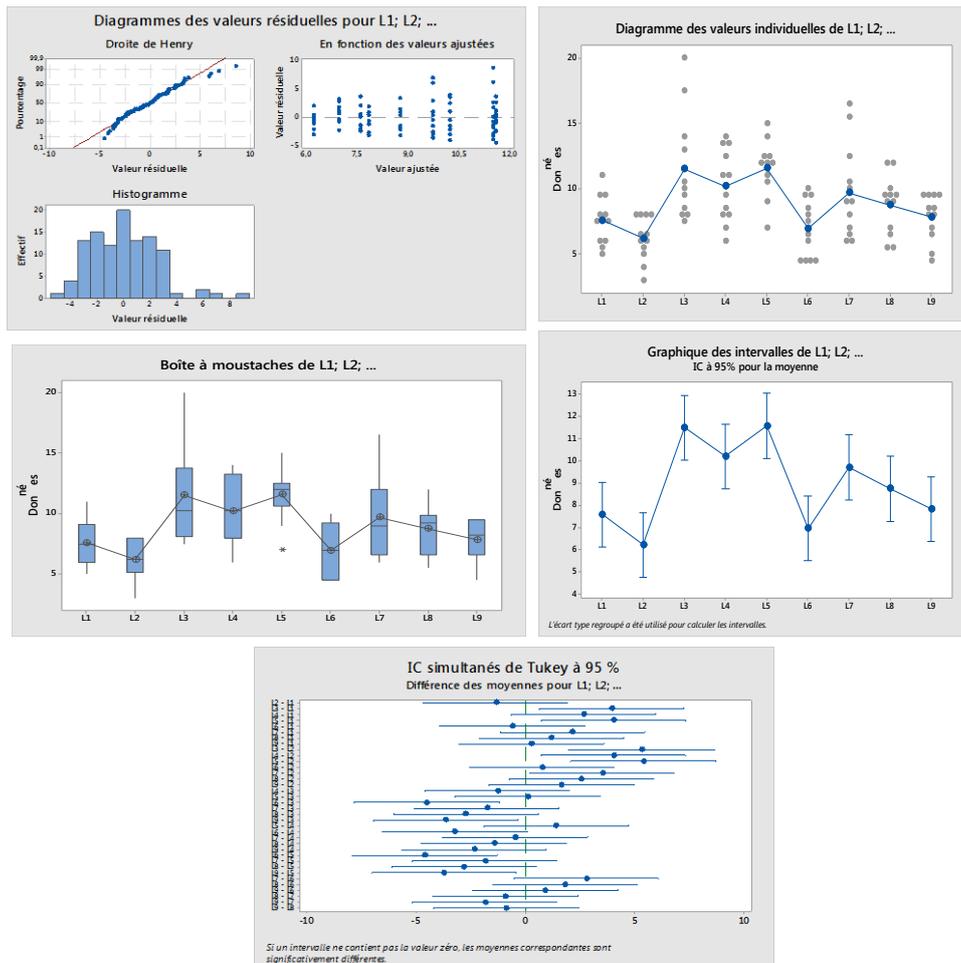
Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de *Tukey* et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
L5	12	11,583	A
L3	12	11,50	A
L4	12	10,208	A B
L7	12	9,71	A B
L8	12	8,750	A B C
L9	12	7,833	B C
L1	12	7,583	B C
L6	12	6,958	B C
L2	12	6,208	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Graphiques ANOVA



- **ANOVA à un facteur** : Nombre de branche secondaire

Méthode

Hypothèse nulle : Toutes les moyennes sont égales ;

Hypothèse alternative : Toutes les moyennes ne sont pas égales ;

Seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Lysimètre	9	L1; L2; L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	8	4,417	0,5521	1,65	0,121
Erreur	99	33,146	0,3348		
Total	107	37,562			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,578625	11,76%	4,63%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	Ecart Type	IC à 95 %
L1	12	0,250	0,452	(-0,081; 0,581)
L2	12	0,667	0,985	(0,335; 0,998)
L3	12	0,3333	0,2462	(0,0019; 0,6648)
L4	12	0,0833	0,1946	(-0,2481; 0,4148)
L5	12	0,667	0,718	(0,335; 0,998)
L6	12	0,583	0,597	(0,252; 0,915)
L7	12	0,292	0,865	(-0,040; 0,623)
L8	12	0,1667	0,2462	(-0,1648; 0,4981)
L9	12	0,3333	0,2462	(0,0019; 0,6648)

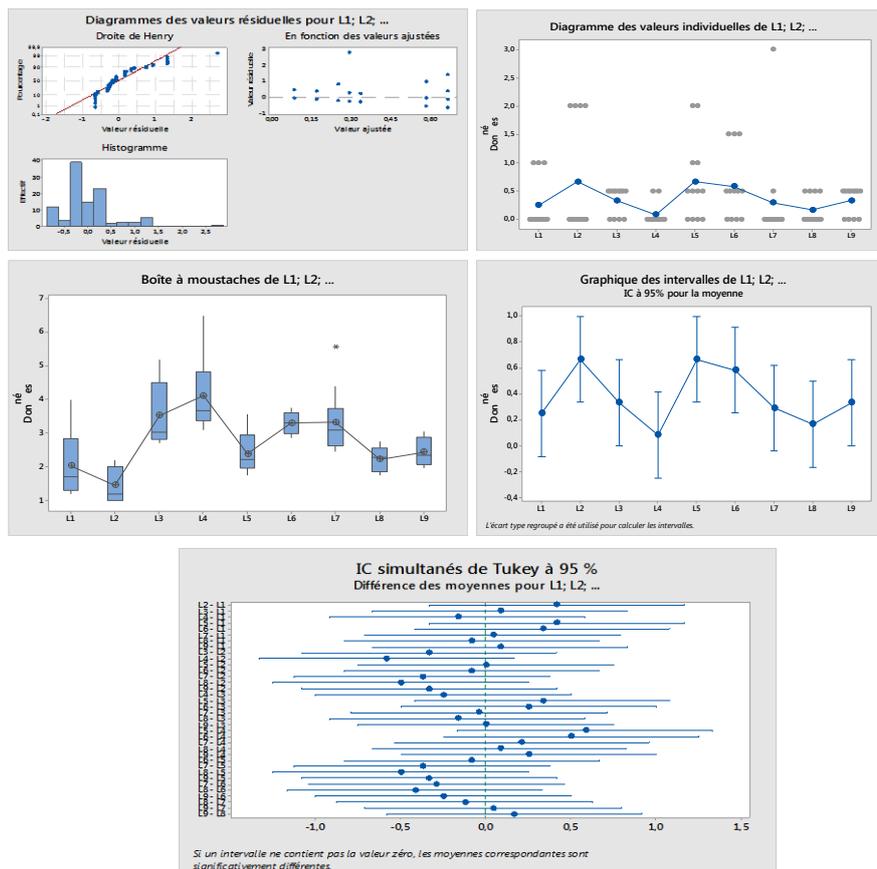
Ecart type regroupé = 0,578625

Comparaisons deux à deux de *Tukey*, Informations de groupement avec la méthode de *Tukey* et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
L5	12	0,667	A
L2	12	0,667	A
L6	12	0,583	A
L9	12	0,3333	A
L3	12	0,3333	A
L7	12	0,292	A
L1	12	0,250	A
L8	12	0,1667	A
L4	12	0,0833	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Graphiques ANOVA



▪ **ANOVA à un facteur** : Hauteur verticale

Méthode

Hypothèse nulle : Toutes les moyennes sont égales ;

Hypothèse alternative : Toutes les moyennes ne sont pas égales ;

Seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Lysimètre	9	L1; L2; L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Lysimètre	8	318,7	39,835	4,03	0,000
Erreur	99	978,4	9,883		
Total	107	1297,1			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
3,14377	24,57%	18,47%	10,23%

Moyennes

Lysimètre	N	Moyenne	Ecart Type	IC à 95 %
L1	12	6,621	1,906	(4,820 ; 8,422)
L2	12	5,219	2,331	(3,418 ; 7,020)
L3	12	7,542	3,218	(5,741 ; 9,342)
L4	12	11,63	5,97	(9,82 ; 13,43)
L5	12	7,638	2,746	(5,837 ; 9,438)
L6	12	7,117	2,028	(5,316 ; 8,917)
L7	12	9,38	3,63	(7,58 ; 11,18)
L8	12	7,067	2,040	(5,266 ; 8,867)
L9	12	7,221	2,210	(5,420 ; 9,022)

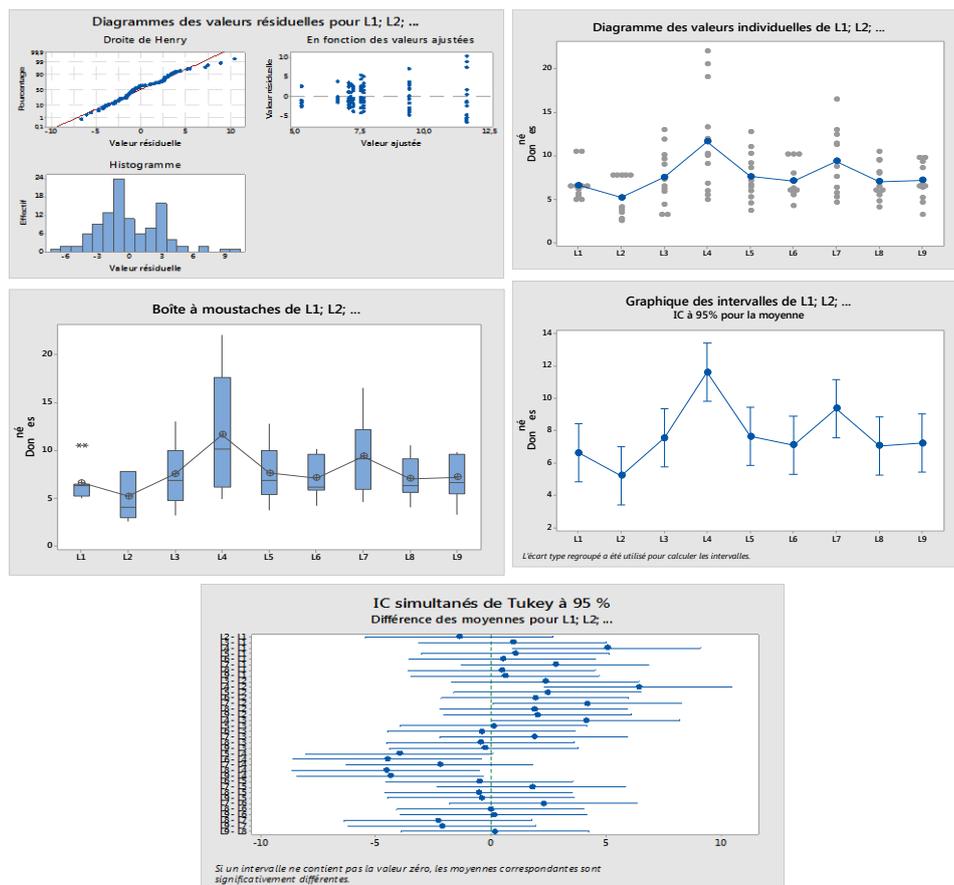
Ecart type regroupé = 3,14377

Comparaisons deux à deux de *Tukey*, informations de groupement avec la méthode de *Tukey* et un niveau de confiance de 95 %

Lysimètre	N	Moyenne	Groupement
L4	12	11,63	A
L7	12	9,38	A B
L5	12	7,638	A B C
L3	12	7,542	B C
L9	12	7,221	B C
L6	12	7,117	B C
L8	12	7,067	B C
L1	12	6,621	B C
L2	12	5,219	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Graphiques ANOVA



Annexe IX: Résultats du test statistique de *Kruskal Wallis*

▪ **Test de *Kruskal-Wallis* :** Nombre de Bp en fonction de Lysimètre

- **Statistiques descriptives**

Lysimètre	N	Médiane	Rang de moyenne	Valeur de Z
L1	12	1	54,5	0,00
L2	12	1	54,5	0,00
L3	12	1	54,5	0,00
L4	12	1	54,5	0,00
L5	12	1	54,5	0,00
L6	12	1	54,5	0,00
L7	12	1	54,5	0,00
L8	12	1	54,5	0,00
L9	12	1	54,5	0,00
Global	108		54,5	

- **Test**

Hypothèse nulle H_0 : toutes les médianes sont égales

Hypothèse alternative H_1 : au moins une médiane est différente

Méthode	DL	Valeur de H	Valeur de P
Non ajusté pour les nombres de même grandeur	8	0,00	1,000
Ajusté pour les nombres de même grandeur	8	*	*

Ainsi :

H = 0,00 DL = 8 P-value = 1,00

H = * DL = 8 P-value = * (valeur ajustée)

Interprétations :

P-value (1,00) > $\alpha = 0,005$, alors toutes les médianes sont égales. Par conséquent, tous les lysimètres sont homogènes en termes de croissance du nombre de branche principale.

▪ **Test de *Kruskal-Wallis*** : Nombre de Bs en fonction de Lysimètre

- **Statistiques descriptives**

Lysimètre	N	Médiane	Rang de moyenne	Valeur de Z
L1	12	0,0	47,3	-0,85
L2	12	0,0	55,5	0,12
L3	12	0,5	62,0	0,88
L4	12	0,0	38,8	-1,85
L5	12	0,5	69,6	1,77
L6	12	0,5	67,6	1,54
L7	12	0,0	41,3	-1,55
L8	12	0,0	46,5	-0,94
L9	12	0,5	62,0	0,88
Global	108		54,5	

- **Test**

Hypothèse nulle H_0 : toutes les médianes sont égales

Hypothèse alternative H_1 : au moins une médiane est différente

Méthode	DL	Valeur de H	Valeur de P
Non ajusté pour les nombres de même grandeur	8	12,87	0,116
Ajusté pour les nombres de même grandeur	8	16,22	0,039

Ainsi :

$H = 12,87$ DL = 8 P-value = 0,116

$H = 16,22$ DL = 8 P-value = 0,039 (valeur ajustée)

Interprétations :

P-value (0,116) > $\alpha = 0,005$, alors toutes les médianes sont égales. Par conséquent, tous les lysimètres sont homogènes en termes de croissance du nombre de branches secondaires.

Annexe X: Résultats feuilles de calcul (KC - ET_0 - ETM)

- ✓ Coefficient cultural (KC) et Evapotranspiration de référence (ET_0) phase initiale ;
- ✓ Coefficient cultural par lysimètre (phase initiale) ;
- ✓ Evapotranspiration maximale (ETM).

✓ Coefficient cultural (KC) et Evapotranspiration de référence (ET₀) phase initial

Dates	ETM (mm/j)	ETMloc. (mm/j)	ET ₀ (mm/j)	KC /jour	KC (phase initiale)
24/11/2018	9,48	2,17	3,58	0,61	0,9
25/11/2018	9,48	2,17	3,46	0,63	
26/11/2018	9,48	2,17	3,43	0,63	
27/11/2018	9,48	2,17	3,53	0,61	
28/11/2018	9,48	2,17	3,25	0,67	
29/11/2018	9,48	2,17	3,57	0,61	
30/11/2018	9,48	2,17	3,64	0,60	
01/12/2018	9,48	2,17	3,62	0,60	
02/12/2018	9,48	2,17	3,21	0,68	
03/12/2018	9,48	2,17	3,40	0,64	
04/12/2018	9,48	2,17	3,42	0,63	
05/12/2018	9,38	2,14	3,61	0,59	
06/12/2018	9,38	2,14	3,64	0,59	
07/12/2018	9,38	2,14	3,63	0,59	
08/12/2018	9,38	2,14	3,21	0,67	
09/12/2018	9,38	2,14	3,65	0,59	
10/12/2018	9,38	2,14	3,46	0,62	
11/12/2018	9,38	2,14	4,17	0,51	
12/12/2018	9,38	2,14	3,63	0,59	
13/12/2018	9,38	2,14	3,37	0,64	
14/12/2018	9,38	2,14	4,17	0,51	
15/12/2018	9,53	2,18	3,69	0,59	
16/12/2018	9,53	2,18	2,42	0,90	
17/12/2018	9,53	2,18	2,42	0,90	
18/12/2018	9,53	2,18	3,13	0,70	
19/12/2018	9,53	2,18	3,11	0,70	
20/12/2018	9,53	2,18	3,27	0,67	
21/12/2018	9,53	2,18	3,25	0,67	
22/12/2018	9,53	2,18	3,63	0,60	
23/12/2018	9,53	2,18	3,44	0,63	
24/12/2018	9,53	2,18	3,21	0,68	
25/12/2018	9,56	2,19	4,25	0,52	
26/12/2018	9,56	2,19	2,82	0,77	
27/12/2018	9,56	2,19	3,00	0,73	
28/12/2018	9,56	2,19	2,86	0,77	
29/12/2018	9,56	2,19	2,55	0,86	
30/12/2018	9,56	2,19	2,76	0,79	
31/12/2018	9,56	2,19	3,83	0,57	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

01/01/2019	9,56	2,19	3,66	0,60
02/01/2019	9,56	2,19	3,89	0,56
03/01/2019	9,56	2,19	3,14	0,70
04/01/2019	12,96	2,96	3,05	0,97
05/01/2019	12,96	2,96	3,12	0,95
06/01/2019	12,96	2,96	3,01	0,99
07/01/2019	12,96	2,96	3,33	0,89
08/01/2019	12,96	2,96	3,53	0,84
09/01/2019	12,96	2,96	3,34	0,89
10/01/2019	12,96	2,96	3,02	0,98
11/01/2019	12,96	2,96	3,37	0,88
12/01/2019	12,96	2,96	3,73	0,79
13/01/2019	12,96	2,96	3,61	0,82
14/01/2019	12,15	2,78	3,36	0,83
15/01/2019	12,15	2,78	3,24	0,86
16/01/2019	12,15	2,78	3,25	0,86
17/01/2019	12,15	2,78	3,24	0,86
18/01/2019	12,15	2,78	2,49	1,11
19/01/2019	12,15	2,78	3,09	0,90
20/01/2019	12,15	2,78	2,95	0,94
21/01/2019	12,15	2,78	2,84	0,98
22/01/2019	12,15	2,78	3,05	0,91
23/01/2019	12,15	2,78	3,09	0,90
24/01/2019	14,32	3,28	2,83	1,16
25/01/2019	14,32	3,28	2,98	1,10
26/01/2019	14,32	3,28	3,39	0,97
27/01/2019	14,32	3,28	3,27	1,00
28/01/2019	14,32	3,28	2,91	1,12
29/01/2019	14,32	3,28	3,34	0,98
30/01/2019	14,32	3,28	3,41	0,96
31/01/2019	14,32	3,28	2,89	1,13
01/02/2019	14,32	3,28	2,96	1,11
02/02/2019	14,32	3,28	2,66	1,23
03/02/2019	14,31	3,27	2,64	1,24
04/02/2019	14,31	3,27	3,48	0,94
05/02/2019	14,31	3,27	3,31	0,99
06/02/2019	14,31	3,27	3,21	1,02
07/02/2019	14,31	3,27	3,31	0,99
08/02/2019	14,31	3,27	3,43	0,95
09/02/2019	14,31	3,27	3,54	0,92
10/02/2019	14,31	3,27	4,46	0,73

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

11/02/2019	14,31	3,27	4,26	0,77
12/02/2019	14,31	3,27	3,67	0,89
13/02/2019	14,67	3,35	4,37	0,77
14/02/2019	14,67	3,35	4,04	0,83
15/02/2019	14,67	3,35	3,60	0,93
16/02/2019	14,67	3,35	3,55	0,95
17/02/2019	14,67	3,35	3,06	1,10
18/02/2019	14,67	3,35	3,26	1,03
19/02/2019	14,67	3,35	3,01	1,12
20/02/2019	14,67	3,35	2,62	1,28
21/02/2019	14,67	3,35	4,06	0,83
22/02/2019	14,67	3,35	3,43	0,98
23/02/2019	14,80	3,38	3,39	1,00
24/02/2019	14,80	3,38	2,62	1,29
25/02/2019	14,80	3,38	2,90	1,17
26/02/2019	14,80	3,38	3,33	1,02
27/02/2019	14,80	3,38	2,69	1,26
28/02/2019	14,80	3,38	2,93	1,15
01/03/2019	14,80	3,38	2,54	1,33
02/03/2019	14,80	3,38	2,79	1,22
03/03/2019	14,80	3,38	2,84	1,19
04/03/2019	14,80	3,38	3,41	0,99
05/03/2019	11,63	2,66	3,16	0,84
06/03/2019	11,63	2,66	3,34	0,80
07/03/2019	11,63	2,66	3,25	0,82
08/03/2019	11,63	2,66	3,12	0,85
09/03/2019	11,63	2,66	2,69	0,99
10/03/2019	11,63	2,66	3,08	0,86
11/03/2019	11,63	2,66	2,55	1,04
12/03/2019	11,63	2,66	3,13	0,85
13/03/2019	11,63	2,66	2,88	0,92
14/03/2019	11,63	2,66	2,46	1,08
15/03/2019	11,77	2,69	3,55	0,76
16/03/2019	11,77	2,69	3,52	0,76
17/03/2019	11,77	2,69	2,61	1,03
18/03/2019	11,77	2,69	3,94	0,68
19/03/2019	11,77	2,69	0,75	3,57
20/03/2019	11,77	2,69	2,94	0,92
21/03/2019	11,77	2,69	3,23	0,83
22/03/2019	11,77	2,69	3,58	0,75
23/03/2019	11,77	2,69	3,74	0,72

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

24/03/2019	11,77	2,69	3,89	0,69
25/03/2019	11,07	2,53	3,07	0,82
26/03/2019	11,07	2,53	3,69	0,69
27/03/2019	11,07	2,53	2,54	1,00
28/03/2019	11,07	2,53	4,94	0,51
29/03/2019	11,07	2,53	5,08	0,50
30/03/2019	11,07	2,53	4,08	0,62
31/03/2019	11,07	2,53	5,11	0,50
01/04/2019	11,07	2,53	3,32	0,76
02/04/2019	11,07	2,53	3,29	0,77
03/04/2019	11,07	2,53	3,22	0,79
04/04/2019	14,02	3,21	3,40	0,94
05/04/2019	14,02	3,21	4,27	0,75
06/04/2019	14,02	3,21	4,39	0,73
07/04/2019	14,02	3,21	4,91	0,65
08/04/2019	14,02	3,21	2,98	1,08
09/04/2019	14,02	3,21	4,42	0,73
10/04/2019	14,02	3,21	3,30	0,97
11/04/2019	14,02	3,21	4,48	0,72
12/04/2019	14,02	3,21	2,20	1,46
13/04/2019	14,02	3,21	5,04	0,64

✓ **Coefficient cultural (KC) phase initiale par lysimètre**

Lysimètre	KC phase initiale
L1	0,90
L2	0,83
L3	0,81
L4	0,87
L5	0,88
L6	0,86
L7	0,82
L8	0,84
L9	0,89
Moyenne	0,9
Ecart type	0,03

✓ **Evapotranspiration maximale (ETM)**

Dates	Opérations	Unités	Lysimètres									Moyenne
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	
24/11/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
26/11/2018	Drainage	mm	8,1	9,1	5,05	7,8	3,2	4	4	5	7,8	
	ETR	mm	21,90	20,90	24,95	22,20	26,80	26,00	26,00	25,00	22,20	
26/11/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
28/11/2018	Drainage	mm	5,5	9	9,4	9,3	8,3	8	7,2	8,5	8,9	
	ETR	mm	24,50	21,00	20,60	20,70	21,70	22,00	22,80	21,50	21,10	
28/11/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
30/11/2018	Drainage	mm	11,2	10	11,2	13,2	13,1	11	17	14,2	11,7	
	ETR	mm	18,8	20	18,8	16,8	16,9	19	13	15,8	18,3	
30/11/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
02/12/2018	Drainage	mm	10,6	17,2	12,5	13	10,5	13,1	15,5	12	7	
	ETR	mm	19,4	12,8	17,5	17	19,5	16,9	14,5	18	23	
02/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
04/12/2018	Drainage	mm	9,8	7	9,1	10,1	7,1	7,6	12,1	7	7,1	
	ETR	mm	10,2	13	10,9	9,9	12,9	12,4	7,9	13	12,9	
ETM1		mm/décade	94,80	87,70	92,75	86,60	97,80	96,30	84,20	93,30	97,50	92,33
ETM1		mm/jour	9,48	8,77	9,28	8,66	9,78	9,63	8,42	9,33	9,75	9,23
04/12/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
06/12/2018	Drainage	mm	10	11,1	11,05	10,8	9,4	9	13,1	9	10,7	
	ETR	mm	20	18,9	18,95	19,2	20,6	21	16,9	21	19,3	
06/12/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
08/12/2018	Drainage	mm	10,8	10,5	11,2	12,9	12	12,8	12	10,5	10,6	
	ETR	mm	19,2	19,5	18,8	17,1	18	17,2	18	19,5	19,4	
08/12/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
10/12/2018	Drainage	mm	11,2	12	14,1	11,1	12	11	12	11,5	10	
	ETR	mm	18,8	18	15,9	18,9	18	19	18	18,5	20	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

10/12/2018	Arrosage	mm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
12/12/2018	Drainage	mm	19,6	20,1	20,2	19	15,4	17,6	14	21	19	
	ETR	mm	20,4	19,9	19,8	21	24,6	22,4	26	19	21	
12/12/2018	Arrosage	mm	25	30	30	30	30	30	30	30	30	
14/12/2018	Drainage	mm	12,6	13,1	14,2	12,5	18,1	13	13	13,5	13	
	ETR	mm	12,4	16,9	15,8	17,5	11,9	17	17	16,5	17	
ETM2		mm/décade	90,8	93,2	89,25	93,7	93,1	96,6	95,9	94,5	96,7	93,75
ETM2		mm/jour	9,08	9,32	8,93	9,37	9,31	9,66	9,59	9,45	9,67	9,38
14/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
16/12/2018	Drainage	mm	5,1	6,5	5	5,8	5,2	5,3	6,3	6,2	6,05	
	ETR	mm	14,90	13,50	15,00	14,20	14,80	14,70	13,70	13,80	13,95	
16/12/2018	Arrosage	mm	40	30	30	50	30	50	30	35	40	
18/12/2018	Drainage	mm	11,2	10,5	11	15	10	13,6	10,2	14,3	14	
	ETR	mm	28,80	19,50	19,00	35,00	20,00	36,40	19,80	20,70	26,00	
18/12/2018	Arrosage	mm	25	30	30	25	20	30	30	30	30	
20/12/2018	Drainage	mm	11	10,7	11	11,5	7,2	11,3	7,2	10,2	12,7	
	ETR	mm	14	19,3	19	13,5	12,8	18,7	22,8	19,8	17,3	
20/12/2018	Arrosage	mm	30	35	35	30	35	25	30	35	40	
22/12/2018	Drainage	mm	6,5	9	6,6	7,6	6,2	8,6	6,2	9,6	8,7	
	ETR	mm	23,50	26,00	28,40	22,40	28,80	16,40	23,80	25,40	31,30	
22/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	15	20	15	
24/12/2018	Drainage	mm	4,4	6,5	6	6	5	6,6	4,5	5	5	
	ETR	mm	15,60	13,50	14,00	14,00	15,00	13,40	10,50	15,00	10,00	
ETM3		mm/décade	96,8	91,8	95,4	99,1	91,4	99,6	90,6	94,7	98,55	95,33
ETM3		mm/jour	9,68	9,18	9,54	9,91	9,14	9,96	9,06	9,47	9,86	9,53
24/12/2018	Arrosage	mm	25	25	25	20	25	30	25	25	20	
26/12/2018	Drainage	mm	5,4	6,3	6,3	6,5	7,1	5,2	6,4	8,4	5	
	ETR	mm	19,6	18,7	18,7	13,5	17,9	24,8	18,6	16,6	15	
26/12/2018	Arrosage	mm	25	30	25	30	25	25	30	30	25	
28/12/2018	Drainage	mm	5,7	6,9	8	7,9	6	9	8,6	9,2	4	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

	ETR	mm	19,30	23,10	17,00	22,10	19,00	16,00	21,40	20,80	21,00	
28/12/2018	Arrosage	mm	30	30	30	35	25	30	30	30	30	
30/12/2018	Drainage	mm	7	7,8	10,4	10,7	6	5	8,2	8,4	5,1	
	ETR	mm	23,00	22,20	19,60	24,30	19,00	25,00	21,80	21,60	24,90	
30/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
01/01/2019	Drainage	mm	6,4	7	6,4	8	5,5	9,1	7	7	4,2	
	ETR	mm	13,60	13,00	13,60	12,00	14,50	10,90	13,00	13,00	10,80	
01/01/2019	Arrosage	mm	30	30	30	30	30	30	30	30	25	
03/01/2019	Drainage	mm	7,4	8	9,1	7	4,5	7,7	7,6	8,6	3,6	
	ETR	mm	22,6	22	20,9	23	25,5	22,3	22,4	21,4	21,4	
ETM4		mm/décade	98,1	99	89,8	94,9	95,9	99	97,2	93,4	93,1	95,60
ETM4		mm/jour	9,81	9,9	8,98	9,49	9,59	9,9	9,72	9,34	9,31	9,56
03/01/2019	Arrosage	mm	30	30	25	25	25	30	30	25	30	
05/01/2019	Drainage	mm	11	10,2	11,5	13	7,4	8,1	10,8	10	7,8	
	ETR	mm	19,00	19,80	13,50	12,00	17,60	21,90	19,20	15,00	22,20	
05/01/2019	Arrosage	mm	50	50	45	50	50	50	50	50	45	
07/01/2019	Drainage	mm	16,9	17,4	14,9	15,5	16,8	16,3	15,2	18,4	12,2	
	ETR	mm	33,10	32,60	30,10	34,50	33,20	33,70	34,80	31,60	32,80	
07/01/2019	Arrosage	mm	30	30	25	25	25	30	30	25	20	
09/01/2019	Drainage	mm	14,1	11,2	10,4	13	11,1	11,3	13	14	8,2	
	ETR	mm	15,9	18,8	14,6	12	13,9	18,7	17	11	11,8	
09/01/2019	Arrosage	mm	45	50	50	45	50	45	45	50	45	
11/01/2019	Drainage	mm	13,8	17,2	16,3	11,5	17	11,4	10,5	16	11,5	
	ETR	mm	31,2	32,8	33,7	33,5	33	33,6	34,5	34	33,5	
11/01/2019	Arrosage	mm	50	50	40	50	50	45	40	50	40	
13/01/2019	Drainage	mm	17,4	18,9	14,3	15,2	15,2	16,7	12	17	12,2	
	ETR	mm	32,6	31,1	25,7	34,8	34,8	28,3	28	33	27,8	
ETM5		mm/décade	131,8	135,1	117,6	126,8	132,5	136,2	133,5	124,6	128,1	129,58
ETM5		mm/jour	13,18	13,51	11,76	12,68	13,25	13,62	13,35	12,46	12,81	12,96
13/01/2019	Arrosage	mm	40	40	35	45	35	40	30	40	40	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

15/01/2019	Drainage	mm	14,8	16,1	13	17,1	13	13	12	15	16	
	ETR	mm	25,2	23,9	22	27,9	22	27	18	25	24	
15/01/2019	Arrosage	mm	30	40	25	35	30	25	20	40	30	
17/01/2019	Drainage	mm	7,8	10,1	5	10,9	7,9	5	4	11	13,4	
	ETR	mm	22,20	29,90	20,00	24,10	22,10	20,00	16,00	29,00	16,60	
17/01/2019	Arrosage	mm	35	40	30	40	30	35	35	40	30	
19/01/2019	Drainage	mm	10,3	15,5	8,8	17	8	10,5	12	14	10	
	ETR	mm	24,70	24,50	21,20	23,00	22,00	24,50	23,00	26,00	20,00	
19/01/2019	Arrosage	mm	30	30	30	35	30	30	30	35	30	
21/01/2019	Drainage	mm	6,2	9,8	8,7	9,8	5,3	13	10,1	15,5	7,8	
	ETR	mm	23,80	20,20	21,30	25,20	24,70	17,00	19,90	19,50	22,20	
21/01/2019	Arrosage	mm	50	45	45	60	45	45	50	45	50	
23/01/2019	Drainage	mm	21	18	15,5	20,5	15	17	15	16,5	20,4	
	ETR	mm	29	27	29,5	39,5	30	28	35	28,5	29,6	
ETM6		mm/décade	124,9	125,5	114	139,7	120,8	116,5	111,9	128	112,4	121,52
ETM6		mm/jour	12,49	12,55	11,4	13,97	12,08	11,65	11,19	12,8	11,24	12,15
23/01/2019	Arrosage	mm	40	40	35	40	35	35	35	40	35	
25/01/2019	Drainage	mm	12	17	8,3	10	8,2	11,1	16	8	12	
	ETR	mm	28	23	26,7	30	26,8	23,9	19	32	23	
25/01/2019	Arrosage	mm	45	40	40	50	40	40	40	40	40	
27/01/2019	Drainage	mm	13,8	16	13,6	14,8	14,3	14	13,1	13	13,5	
	ETR	mm	31,20	24,00	26,40	35,20	25,70	26,00	26,90	27,00	26,50	
27/01/2019	Arrosage	mm	50	50	40	50	40	45	40	40	45	
29/01/2019	Drainage	mm	10,2	18,9	9	10	10,1	11,5	3,8	9,5	11,1	
	ETR	mm	39,8	31,1	31	40	29,9	33,5	36,2	30,5	33,9	
29/01/2019	Arrosage	mm	40	45	30	35	40	30	30	30	35	
31/01/2019	Drainage	mm	11,4	18	8,2	5,2	10	8	12,6	10,2	7	
	ETR	mm	28,6	27	21,8	29,8	30	22	17,4	19,8	28	
31/01/2019	Arrosage	mm	40	40	40	35	35	40	40	35	40	
02/02/2019	Drainage	mm	8	8	8	7	8,5	8,8	4	7,7	7,7	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

	ETR	mm	32	32	32	28	26,5	31,2	36	27,3	32,3	
ETM7		mm/décade	159,6	137,1	137,9	163	138,9	136,6	135,5	136,6	143,7	143,21
ETM7		mm/jour	15,96	13,71	13,79	16,3	13,89	13,66	13,55	13,66	14,37	14,32
02/02/2019	Arrosage	mm	40	40	35	35	40	35	30	30	40	
04/02/2019	Drainage	mm	6,5	12	5,3	6,8	6,1	6,4	4,4	6	8	
	ETR	mm	33,50	28,00	29,70	28,20	33,90	28,60	25,60	24,00	32,00	
04/02/2019	Arrosage	mm	50	50	45	45	40	35	35	35	45	
06/02/2019	Drainage	mm	18	16,7	11	10,2	5	7	5,5	8	16	
	ETR	mm	32,00	33,30	34,00	34,80	35,00	28,00	29,50	27,00	29,00	
06/02/2019	Arrosage	mm	35	40	35	30	35	30	30	35	45	
08/02/2019	Drainage	mm	8	11,9	6,5	5,5	7,8	4,5	5,8	8,7	10	
	ETR	mm	27,00	28,10	28,50	24,50	27,20	25,50	24,20	26,30	35,00	
08/02/2019	Arrosage	mm	35	40	20	35	35	35	30	30	35	
10/02/2019	Drainage	mm	10,9	14,2	5	7	7,4	6,7	5	4,9	4,8	
	ETR	mm	24,10	25,80	15,00	28,00	27,60	28,30	25,00	25,10	30,20	
10/02/2019	Arrosage	mm	55	40	50	45	50	45	40	45	50	
12/02/2019	Drainage	mm	20,7	21	18,4	15	17	12,8	14,1	16	18,5	
	ETR	mm	34,3	19	31,6	30	33	32,2	25,9	29	31,5	
ETM8		mm/décade	150,9	134,2	138,8	145,5	156,7	142,6	130,2	131,4	157,7	143,11
ETM8		mm/jour	15,09	13,42	13,88	14,55	15,67	14,26	13,02	13,14	15,77	14,31
12/02/2019	Arrosage	mm	40	45	30	40	35	35	35	35	30	
14/02/2019	Drainage	mm	13,7	16	6	13	10	8,4	13,1	5	5,6	
	ETR	mm	26,3	29	24	27	25	26,6	21,9	30	24,4	
14/02/2019	Arrosage	mm	45	45	25	40	40	40	45	40	30	
16/02/2019	Drainage	mm	11,9	13	5,8	11,9	9,8	11,7	11,5	9,5	7	
	ETR	mm	33,10	32,00	19,20	28,10	30,20	28,30	33,50	30,50	23,00	
16/02/2019	Arrosage	mm	55	50	50	50	60	50	50	50	50	
18/02/2019	Drainage	mm	15,5	16,5	12,9	11,5	17,4	10,3	12,2	13,9	15	
	ETR	mm	39,5	33,5	37,1	38,5	42,6	39,7	37,8	36,1	35	
18/02/2019	Arrosage	mm	40	40	35	35	30	35	35	30	35	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

20/02/2019	Drainage	mm	13	15	11,6	13,2	12,9	4	12	14	11,8	
	ETR	mm	27,00	25,00	23,40	21,80	17,10	31,00	23,00	16,00	23,20	
20/02/2019	Arrosage	mm	50	50	40	45	50	40	40	45	50	
22/02/2019	Drainage	mm	16,1	17	13	12,1	16	10,2	14,7	14	16,3	
	ETR	mm	33,9	33	27	32,9	34	29,8	25,3	31	33,7	
ETM9		mm/décade	159,8	152,5	130,7	148,3	148,9	155,4	141,5	143,6	139,3	146,67
ETM9		mm/jour	15,98	15,25	13,07	14,83	14,89	15,54	14,15	14,36	13,93	14,67
22/02/2019	Arrosage	mm	40	40	30	40	40	30	35	35	35	
24/02/2019	Drainage	mm	12	17	9	11,3	11,1	5	12,5	9,1	10,2	
	ETR	mm	28	23	21	28,7	28,9	25	22,5	25,9	24,8	
24/02/2019	Arrosage	mm	55	60	35	50	50	50	50	50	50	
26/02/2019	Drainage	mm	21,2	19,4	7	15	18,5	15	14,7	18,7	16	
	ETR	mm	33,8	40,6	28	35	31,5	35	35,3	31,3	34	
26/02/2019	Arrosage	mm	35	40	30	35	30	30	40	35	40	
28/02/2019	Drainage	mm	10,5	14	6,5	15	8,2	11,9	14,1	12,1	14,1	
	ETR	mm	24,5	26	23,5	20	21,8	18,1	25,9	22,9	25,9	
28/02/2019	Arrosage	mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
02/03/2019	Drainage	mm	16	21	11,7	15	15,9	8	16	15,6	15,8	
	ETR	mm	34	29	38,3	35	34,1	42	34	34,4	34,2	
02/03/2019	Arrosage	mm	50	50	40	40	40	40	35	35	50	
04/03/2019	Drainage	mm	12	18	13	12	10,8	6	12,8	6,8	12,5	
	ETR	mm	38	32	27	28	29,2	34	22,2	28,2	37,5	
ETM10		mm/décade	158,3	150,6	137,8	146,7	145,5	154,1	139,9	142,7	156,4	148,00
ETM10		mm/jour	15,83	15,06	13,78	14,67	14,55	15,41	13,99	14,27	15,64	14,80
04/03/2019	Arrosage	mm	25	25	20	30	30	15	20	25	30	
06/03/2019	Drainage	mm	8	12	7,5	12	7,4	4,8	10,5	7,1	10	
	ETR	mm	17	13	12,5	18	22,6	10,2	9,5	17,9	20	
06/03/2019	Arrosage	mm	40	40	35	40	40	40	40	40	40	
08/03/2019	Drainage	mm	11	17,1	7,2	11,9	11,5	9,3	12,1	12,2	13	
	ETR	mm	29	22,9	27,8	28,1	28,5	30,7	27,9	27,8	27	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

08/03/2019	Arrosage	mm	30	30	20	30	30	20	30	20	30	
10/03/2019	Drainage	mm	13,4	12,2	5,4	9,1	8,1	7	11	6	8,9	
	ETR	mm	16,6	17,8	14,6	20,9	21,9	13	19	14	21,1	
10/03/2019	Arrosage	mm	35	35	35	35	35	30	40	30	40	
12/03/2019	Drainage	mm	6,9	9	6	8,1	6,5	9	11,9	3,2	9,7	
	ETR	mm	28,1	26	29	26,9	28,5	21	28,1	26,8	30,3	
12/03/2019	Arrosage	mm	40	40	30	40	35	35	35	35	40	
14/03/2019	Drainage	mm	7,4	10,5	4,7	10,2	8	8,8	11,8	5,1	10,5	
	ETR	mm	32,6	29,5	25,3	29,8	27	26,2	23,2	29,9	29,5	
ETM11		mm/décade	123,3	109,2	109,2	123,7	128,5	101,1	107,7	116,4	127,9	116,33
ETM11		mm/jour	12,33	10,92	10,92	12,37	12,85	10,11	10,77	11,64	12,79	11,63
14/03/2019	Arrosage	mm	30	35	25	35	30	30	35	35	30	
16/03/2019	Drainage	mm	6,1	11	3,8	8	4	6,5	11,1	7,9	9	
	ETR	mm	23,9	24	21,2	27	26	23,5	23,9	27,1	21	
16/03/2019	Arrosage	mm	40	50	30	35	30	40	40	30	40	
18/03/2019	Drainage	mm	16	20	12,9	10	13,3	14,5	9,1	12,1	14	
	ETR	mm	24	30	17,1	25	16,7	25,5	30,9	17,9	26	
18/03/2019	Arrosage	mm	40	35	35	35	40	35	35	35	40	
20/03/2019	Drainage	mm	15,4	15	13	11	15	12	11,9	12	14,5	
	ETR	mm	24,6	20	22	24	25	23	23,1	23	25,5	
20/03/2019	Arrosage	mm	25	30	25	30	25	25	25	25	30	
22/03/2019	Drainage	mm	7	16,5	4,2	8,8	5	6,9	10,85	6	10	
	ETR	mm	18	13,5	20,8	21,2	20	18,1	14,15	19	20	
22/03/2019	Arrosage	mm	40	35	35	35	35	35	40	35	40	
24/03/2019	Drainage	mm	10,8	10,9	6,8	7,8	6,1	6,4	11	6,9	10	
	ETR	mm	29,2	24,1	28,2	27,2	28,9	28,6	29	28,1	30	
ETM12		mm/décade	119,7	111,6	109,3	124,4	116,6	118,7	121,05	115,1	122,5	117,66
ETM12		mm/jour	11,97	11,16	10,93	12,44	11,66	11,87	12,105	11,51	12,25	11,77
24/03/2019	Arrosage	mm	45	45	40	35	45	40	40	35	45	
26/03/2019	Drainage	mm	12,9	17,1	11,8	11,8	14,4	10,8	8,9	11	14	

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

	ETR	mm	32,1	27,9	28,2	23,2	30,6	29,2	31,1	24	31	
26/03/2019	Arrosage	mm	35	35	30	30	30	25	30	30	35	
	Pluie efficace	mm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
30/03/2019	Drainage	mm	18,2	15	13,8	9,3	14,4	4,8	10	16	13,8	
	ETR	mm	20	23	19	24	19	23	23	17	24	
30/03/2019	Arrosage	mm	50	40	40	50	40	45	45	50	55	
01/04/2019	Drainage	mm	20,5	18,5	9	9	11	12	4,9	20,2	14,8	
	ETR	mm	29,5	21,5	31	41	29	33	40,1	29,8	40,2	
01/04/2019	Arrosage	mm	50	45	45	35	50	35	30	40	39	
03/04/2019	Drainage	mm	15	11	14,8	8	15,8	16	14	11	10,8	
	ETR	mm	35	34	30,2	27	34,2	19	16	29	28,2	
ETM13		mm/décade	116	106	109	115	112	104	110	100	124	110,74
ETM13		mm/jour	11,64	10,64	10,86	11,49	11,24	10,44	11,02	9,98	12,36	11,07
03/04/2019	Arrosage	mm	35	30	25	30	30	30	30	30	30	
05/04/2019	Drainage	mm	11,5	14,2	13,8	9,8	9	9,2	12	11,8	11,5	
	ETR	mm	23,5	15,8	11,2	20,2	21	20,8	18	18,2	18,5	
05/04/2019	Arrosage	mm	50	45	40	35	40	40	40	40	40	
07/04/2019	Drainage	mm	23,5	11	12	10	10,5	10,5	12	10,2	8,7	
	ETR	mm	26,5	34	28	25	29,5	29,5	28	29,8	31,3	
07/04/2019	Arrosage	mm	50	50	45	45	50	40	45	45	50	
09/04/2019	Drainage	mm	18	20	20	15	12,5	9,4	11	20,5	15	
	ETR	mm	32	30	25	30	37,5	30,6	34	24,5	35	
09/04/2019	Arrosage	mm	40	35	35	35	40	30	35	35	40	
11/04/2019	Drainage	mm	11,8	14	5,1	9,9	11	3	11,5	4,5	11	
	ETR	mm	28,2	21	29,9	25,1	29	27	23,5	30,5	29	
11/04/2019	Arrosage	mm	50	50	45	45	40	45	50	45	40	
13/04/2019	Drainage	mm	12	18,2	9,8	9,1	7,6	11,4	10,2	10	10,5	
	ETR	mm	38	31,8	35,2	35,9	32,4	33,6	39,8	35	29,5	
ETM14		mm/décade	148,2	132,6	129,3	136,2	149,4	141,5	143,3	138	143,3	140,20

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

ETM14		mm/jour	14,82	13,26	12,93	13,62	14,94	14,15	14,33	13,8	14,33	14,02
--------------	--	----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

		Lysimètres									
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne
24/11- 04/12/2018	ETM1 (mm/j)	9,48	8,77	9,28	8,66	9,78	9,63	8,42	9,33	9,75	9,23
	ETMloc (mm/j)	2,17	2,01	2,12	1,98	2,24	2,20	1,93	2,13	2,23	2,11
05/12 - 14/12/2018	ETM2 (mm/j)	9,08	9,32	8,93	9,37	9,31	9,66	9,59	9,45	9,67	9,38
	ETMloc (mm/j)	2,08	2,13	2,04	1,98	2,13	2,21	2,19	2,16	2,21	2,13
15/12 - 24/12/2018	ETM3 (mm/j)	9,68	9,18	9,54	9,91	9,14	9,96	9,06	9,47	9,855	9,53
	ETMloc (mm/j)	2,21	2,13	2,18	2,14	2,09	2,28	2,07	2,17	2,25	2,17
25/01/2018- 03/01/2019	ETM4 (mm/j)	9,81	9,9	8,98	9,49	9,59	9,9	9,72	9,34	9,31	9,56
	ETMloc (mm/j)	2,24	2,10	2,05	2,27	2,19	2,26	2,22	2,14	2,13	2,18
04/01- 13/01/2019	ETM5 (mm/j)	13,18	13,51	11,76	12,68	13,25	13,62	13,35	12,46	12,81	12,96
	ETMloc (mm/j)	3,01	2,26	2,69	2,17	3,03	3,12	3,05	2,85	2,93	2,79
14/01- 23/01/2019	ETM6 (mm/j)	12,49	12,55	11,4	13,97	12,08	11,65	11,19	12,8	11,24	12,15
	ETMloc (mm/j)	2,86	3,09	2,61	2,90	2,76	2,66	2,56	2,93	2,57	2,77
24/01 - 02/02/2019	ETM7 (mm/j)	15,96	13,71	13,79	16,3	13,89	13,66	13,55	13,66	14,37	14,32
	ETMloc (mm/j)	3,65	3,14	3,15	3,20	3,18	3,12	3,10	3,12	3,29	3,22
03/02 - 12/02/2019	ETM8 (mm/j)	15,09	13,42	13,88	14,55	15,67	14,26	13,02	13,14	15,77	14,31
	ETMloc (mm/j)	3,45	3,07	3,17	3,73	3,58	3,26	2,98	3,01	3,61	3,32
13/02 - 22/02/2019	ETM9 (mm/j)	15,98	15,25	13,07	14,83	14,89	15,54	14,15	14,36	13,93	14,67
	ETMloc (mm/j)	3,65	3,49	2,99	3,33	3,41	3,55	3,24	3,28	3,19	3,35
23/02 - 04/03/2019	ETM10 (mm/j)	15,83	15,06	13,78	14,67	14,55	15,41	13,99	14,27	15,64	14,80
	ETMloc (mm/j)	3,62	3,44	3,15	3,39	3,33	3,52	3,20	3,26	3,58	3,39
05/03 - 14/03/2019	ETM11 (mm/j)	12,33	10,92	10,92	12,37	12,85	10,11	10,77	11,64	12,79	11,63
	ETMloc (mm/j)	2,82	2,50	2,50	3,36	2,94	2,31	2,46	2,66	2,93	2,72
15/03 - 24/03/2019	ETM12 (mm/j)	11,97	11,16	10,93	12,44	11,66	11,87	12,105	11,51	12,25	11,77

Caractérisation de la Croissance sous Irrigation de *Combretum glutinosum* Perr. Ex. DC. en zone soudano sahélienne

	ETMloc (mm/j)	2,74	2,55	2,50	2,83	2,67	2,71	2,46	2,63	2,80	2,66
25/03 - 03/03/2019	ETM13 (mm/j)	11,64	10,64	10,86	11,49	11,24	10,44	11,02	9,98	12,36	11,07
	ETMloc (mm/j)	2,66	2,43	2,48	2,85	2,57	2,39	2,77	2,28	2,83	2,58
04/04 - 13/04/2019	ETM14 (mm/j)	14,82	13,26	12,93	13,62	14,94	14,15	14,33	13,8	14,33	14,02
	ETMloc (mm/j)	3,39	3,03	2,96	2,63	3,42	3,24	2,52	3,16	3,28	3,07