



**DETERMINATION DES COEFFICIENTS CULTURAUX ET DES
PARAMETRES DE CROISSANCE SOUS IRRIGATION DE
*COMBRETUM MICRANTHUM G. DON***

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER**

SPECIALITE : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 02 Juillet 2019 par

ABACAR SIDDEY Siddey (20140990)

Directeur de mémoire : Hamma YACOUBA, Professeur 2iE

Encadrant 2iE : Amadou KEITA (Enseignant-chercheur 2iE)

Maître de stage : Lassina SANOU, Chargé des Relations Extérieures de ASMA

Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Harouna KARAMBIRI

Membres et correcteurs : M. Amadou SIMAL

M. Gnenakantanhan COULIBALY

Promotion [2018/2019]

DEDICACE

Je dédie ce rapport à :

- ✓ ma mère ALASSANE Hadiza. Il est naturel que ma première pensée se tourne vers celle à qui je dois la vie et une part essentielle de ma personnalité. Elle, qui par son soutien, à travers tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, a œuvré pour ma réussite. Reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Sache que ton amour et tes bénédictions pour moi, continuent de m'animer et me permettent d'envisager l'avenir beaucoup plus sereinement.
- ✓ mon défunt père SIDDEY Abacar, décédé le 12 mai dernier. De son vivant, il m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui prie toujours pour le repos de son âme. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent reçu. Ta mémoire sera toujours gravée dans nos cœurs. Repose en paix cher père.
- ✓ mes frères et sœurs, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérances, de courage et de générosité.

CITATION

"L e tout premier hôpital que Dieu nous a donné est la nature.
Ensemble nous pouvons changer le monde".

Yacouba SAWADOGO
Prix Nobel Alternatif 2018

REMERCIEMENTS

Mes remerciements et reconnaissances vont particulièrement à l'égard :

- ❖ Du corps professoral et administratif de la fondation 2iE. Merci pour la formation scientifique reçue ;
- ❖ De mon directeur de mémoire, Pr. Hama YACOUBA, qui, malgré un emploi de temps chargé, s'est toujours montré disposé à chaque fois que je me suis adressé à lui. Sa rigueur scientifique et ses conseils techniques m'ont été utiles ;
- ❖ De mon encadreur interne, Dr. Amadou KEITA (Enseignant chercheur), sa disponibilité et sa rigueur dans l'encadrement m'ont été d'une grande utilité. Une mention spéciale vous est adressée pour avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires à la réalisation de ce stage ;
- ❖ De l'Association Au Secours Mon Arbre (ASMA), pour son effort de soutien au développement de la foresterie et de la protection de l'environnement ;
- ❖ De mon maître de stage, Dr Lassina SANOU, membre de l'Association Au Secours Mon Arbre (ASMA), de m'avoir guidé tout au long de ce stage en se rendant disponible pour répondre à toutes mes questions ;
- ❖ D'Emmanuel ZONGO, technicien de terrain, pour son appui technique qui m'a été d'un grand support ;
- ❖ Du Centre National des Semences Forestières (CNSF) pour le soutien apporté à la préparation de ce mémoire ;
- ❖ De mes camarades de stage pour l'ambiance cordiale entretenue sur le terrain.

Je tiens à remercier tous les camarades de classe et de promotion pour les meilleurs moments passés ensemble.

RESUME

L'exploitation forestière est la principale cause du déboisement dans le monde. Les ravages qu'elle produit sont énormes. Pour une exploitation durable et pour contribuer à la pérennisation des forêts, l'Association Au Secours Mon Arbre (ASMA, une association à but non lucratif) a débuté un chantier de recherche sur la détermination des paramètres cultureux des plantes de la zone tropicale africaine. La présente étude a permis de déterminer le coefficient cultural et les paramètres de croissance sous irrigation de *Combretum micranthum* G. Don. Il est originaire d'Afrique tropicale et appartient à la famille des *combretaceae*. Les investigations ont été menées sur sept (7) répliques d'un lysimètre en béton équipé de tubes de drainage de surface et souterrain. L'évapotranspiration de référence (ET_0) et l'évapotranspiration maximale (ETM) déterminées respectivement à partir de la station météorologique *Alecto* et du bilan hydrique ont permis de calculer le coefficient cultural. Le sol des lysimètres est de type sablo-limoneux avec un taux de matière organique de $4,07 \pm 0,32$ % et un pH de $6,91 \pm 0,3$. Au terme de cette étude, le *Combretum micranthum* G. Don a une phase initiale de 167 jours et un coefficient cultural de $0,52 \pm 0,09$. Le taux de germination est de 34%. La hauteur verticale et le nombre de feuilles sont respectivement $10,15 \pm 2,90$ cm et 22 ± 15 avec un diamètre au collet qui varie de $2 \pm 0,1$ mm à $5,4 \pm 1,3$. La profondeur racinaire moyenne est de $37,6 \pm 21,54$ cm avec une surface foliaire moyenne de $9,84 \pm 1,77$ cm². Le développement de *Combretum micranthum* G. Don et la mise sous irrigation sont donc possibles et contribueront non seulement à sa pérennisation mais aussi au développement de l'irrigation forestière. Il faudra continuer les investigations pour rechercher des autres phases et aussi pour les autres plantes ligneuses.

Mots clés:

1-Bilan hydrique

2-*Combretum micranthum* G. Don

3-Coefficient cultural

4-Irrigation forestière

5-Plante ligneuse

ABSTRACT

Logging is the main cause of deforestation in the world. The devastations it produces are numerous. For a sustainable exploitation and to contribute to the perpetuation of these forests, the organisation named 'Au Secours Mon Arbre' (ASMA, a non-profit organisation) has initiated a research on the determination of the cultural parameters of the flora plants of the African tropical zone. This study focused on the determination of the cultural coefficient and growth parameters allowing the irrigation of *Combretum micranthum* G. Don. It is an African tropical tree and belongs to the family of combretaceous. The investigations were conducted on seven (7) replicas of a concrete lysimeter equipped with surface and underground drainage tubes. The evapotranspiration of reference and maximum evapotranspiration respectively determined from the water balance and the Alecto meteorological station, allowed the calculation of the cultural coefficient. The soil of lysimeters is the sandy-silvery type with an organic matter rate of $4.07 \pm 0.32\%$ and a pH of 6.91 ± 0.3 . At the end of this study, *Combretum micranthum* G. Don had an initial phase of 164 days and a cultural coefficient of 0.54 ± 0.10 . The germination rate is 34%. The vertical height and the number of leaves are 10.15 ± 2.90 cm and 22 ± 15 , respectively, with a Collet diameter from 2 ± 0.1 mm to 5.4 ± 1.3 . The root depth is 37.6 ± 21.54 cm with an average foliar area of 9.84 ± 1.77 cm². The development of *Combretum micranthum* G. Don and irrigation are therefore possible and will contribute not only to its perpetuation but also to the development of forestry irrigation. It will be necessary to continue the investigations of the research for the other phases and also for the other woody plants.

Keywords:

1-Water balance

2-*Combretum micranthum* G. Don

3-Cultural coefficient

4-Forest irrigation

5-Woody plant

LISTE DES ABREVIATIONS

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

ASMA : Association au Secours Mon Arbre

CNSF : Centre National des Semences Forestières

ET₀ : Evapotranspiration de référence

ETM : Evapotranspiration maximale

ETM_{loc} : Evapotranspiration maximale localisée

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

G. Don : Georges Don

I-D : Irrigation - Drainage

K_c : Coefficient Cultural

K_{sat} : Conductivité hydraulique à saturation

SPAW : Soil - Plant - Air - Water

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
CITATION.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES PHOTOS.....	xi
I. INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte	1
1.2 Problématique	2
II. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL.....	3
2.1 Objectifs.....	3
□ Objectif général	3
2.2 Résultats attendus.....	3
2.3 Revue de la littérature	4
2.4 Généralités sur <i>Combretum micranthum</i> G. Don	4
2.4.1 Origine et répartition géographique	4
2.4.2 Présentation et caractéristiques de <i>Combretum micranthum</i> G. Don	5
2.4.3 Utilisations et importance socio-économique	6
III. MATERIELS ET METHODES.....	8
3.1 Présentation de la zone d'étude.....	8
3.2 Présentation du dispositif expérimental	9
3.3 Taux de matière organique.....	9
3.4 Mesure d'infiltration double anneaux de type muntz	10
3.5 Le pH du sol.....	11
3.6 Détermination de l'évapotranspiration de référence (ET_0)	11
3.7 Détermination de l'évapotranspiration maximale (ETM).....	14
3.8 Le taux de germination	15
3.8.1 Semence	15
3.8.2 Germination.....	16

3.9	Etude des paramètres de croissance de la plante.....	16
3.10	Détermination du coefficient cultural (Kc).....	17
IV.	RESULTATS – DISCUSSIONS	18
4.1	Taux de matière organique.....	18
4.2	Mesure d’infiltration double anneaux de type muntz	18
4.3	Le pH du sol.....	20
4.4	Evapotranspiration de référence (ET ₀).....	20
4.5	Evapotranspiration maximale (ETM)	21
4.6	Les paramètres de croissances de <i>Combretum micranthum</i> G. Don.....	22
4.6.1	Taux de germination.....	22
4.6.2	Diamètre au collet	23
4.6.3	Profondeur racinaire	24
4.6.4	Surface foliaire	26
4.6.5	Masse humide - masse sèche.....	27
4.6.6	Couverture végétale du sol (GC).....	27
4.6.7	Les attributs de la croissance de <i>Combretum micranthum</i> G. Don	28
a.	Comparaison des moyennes : Test d’ANOVA	29
b.	Comparaison des médianes : Test de Kruskal-Wallis	29
4.7	Coefficient cultural Kc de <i>Combretum micranthum</i> G. Don.....	30
V.	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	31
VI.	RECOMMANDATIONS.....	32
VII.	BIBLIOGRAPHIE	33
ANNEXES :		35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Utilisation de <i>Combretum micranthum</i> G. Don (Source : www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_(PROTA))	4
Tableau II: Taux de matière organique des lysimètres	18
Tableau III: Valeurs conductivité hydraulique à saturation (Ksat)	19
Tableau IV: Caractéristique du sol.....	19
Tableau V: Valeurs du pH.....	20
Tableau VI: Valeur d'ET0 (mm/jr) Station météo Kamboinse (2018-2019).....	20
Tableau VII: Comparaison ET0 (Station Ouagadougou et Station Kamboinse)	21
Tableau VIII: Résultat de la germination.....	23
Tableau IX: Variation du diamètre au collet des plantes	24
Tableau X: Valeurs de la surface foliaire.....	26
Tableau XI: Analyse descriptive du GC	27
Tableau XII: Résultat du test d'ANOVA sur les différents lysimètres.....	29
Tableau XIII: Résultat du test de Kruskal-Wallis sur les différents lysimètres	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition géographique de <i>Combretum micranthum</i> G. Don (Source : www.uses.planet-project.org)	5
Figure 2: Carte de localisation de la zone d'étude.....	8
Figure 3: Algorithme de calcul des paramètres de l'ET ₀	12
Figure 4: Lysimètre en béton équipé de tubes de drainage de surface et souterrain (Amadou KEÏTA et al, 2019).....	14
Figure 5: Structure du sol dans les lysimètres.....	19
Figure 6: Valeurs de l'ETM _{loc}	21
Figure 7: Evolution du diamètre au collet.....	24
Figure 8: Evolution de la profondeur d'enracinement.....	26
Figure 9: Quantité de masse humide et sèche	27
Figure 10: Attributs de croissance de <i>Combretum micranthum</i> G. Don.....	28
Figure 11: Variation de K _c , ETM _{loc} et ET ₀ par décade	30
Figure 12: K _c de <i>Combretum micranthum</i> G. Don.....	30

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: <i>Combretum micranthum</i> G. Don (Site expérimental de Kamboinse).	6
Photo 2: Dispositif expérimental (vue de dessus)	9
Photo 3: Dispositif expérimental.....	9
Photo 4: La mise des échantillons dans le four	10
Photo 5: Four à moufle.....	10
Photo 6: Mesure de la vitesse d'infiltration	11
Photo 7: Dispositif du double anneau	11
Photo 8: station météorologique Alecto WS-5000.....	12
Photo 9: Extraction de données.....	12
Photo 10: Graines de <i>Combretum micranthum</i> G. Don	15
Photo 11: Pied à coulisse.....	17
Photo 12: Deux pieds de <i>Combretum micranthum</i> G. Don dans le lysimètre	22
Photo 13: Fin de la germination	23
Photo 14: Début de la germination.....	23
Photo 16: Racine de <i>Combretum micranthum</i> G. Don.....	25

I. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le monde connaît une évolution qui s'accompagne de changements touchant différents secteurs. Les deux dernières décennies ont été marquées entre autres, par l'émergence des problèmes écologiques mondiaux comme les changements climatiques, la perte de la diversité biologique, les menaces des polluants organiques persistants et la dégradation des terres. L'adoption, en mai 1992, de la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques, marque la prise de conscience, par la communauté internationale, de l'ampleur du réchauffement de la terre et de ses répercussions sur la vie humaine, sur les activités économiques et sur l'environnement. (PANA, 2007). Durant des siècles et même des millénaires, les plantes médicinales ont toujours été utilisées pour soulager les douleurs, guérir les maux et panser les blessures. De génération en génération, ce savoir a été transmis. En effet, il existe environ 500.000 espèces de plantes sur terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicales (Quyoun., 2003). Selon le Prix Nobel Alternatif 2018, Yacouba SAWADO, les ressources naturelles sont particulièrement affectées et cela se traduit par la réduction significative de la couverture végétale avec une crise du bois, la dégradation des sols avec la perte de potentialités d'où une chute des rendements agricoles et une diminution des ressources en eau avec l'assèchement et l'ensablement des cours d'eau. Les plantes forestières demeurent encore une source de soins médicaux dans les pays en voie de développement, en absence d'un système médical moderne (TABUTI et al., 2003). Toutefois, on rencontre des populations de moins en moins denses de cette espèce. Elle se retrouve plutôt sous forme d'individus épars dans les savanes, et a tendance, dans certaines régions, à disparaître totalement du paysage sahélien. Aussi assiste-t-on de plus en plus à une faible régénération de l'espèce (les jeunes pieds sont devenus très rares). La survie de cette essence devra désormais reposer sur des approches de gestion appropriées, associées à des techniques de régénération naturelle et/ou assistée.

Dans un effort de soutien au développement de la foresterie et de la protection de l'environnement, l'association Au Secours Mon Arbre (ASMA), une association à but non lucratif, a décidé d'enclencher un chantier de recherche sur la détermination des paramètres cultureux des plantes de la zone tropicale africaine. A terme, la connaissance de ces paramètres devrait permettre de lancer dans ce qu'elle appelle « l'Irrigation Forestière » des plantes de plus en plus prometteuses sur le plan cosmétique, nutritionnel, phytothérapique et protection environnementale.

1.2 Problématique

L'exploitation excessive des ressources de la flore ligneuse en zone intertropicale est une menace pour leur pérennisation. Aujourd'hui, les espèces telles que *Milicia excelsa* Welw., *Khaya senegalensis* Desr., *Azelia africana* Sm., *Pterocarpus erinaceus* Poir. sont en voie de disparition et méritent une attention particulière (Agbahungba *et al.*, 1998). Le bois des espèces ligneuses trouve de multiples applications en menuiserie, dans la production du charbon ou tout simplement du bois de chauffe pour la cuisine. De nombreux pays sahéliens dont le Niger, le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie ou le Sénégal connaissent une avancée inquiétante vers la désertification (Cnued, 1992). Mais en dehors du bois, la destruction des arbres, arbustes et herbes est aussi causée par l'usage de plus en plus pressant de leurs sous-produits par les industries cosmétiques et les entrepreneurs nutritionnistes et phytothérapeutiques. Cette menace anthropique sur la flore est aussi plus insidieuse que le changement climatique car elle agit au niveau local mais simultanément en de multiples endroits. Il existe très peu de connaissances sur les paramètres de production des plantes forestières exploitées par l'homme.

Le coefficient culturel, K_c , est défini comme le rapport de l'évapotranspiration maximale d'une culture (ETM) sur l'évapotranspiration de référence (ET_0).

Puisque ET_0 représente un index climatique de l'évaporation, le K_c varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture, et un peu seulement avec le climat. Cela permet le transfert de valeurs standard de K_c d'un endroit à l'autre entre zones climatiques. Selon Doorenbos et Pruitt (1975) le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

Le coefficient culturel permet de connaître la valeur des besoins en eau des cultures est à la base de projet d'irrigation, de gestion des réseaux d'irrigation, de pilotage des irrigations, de planification de l'utilisation des ressources hydrauliques.

De nombreux documents existent concernant la détermination de K_c pour de nombreuses cultures vivrières et céréalières (tomate, oignon, blé), qui rentrent dans la consommation directe de l'homme (FAO, 2004). Étonnamment, pour les plantes forestières que l'homme n'exploite pas moins, les efforts ont été très limités. C'est dans le but de contribuer à la réduction de ce vide qu'ASMA, après avoir proposé plus d'une centaine de descriptions vidéo sur les plantes (https://www.youtube.com/channel/UCF7hJV29Mnjd7ka8JrR_hYA), a ouvert un axe de recherche visant la détermination des coefficients cultureux K_c pour les plantes forestières les

plus utiles. Dans ce cadre de nombreux travaux similaires ont été réalisés à 2iE en collaboration avec ASMA sur d'autres plantes forestières notamment, sur le *Chrysantellum Indicum* DC (KABORE, 2017), *Hibiscus sabdariffa* (FOFANA, 2017), *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC. (SANGARE, 2019).

Cette étude est consacrée à la caractérisation sous irrigation de *Combretum micranthum* G. Don pour les entrepreneurs qui désirent entreprendre dans l'irrigation forestière. C'est une plante de la famille des *combretaceae* qui connaît actuellement une utilisation abusive en zone soudano sahélienne, justifiant la nécessité de la détermination de ses paramètres de production pour aider à sa pérennisation dans notre écosystème.

II. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL

2.1 Objectifs

✓ Objectif général

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la préservation des espèces forestières les plus importantes à travers la détermination des coefficients cultureux et des paramètres de croissance optimum de *Combretum micranthum* G. Don.

✓ Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agira pour nous de :

- Caractériser le milieu de culture ;
- Déterminer les paramètres climatiques ;
- Etudier les coefficients cultureux et les paramètres de croissance.

2.2 Résultats attendus

A l'issu de cette étude, nous devons en effet disposer de données fiables, comparables sur les quantités suivantes :

- Le dispositif expérimental ;
- Le sol dans les lysimètres ;
- L'évapotranspiration de référence ET_0 autour du dispositif de production déterminé ;
- L'évapotranspiration maximale ETM dans les lysimètres de production estimé ;
- Les variables de la biomasse mesurées ;
- Les coefficients cultureux K_c déterminés ;

2.3 Revue de la littérature

La revue littéraire nous a été d'une grande utilité pour aboutir à nos objectifs. Nous avons consulté des différents documents relatifs au *Combretum micranthum* G. Don, aux arbres et arbustes au sahel, la germination, aux adventices, à l'irrigation, au bilan hydrique, à l'évapotranspiration et aux coefficients cultureux. Une partie des documents a été consultée dans la bibliothèque de 2iE et de l'université de Ouagadougou 1 ; et l'autre partie a été téléchargée sur le site internet de la FAO (www.fao.com).

Le mémoire s'articulera autour des points suivants :

Une introduction qui décrit le contexte, la problématique et les objectifs ;

Les matériels et les méthodologies employées ;

Une discussion des résultats ;

Une conclusion suivie de recommandations

2.4 Généralités sur *Combretum micranthum* G. Don

2.4.1 Origine et répartition géographique

Combretum micranthum G. Don (Kinkéliba) fait partie de la grande famille des *combretaceae*, qui forme le fond arbustif et arboré des forêts. Il est répandu dans la zone des savanes d'Afrique de l'ouest et joue un rôle très important dans plusieurs domaines (Tableau I).

Tableau I: Utilisation de *Combretum micranthum* G. Don (Source : [www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_\(PROTA\)](http://www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_(PROTA)))

Importance générale	☆☆☆☆☆
Répartition en Afrique	☆☆☆☆☆
Répartition mondiale	☆☆☆☆☆
Fruit	☆☆☆☆☆
Stimulant	☆☆☆☆☆
Colorant / tanin	☆☆☆☆☆
Huile essentielle / exsudat	☆☆☆☆☆
Médicinal	☆☆☆☆☆
Bois d'œuvre	☆☆☆☆☆
Bois de feu	☆☆☆☆☆
Fourrage	☆☆☆☆☆
Auxiliaire	☆☆☆☆☆
Fibre	☆☆☆☆☆
Sécurité alimentaire	☆☆☆☆☆
Changement climatique	☆☆☆☆☆

☆: Degré d'importance

Le kinkéliba pousse dans le Sahel (Figure 1) et dans la savane arborée d'Afrique de l'Ouest, révélant un sol pauvre. On le trouve également au Togo ou encore en Côte d'Ivoire et au Soudan.

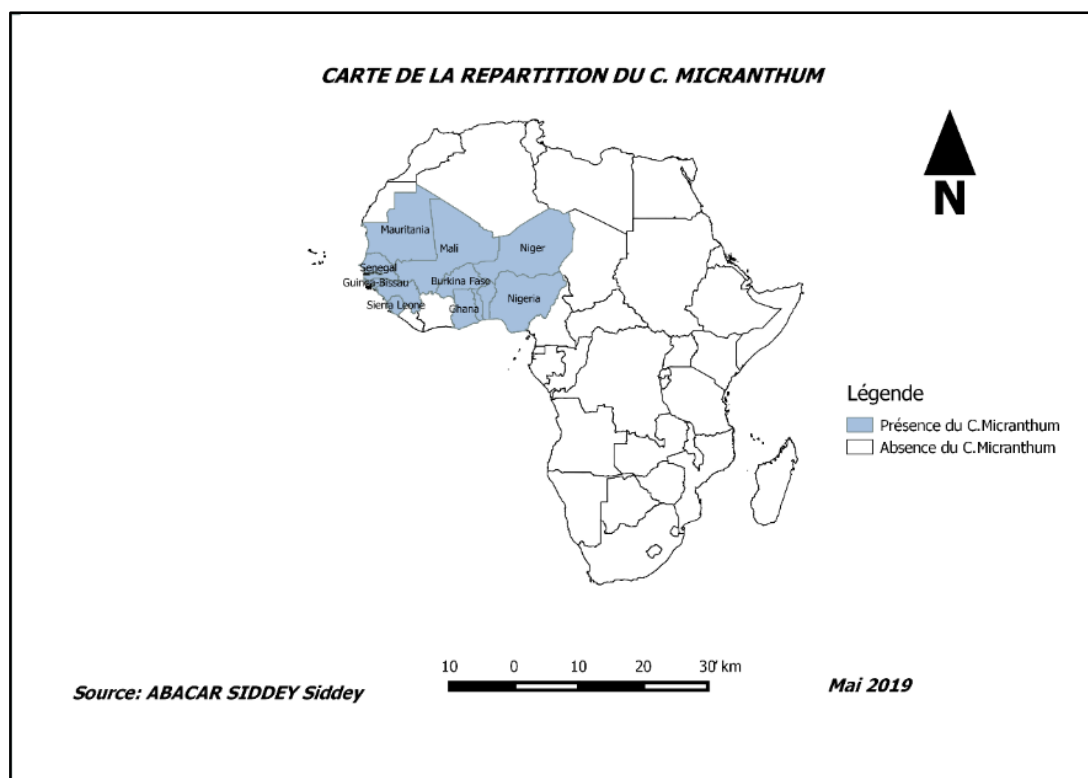


Figure 1: Répartition géographique de *Combretum micranthum* G. Don (Source : www.uses.planet-project.org)

2.4.2 Présentation et caractéristiques de *Combretum micranthum* G. Don

Originaire d'Afrique tropicale, le kinkeliba, de nom scientifique *Combretum micranthum* G. Don est un arbrisseau qui appartient à la famille des *Combretaceae*. Elle compte environ 20 genres et 475 espèces dans le monde dont 9 genres et environ 244 espèces en Afrique tropicale (Thiombiano A., 2005). Les espèces sont généralement des arbres, des arbustes ou des lianes dans les formations forestières, les savanes et les steppes des régions sahélo- soudaniennes.

Ce petit arbre, qui peut atteindre cinq à six mètres de hauteur, se rencontre le plus souvent sous la forme d'un buisson. Ses feuilles sont simples, coriaces, ovales et de taille variable. Ses fleurs, blanches ou rosées, sont portées par un pédoncule dont la surface a l'aspect de la rouille, tout comme ses jeunes rameaux. Ses fruits, des samares à quatre ailes de 1,5 cm de long sur 1,5 cm de large, plutôt arrondis, renferment une seule graine.

Les fruits sont bruns rougeâtres, nucule à 4 ailes, à contour largement ovoïde à presque orbiculaire, de 1,2–1,5 cm de diamètre, à stipe de 3–5 mm de long et ailes d'environ 7 mm de large, indéhiscence, à 1 graine. C'est une plantule à germination hypogée.

Combretum micranthum G. Don fleurit pendant la deuxième moitié de la saison sèche, généralement avant ou pendant l'apparition des premières feuilles. On le rencontre en savane sèche, souvent dégradée, sur des sols pierreux et graveleux, des affleurements rocheux et des termitières, souvent le long des cours d'eau, du niveau de la mer jusqu'à 1000 m d'altitude. Il

est commun par endroits voire dominant, et pousse généralement sur des sols pauvres (www.medecinedafrique2i.emonsite.com). C'est une espèce indicatrice de brousse tigrée au Sahel. Il est résistant à la sécheresse et au feu.

Il peut se multiplier par graines, par sauvageons, par boutures et par marcottes. Les graines doivent être ôtées du fruit avant stockage ou plantation. Le poids moyen de 1000 graines est de 35,51 g (Sacandé M. et al, 2012). Les racines sont extrêmement sensibles aux attaques de termites. Les feuilles, l'écorce de tige et les racines peuvent se récolter selon les besoins. Elles peuvent s'utiliser fraîches ou séchées et conservées dans des récipients hermétiques en vue d'un usage ultérieur.



Photo 1: *Combretum micranthum* G. Don (Site expérimental de Kamboinse).

2.4.3 Utilisations et importance socio-économique

Combretum micranthum G. Don est une plante médicinale en Afrique de l'Ouest. Les différentes espèces présentent une valeur socio-économique assez importante surtout au Burkina Faso où elles sont très sollicitées par les populations rurales dans divers domaines comme la pharmacopée, le combustible, la confection d'outils et la construction.

Des essais pharmacologiques au laboratoire (Source : <https://books.google.com/books?id=ccpmAgAAQBAJ&lpg=PA88&ots=Y4PZYToXYb&dq=des%20essais%20pharmacologiques%20confirmant%20...%20micranthum&hl=fr&pg=PA88#v=onepage&q&f=false>) confirment quelques-uns de ses usages traditionnels, par exemple ses fortes activités antibactériennes, hypoglycémiques et anti-inflammatoires et une activité antipaludéenne modérée des feuilles, mais de plus amples recherches sont nécessaires, par exemple concernant son activité sur le foie. Il n'y a aucun

risque d'érosion génétique. Les feuilles, et dans une moindre mesure l'écorce de tige et les racines de *Combretum micranthum* G. Don sont utilisées pour traiter une grande variété de maux. Cette plante est réputée pour ses propriétés diurétiques, dépuratives et digestives. Il est parfois recommandé en accompagnement de jeûnes ou de diètes, ou en cas de constipation. Le kinkéliba est aussi un remède contre l'obésité.

Au Burkina-Faso, la décoction des feuilles de kinkéliba est employée pour calmer les coliques, les diarrhées et la dysenterie. Elle est aussi préconisée pour le soin du paludisme et des maladies du foie. En compresse ou en cataplasme, les feuilles sont utilisées pour soigner les brûlures et cicatriser les plaies.

Au Mali, les feuilles de la plante réduites en poudre sont vendues sous forme de sachets de thé pour traiter les problèmes hépatiques et la diarrhée. Dans ce pays, en 2003, la production pour la consommation locale était évaluée à 1139 t.

([Source : www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_\(PROTA\)](http://www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_(PROTA))).

III. MATERIELS ET METHODES

3.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la région du centre du Burkina-Faso plus précisément dans la commune de Ouagadougou à environ 15 km au Nord-Ouest de Ouagadougou.

La ville de Ouagadougou est située en zone sahélienne caractérisée par deux saisons bien contrastées : une longue saison sèche de novembre à mai et une courte saison de pluie de juin à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 690 mm et les températures moyennes journalières varient entre 25°C (décembre-janvier) et 32 °C (mars-avril). Les températures maximales atteignent 40°C.

Le site expérimental de cette étude choisi est la plateforme d'irrigation de 2iE Kamboïnse-K4. C'est un laboratoire en plein air constitué d'un périmètre irrigué d'environ 0,5 ha composé de plusieurs systèmes d'irrigation plus précisément l'irrigation par aspersion et le goutte à goutte. Cette plate-forme est aussi dotée de systèmes de réutilisations des eaux usées, de station d'épuration et une unité de recherches lysimétriques pour des plantes vivrières et forestières.

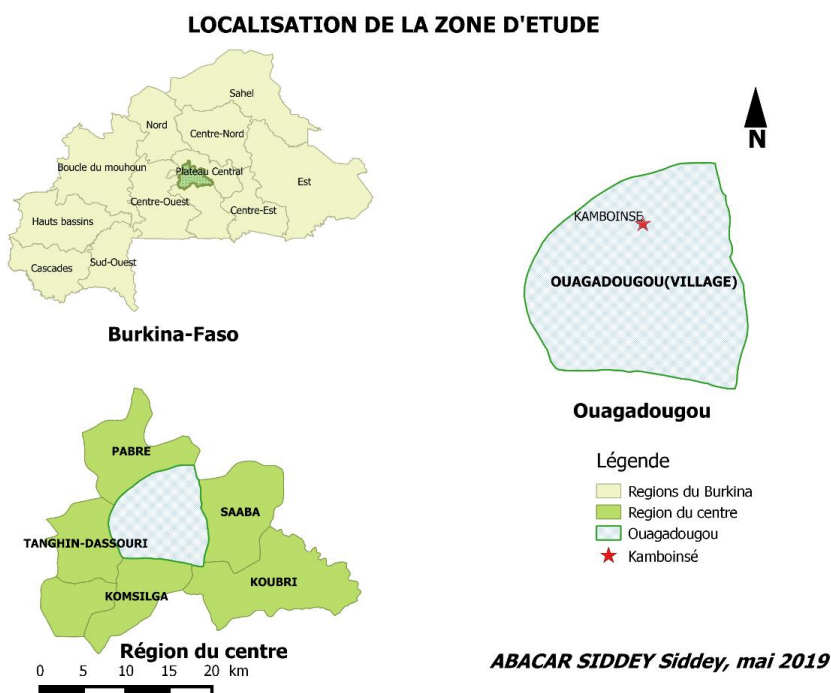


Figure 2: Carte de localisation de la zone d'étude

3.2 Présentation du dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (méthode lysimétrique) est composé de sept (07) lysimètres en béton d'un mètre-carré (1m²) de superficie et d'une profondeur de 1,60 m. Dans chaque lysimètre, il y a respectivement du bas vers le haut du gravier, du sable et dans la partie supérieure le mélange de terre (Amadou KEITA, 2015).



Photo 3: Dispositif expérimental



Photo 2: Dispositif expérimental (vue de dessus)

3.3 Taux de matière organique

Dans cette manipulation on a utilisé des creusets en porcelaine numérotés, un four à moufle, une étuve, une longue pince pour mettre et récupérer les creusets dans le four à moufle, une balance électronique de précision, des gangs anti chaleur, des lunettes de protection. Des échantillons (15g sur chaque lysimètre) ont été prélevés afin de déterminer le taux de matière organique avant le repiquage. Ils ont été placés à l'étuve pour séchage. Après séchage à l'étuve, on a procédé à une calcination au four à 550 °C pendant 4 heures. Les cendres brutes sont obtenues après destruction de la matière organique par incinération (AFNOR, 2011). La perte de poids après la calcination des échantillons nous permet de connaître les proportions pondérales de la matière organique à travers cette formule :

$$\% \text{ Matière organique} = 100 - \% \text{ cendres}$$



Photo 5: Four à moufle



Photo 4: La mise des échantillons dans le four

3.4 Mesure d'infiltration double anneaux de type muntz

Il s'agit d'un essai in situ qui permet de déterminer la vitesse d'infiltration d'eau dans nos lysimètres. Notre intention est de déterminer la réserve utile dans le sol qui est définie comme la quantité d'eau disponible par unité de surface de sol. Elle est comprise entre deux limites de teneur en eau du sol : d'une part la capacité au champ, ou capacité de rétention, et d'autre part, le point de flétrissement.

Les deux anneaux sont disposés de façon concentrique sur le sol, puis enfoncés de 5cm dans le sol. L'anneau extérieur est appelé "anneau de garde" et a pour fonction de garantir une infiltration verticale dans l'anneau central. Le principe du double anneau est de suivre l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau central. Une fois le dispositif mis en place, on verse une lame d'eau donnée dans les deux anneaux de sorte à avoir un niveau identique. Le chronomètre est ensuite lancé et on mesure l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps. Les données ont été traitées sur Minitab et SPAW afin de déterminer la conductivité hydraulique K_{sat} et les humidités caractéristiques du sol.



Photo 7: Dispositif du double anneau



Photo 6: Mesure de la vitesse d'infiltration

3.5 Le pH du sol

Le pH (ou Potentiel Hydrogène) est une indication de la concentration en ions H^+ présent dans le sol. Pour mesurer le pH du sol, nous avons prélevé des échantillons de sol dans chaque lysimètre. Ces échantillons ont été collectés de façon aléatoire à 15 cm de profondeur du lysimètre en utilisant un facteur de dilution (eau distillée) 1/5 pour préparer la solution. Ensuite on introduit la sonde pH-métrique dans la solution et on relève la valeur du pH. L'appareil utilisé pour cette mesure est le pH-mètre.

3.6 Détermination de l'évapotranspiration de référence (ET_0)

L'évapotranspiration de référence (ET_0) est un concept utilisé dans différentes méthodes d'estimation. C'est une valeur pour une végétation choisie, dans des conditions hydriques réelles, permettant ensuite de déduire l'évapotranspiration pour d'autres couverts végétaux. Une station métrologique sans fil avec un capteur externe *Alecto* WS-5000, capable de mesurer avec précision l'orientation et la force du vent, la température, l'humidité relative, le volume des précipitations, etc. Elle permet de mesurer quotidiennement les paramètres entrant dans le calcul Penman-Monteith d' ET_0 . Ces paramètres sont les températures mini et maxi, la vitesse du vent à 2 m au-dessus du sol, les pressions de vapeur saturante et actuelles, l'humidité relative, et la radiation solaire. La station *Alecto* WS-5000 a été installée près du dispositif expérimental. En effet, sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celles de Jensen *et al.* (1990), la consultation d'experts menée par la FAO sur la méthodologie d'estimation des besoins en eau des cultures, a conduit à recommander la méthode de Penman-

Monteith comme méthode privilégiée d'estimation d' ET_0 , et pour servir de base à la détermination des coefficients culturaux.



Photo 9: Extraction de données



Photo 8: station météorologique Alecto WS-5000

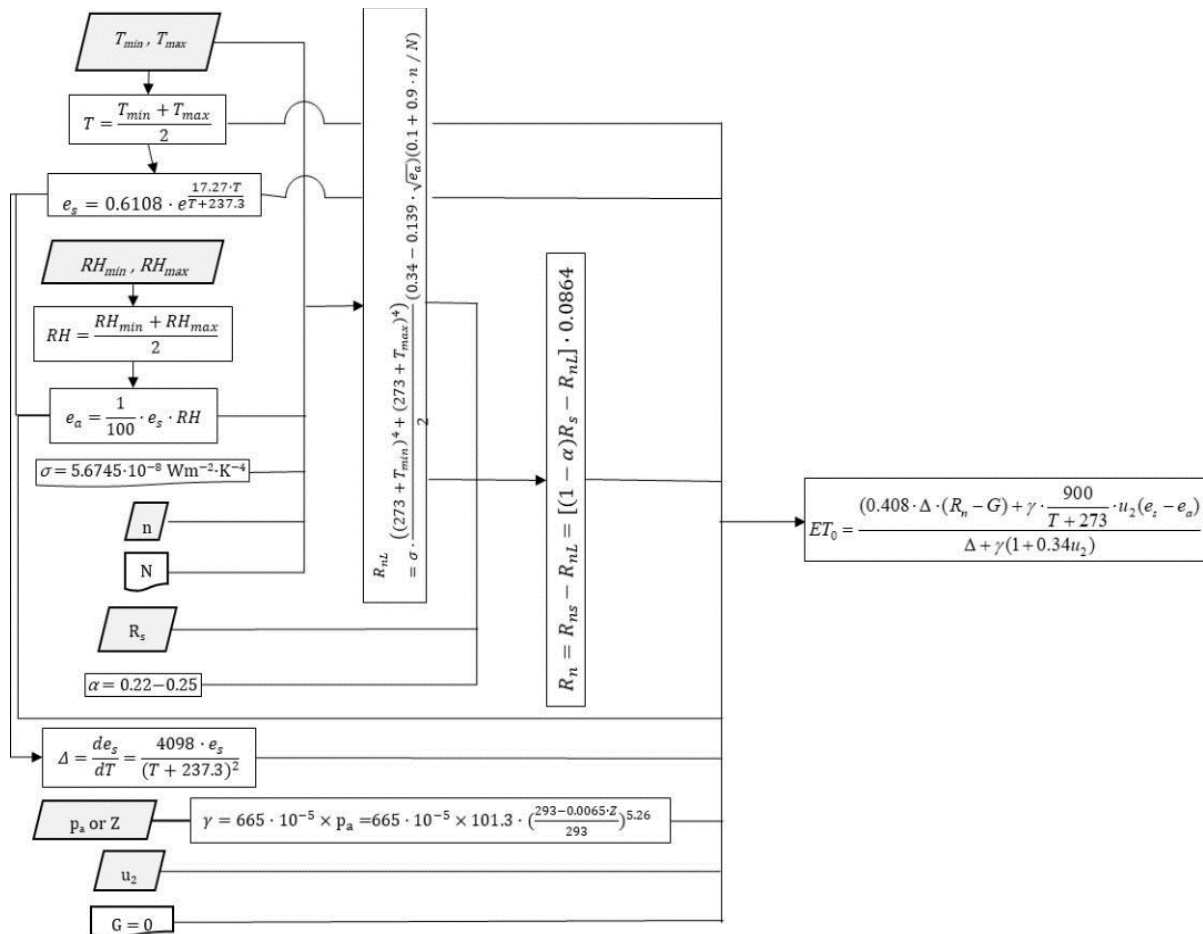


Figure 3: Algorithme de calcul des paramètres de l' ET_0

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Avec :

ET_0 : évapotranspiration de référence journalière (mm/jr) ;

R_n : rayonnement net à la surface de culture (M J/m²/jr) ;

G : flux de chaleur échangé avec le sol (M J/m/jr) ;

T : température moyenne journalière (°C) ;

U_2 : vitesse moyenne journalière du vent mesuré à 2 mètres (m/s) ;

$(e_s - e_a)$: déficit de pression de vapeur (kPa) ;

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante à la température T (kPa /°C) ;

γ : constante psychrométrique (kPa /°C) ;

900 : coefficient pour la culture de référence (kg K/ kJ) liées aux unités utilisées à la distribution de variables $\tilde{n}$, C_p et r_a ;

0,34 : coefficient de vent pour la culture de référence (kg K/ kJ) résultant du rapport r_s et r_a ,
0,408 inverse de $\tilde{e} = 2,45$ MJ/ kg.

3.7 Détermination de l'évapotranspiration maximale (ETM)

En vue d'établir un bilan hydrique quotidien, il a été mesuré simultanément sur sept (07) lysimètres l'irrigation (apport d'eau) et la percolation profonde (drainage). Ces lysimètres sont nommés comme suit : P1 ; P2 ; P3 ; P4 ; P5 ; P6 ; P7.

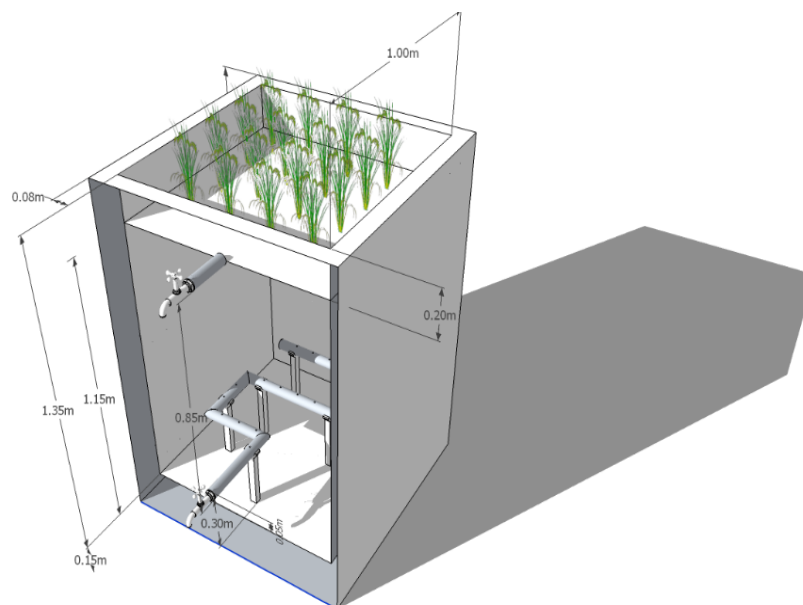


Figure 4: Lysimètre en béton équipé de tubes de drainage de surface et souterrain (Amadou KEÏTA et al, 2019)

Dans le contexte de la production agricole, le bilan hydrique vise principalement à déterminer les échanges entre l'atmosphère et le système sol-végétation dans un but d'évaluer les fluctuations des réserves d'eau disponibles pour les plantes.

Pour déterminer l'évapotranspiration d'un couvert végétal, la méthode la plus simple dans son principe est celle basée sur le bilan hydrique d'un système de dimensions finies appelé lysimètre ou évapotranspiromètre (Allen et al., 1991). Dans le cas le plus général, le bilan hydrique d'un tel système peut s'écrire :

$$(P + I) = R \pm D \pm \Delta s + ETM$$

(Où P représente les précipitations ; I, l'irrigation apportée à la plante ; R, les apports ou les pertes par ruissellement, négligés au niveau des lysimètres ; ETM, l'évapotranspiration maximale ; D, le drainage ou les remontés capillaires et Δs , la variation de stock de l'eau).

Un tel dispositif semble être le seul susceptible de permettre la mesure précise et continue du terme d'évaporation.

Dans notre cas, le stock d'eau est reconstitué de façon identique, permettant ainsi de supposer que la "variation du stock d'eau" du sol est négligeable. Se trouvant dans la période non

pluvieuse (saison sèche), la pluie et le ruissellement sont considérés comme nuls, ($P=0$ et $R=0$). D'où: $ETM = I - D$. Compte tenu du fait que les plantes couvrent une portion du sol, un facteur de réduction de la couverture végétale (K_r) est introduit.

Ainsi, $ETM_{loc} = k_r * ETM$

Avec, $K_r = 0,1\sqrt{GC}$ (Keller et Bliesner, 1990).

Equation 3: Formule d'évapotranspiration maximale localisée

$$ETM_{loc} = K_c * ET_0$$

3.8 Le taux de germination

3.8.1 Semence

Les graines de *Combretum micranthum* G. Don ont été récoltées le 21 décembre 1993 à Dara (Nouna) sur des semenciers sains et vigoureux.

Après l'extraction, les graines déjà séchées ont été mises dans des bouteilles et étiquetées avant d'être conservées à 4 °C dans un incubateur. A cette température le pouvoir germinatif de la plupart des graines, des espèces ligneuses tropicale, peuvent être conservé pendant longtemps (plus de 8 ans). Source : Centre National des Semences Forestières



Photo 10: Graines de *Combretum micranthum* G. Don

3.8.2 Germination

Un prétraitement des semences à l'eau froide a d'abord été réalisé le 24 septembre 2018. Il consiste à tremper 200 graines dans de l'eau froide puis les laisser pendant 24 h. Ce prétraitement a été effectué dans une proportion de 4 volumes d'eau pour 1 volume de graines. Après le prétraitement, le test a été réalisé dans des sachets en plastique servant de germoirs contenant comme substrat du sable. Le 25 septembre 2018, les graines ont été semées à une profondeur égale à 1 à 2 fois leur diamètre.

Les paramètres observés étaient la durée d'attente, la durée de germination et le nombre de graines germées. Le relevé de germination a été effectué pendant plus d'un mois en comptant systématiquement chaque jour les graines ayant germé pour calculer le taux de germination (TG). Ce dernier est défini comme le rapport entre le nombre de graines germées (N_{GG}) et le nombre de graines semées (N_{GS}) :

$$TG(\%) = \left(\frac{N_{GG}}{N_{GS}} \right) \times 100$$

La durée d'attente est définie comme le temps écoulé entre le semis et la première germination, et la durée de germination comme le délai entre la première et la dernière graine germée.

3.9 Etude des paramètres de croissance de la plante

Pour la plante, beaucoup de grandeurs importantes ont été mesurées.

Après germination des semences sur germoir, les plants ont été transférés et repiqués dans les lysimètres enveloppés de sacs pour limiter l'échauffement du béton.

Des paramètres relatifs à la croissance ont été mesurés, à savoir :

- la profondeur d'enracinement mesurée dans le bac témoin à l'aide du double décimètre ;
- le diamètre au collet ;
- la hauteur de tige ;
- le nombre de branches ;
- la surface foliaire ;
- le nombre de feuilles par plant ;
- la masse humide et sèche à la récolte ;
- la couverture du sol (GC).



Photo 12: Double décimètre



Photo 11: Pied à coulisse



Photo 10: Balance de précision KERN 440

Pour la surface foliaire, le papier calque millimétré a été utilisé pour déterminer les surfaces en centimètre carré. On dessine sur le papier calque le contour de la feuille et on compte le nombre de carrés contenus dans l'aire ainsi délimitée. Un double décimètre pour les mesures de hauteur et la profondeur d'enracinement, un pied à coulisse pour le diamètre au collet et la couverture végétale, et une balance (KERN 440) pour la mesure des masses ont été utilisés.

3.10 Détermination du coefficient cultural (K_c)

Connaissant l'évapotranspiration maximale localisée (ETM_{loc}) et l'évapotranspiration de référence (ET_0), le coefficient cultural (K_c) a été déterminé par la formule suivante : (Doorenbos et Pruitt, 1977).

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

IV. RESULTATS – DISCUSSIONS

L'expérimentation a permis d'obtenir des résultats qui soulèvent d'importantes remarques sur les paramètres recherchés.

4.1 Taux de matière organique

Tableau II: Taux de matière organique des lysimètres

Lysimètres	Matière organique (%)
P1	3,88
P2	4,32
P3	3,56
P4	4,03
P5	4,02
P6	4,35
P7	4,32
PT1	3,43
PT2	4,71
Moyenne	4,07 $\pm$ 0,32

Selon les résultats présentés dans le tableau (II) ci-dessus, le taux de matières organiques présent dans le sol est de 4,07%. Cette valeur a diminué de moitié après la dernière étude menée sur le dispositif par KABORE (2017). Ce résultat explique un besoin de matière organique pour le sol. Un ajout de 3 kg de fumier a été fait sur chaque bac afin de se rapprocher du taux de matière organique de 8% qui garantit une croissance normale des plantules selon KABORE (2017). En effet, la matière organique est une source de vie microbienne assurant la fonction biologique du sol pour une meilleure fertilité.

4.2 Mesure d'infiltration double anneaux de type muntz

Après les mesures effectuées sur chaque lysimètre, les données ont été traitées à l'aide du logiciel Minitab par application de la méthode des moindres carrés aux données de l'infiltration cumulée pour déterminer le Ksat. Le logiciel SPAW a été utilisé pour la détermination de la capacité au champ Θ_{FC} et du point de flétrissement Θ_{WP} .

Les résultats de la conductivité hydraulique sont dressés dans le tableau (IV) ci-dessous. Le coefficient de variation $C_v < 10\%$ montre que les lysimètres sont homogènes avec en moyenne une valeur de $26,56 \pm 2,18$ mm/h de la conductivité hydraulique à saturation (Ksat).

Tableau III: Valeurs conductivité hydraulique à saturation (Ksat)

Récapitulatif	
Lysimètres	Ksat (mm/h)
P1	24,56
P2	26,30
P3	27,38
P4	23,30
P5	26,43
P6	22,40
P7	27,31
PT1	31,15
PT2	30,17
Moyenne	26,56 $\pm$ 2,18
Coefficient de Variation	0,08

Cette valeur de Ksat nous a permis d'avoir l'humidité à la capacité au champ (thêta FC) et l'humidité au point de flétrissement (thêta WP) obtenus du traitement des données dans le logiciel Soil Water Characteristic. Les résultats sont consignés dans le tableau (V) suivant :

Tableau IV: Caractéristique du sol

Ksat (mm/h)	26,79
Θ_{FC} (%)	22,6
Θ_{WP} (%)	11,5

Par application de la formule avec les humidités caractéristiques déterminées, nous obtenons: **RU = 11,1 (%)** Soit 11,1 cm/m ou 111mm/m.

La connaissance de la conductivité hydraulique Ksat a permis d'identifier le type de sol et les différentes composantes qui la caractérisent à partir du logiciel Soil Water Characteristics.

Le mélange de terre est de type sablo-limoneux. Il est composé de 27% de limon, 16% d'argile, et 57% de sable. C'est une bonne structure qui permet l'aération et l'infiltration de l'eau et facilite également le travail du sol.

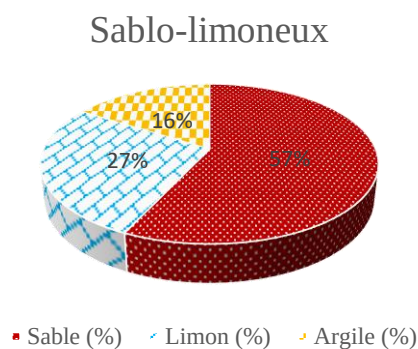


Figure 5: Structure du sol dans les lysimètres

4.3 Le pH du sol

Les valeurs de pH sont consignées dans le tableau (III) ci-dessous :

Tableau V: Valeurs du pH

Lysimètres	pH
P1	6,40
P2	7,11
P3	6,83
P4	6,97
P5	6,85
P6	7,08
P7	7,10
Moyenne	$6,91 \pm 0,3$
CV(%)	0,04

Nous avons un pH moyen de $6,91 \pm 0,3$. Notre sol est légèrement acide, il a besoin de plus d'éléments nutritifs pour maintenir un bon pH.

4.4 Evapotranspiration de référence (ET₀)

Les valeurs de l'ET₀ de la station *Alecto WS-5000* de Kamboinse sont consignées dans le tableau (XII) ci-dessous :

Tableau VI: Valeur d'ET₀ (mm/jr) Station météo Kamboinse (2018-2019)

Mois	ET ₀ (mm/jr)
Octobre	$4,92 \pm 0,5$
Novembre	$3,66 \pm 0,7$
Décembre	$3,35 \pm 0,5$
Janvier	$3,21 \pm 0,5$
Février	$3,35 \pm 0,5$
Mars	$3,27 \pm 0,9$
Avril	$3,79 \pm 0,9$

Les valeurs de l'ET₀ pour le mois d'Octobre est de $4,92 \pm 0,5$ mm/jr ; $3,66 \pm 0,7$ mm/jr pour le mois de Novembre; $3,35 \pm 0,5$ mm/jr pour le mois de Décembre; $3,21 \pm 0,3$ mm/jr pour le mois de Janvier; $3,35 \pm 0,5$ mm/jr pour le mois de Février; $3,27 \pm 0,9$ mm/jr pour le mois de Mars et $3,79 \pm 0,8$ mm/jr pour le mois d'Avril.

Selon Doorenbos et Pruitt (1975) le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration.

Le climat et les conditions atmosphériques sont donc des éléments de base indispensables à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible pour les couverts (Fleagle et Businger, 1980).

Tableau VII: Comparaison ET₀ (Station Ouagadougou et Station Kamboinse)

Mois	ET ₀ (mm/jr) Station Ouagadougou aéroport	ET ₀ (mm/jr) Station Kamboinse K4	Ecart relatif (%)
Octobre	4,8	4,92	0,02
Novembre	5,6	3,66	0,30
Décembre	5,8	3,35	0,38
Janvier	5,8	3,21	0,41
Février	6,3	3,35	0,43
Mars	6,5	3,27	0,47
Avril	6,3	3,79	0,35

En comparant l'ET₀ de Kamboinse et l'ET₀ de l'aéroport de Ouagadougou (tableau XIII), l'écart relatif du mois d'Octobre est (<2,5%) indique que la diffusion des résultats est petite, c'est-à-dire négligeable. Pour les autres mois, l'écart relatif (>2,5%) indiquent une variation significative des résultats. Cet écart est inférieure à 1%, alors les valeurs de ET₀ sont approximativement proches les unes des autres.

4.5 Evapotranspiration maximale (ETM)

Les valeurs de l'ETM et de l'ETMloc sont consignées dans la figure (10) suivant :

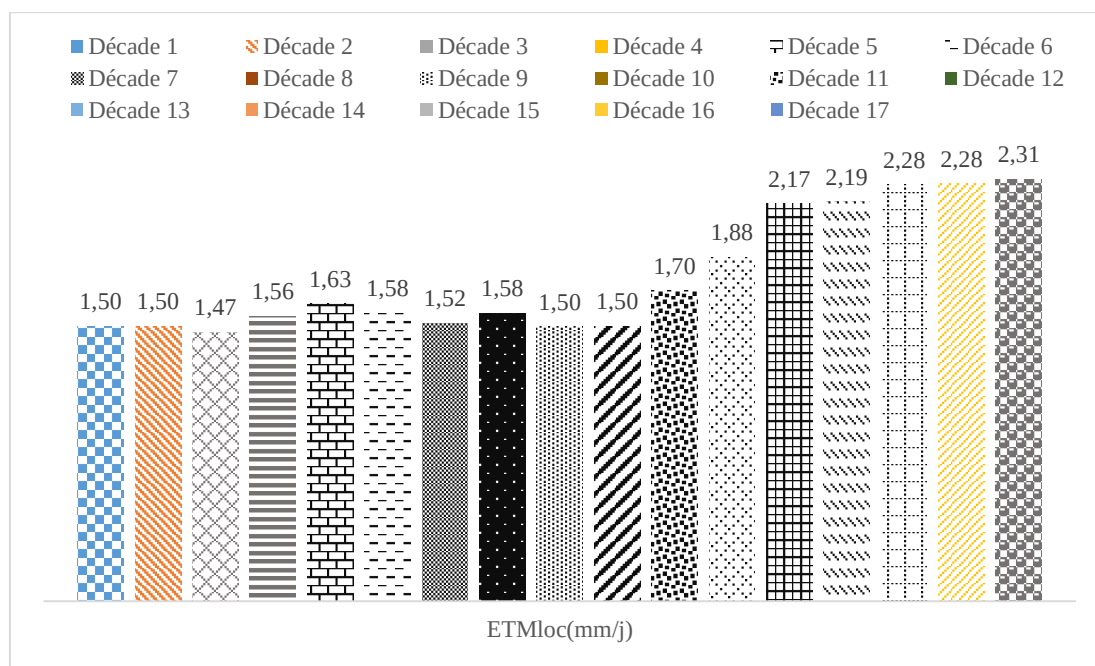


Figure 6: Valeurs de l'ETMloc

A partir du bilan hydrique, le calcul d'ETM et d'ETMloc a été évalué durant le 1^{er} cycle sur un temps de 10 jours (décade). Ainsi, 17 valeurs moyennes ont été obtenues. La plus grande valeur a été trouvée à la 17^{ème} décade avec $2,31 \pm 0,18$ (mm/jr). La plus petite valeur a été trouvée à la 3^{ème} décade $1,47 \pm 0,06$ (mm/jr).

Les résultats obtenus traduisent bien le comportement des besoins en eau de la plante à chaque décade. La plante n'a pas beaucoup de feuilles au moment du repiquage, ce qui explique que ses besoins en eau sont faibles. A partir de la 7^{ème} décade, ses besoins diminuent. Cette diminution est due à une faible demande de la plante due au climat. Les besoins augmentent à partir de la 12^{ème} décade (plus de chaleur).

Les paramètres du bilan hydrique ont été mesurés et non estimés sur le dispositif expérimental, ce qui permet de dire que les résultats obtenus présentent effectivement le comportement physique de la plante.

4.6 Les paramètres de croissances de *Combretum micranthum* G. Don

La photo suivante présente deux pieds de *Combretum micranthum* G. Don dans le lysimètre espacés de 50 cm.

Les différents paramètres à savoir la profondeur racinaire, le diamètre au collet, la hauteur de la plante et la couverture végétale ont été mesurés sur chaque lysimètre au même moment.



Photo 12: Deux pieds de *Combretum micranthum* G. Don dans le lysimètre

4.6.1 Taux de germination

Une semence a germé lorsqu'elle a donné une plantule (photo 16). C'est cette définition que nous adopterons parce qu'elle se prête mieux à nos objectifs à savoir l'identification des types de germination, l'étude des stades de croissance et de la morphologie des plantules.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau VIII: Résultat de la germination

Nombre de graines semées (unité)	200
Durée d'attente (jours)	8
Durée de germination (jours)	18
Nombre de graines germés (unité)	68
Taux de germination (%)	34



Photo 14: Début de la germination



Photo 13: Fin de la germination

Sur les 200 graines semées, 68 ont germé avec une durée d'attente de 8 jours. Quant à la durée de germination, elle était de 18 jours pour toutes les graines. Le *Combretum micranthum* G. Don a enregistré un taux de germination de 34%.

La valeur du taux de germination est inférieure à celle du CNSF (>80 %). Cette différence s'explique par l'âge des graines, probablement par le temps de conservation des graines. Les graines des Combretaceae sont généralement attaquées par des coléoptères (insectes) qui réduisent leur pouvoir germinatif.

4.6.2 Diamètre au collet

Le tableau (VII) ci-dessous montre les valeurs du diamètre au collet de *Combretum micranthum* G. Don dans les lysimètres à chaque mesure (M).

Tableau IX: Variation du diamètre au collet des plantes

Diamètre au collet (cm)					
Lysimètres	M1	M2	M3	M4	M5
Date de mesure	30-10-2018	17-12-2018	02-02-2019	09-03-2019	12-04-2019
P1	0,20	0,28	0,38	0,50	0,70
P2	0,20	0,29	0,35	0,51	0,58
P3	0,20	0,49	0,53	0,63	0,71
P4	0,20	0,25	0,29	0,33	0,54
P5	0,19	0,19	0,23	0,28	0,45
P6	0,20	0,27	0,28	0,34	0,44
P7	0,18	0,19	0,20	0,34	0,40

La figure (6) montre l'évolution du diamètre au collet de *Combretum micranthum* G. Don. Les résultats obtenus ne donnent pas de différences significatives ; il varie en moyenne de $2 \pm 0,1$ mm à $5,4 \pm 1,3$ mm.

En ce qui concerne la croissance du diamètre au collet, le *Combretum micranthum* G. Don révèle une croissance lente entre la 2^{ème} et la 3^{ème} mesure. La croissance s'avère très importante entre la 4^{ème} et la dernière mesure.

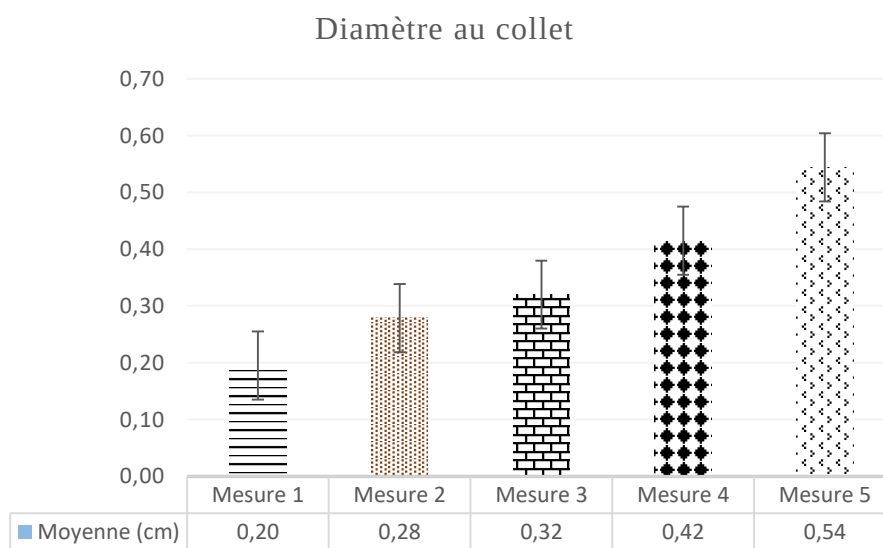


Figure 7: Evolution du diamètre au collet

4.6.3 Profondeur racinaire

Le *Combretum micranthum* G. Don présente des racines pivotantes (voir photo 17 et 18 ci-dessus). Ce sont des racines profondes avec un ancrage solide et peuvent accumuler des réserves de nourritures.



Photo 15: Racine de *Combretum micranthum* G. Don



Photo 15: Racine dans le sol (Lysimètre témoin)

La profondeur d'enracinement a été mesurée à cinq 5 reprises durant notre étude (figure 7) dans le lysimètre témoin. Pour mesurer cette profondeur, il a été creusé au pied de la racine puis on a mesuré avec le double décimètre. La profondeur moyenne est de $37,6 \pm 21,54$ cm. Elle évolue de $15,35 \pm 10,62$ cm. On constate que la racine de *Combretum micranthum* G. Don se développe plus vite que les feuilles. Les racines jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement et dans la production des plantes. C'est grâce à elles que se fait l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux. Les racines contribuent en particulier aux équilibres hormonaux qui contrôlent la croissance et le fonctionnement de la plante. Elles constituent également 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 (Chopart et Nicou, 1974). Par conséquent, la profondeur racinaire est fonction de la culture et varie en fonction du sol.

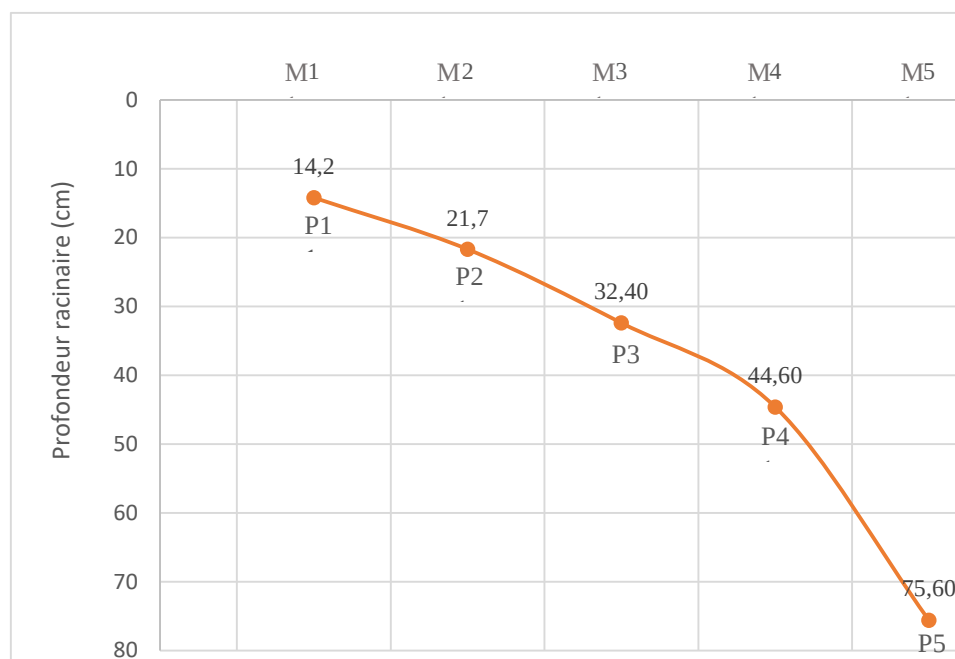


Figure 8: Evolution de la profondeur d'enracinement

4.6.4 Surface foliaire

Trois (3) feuilles ont été récoltées pour cette mesure (la plus petite, la moyenne et la plus grande). Nous avons consigné les valeurs moyennes dans le tableau (VIII) ci-dessous :

Tableau X: Valeurs de la surface foliaire

Lysimètres	Surface (cm ²)
P1	10,5
P2	10,5
P3	11,2
P4	11
P5	11,1
P6	6,9
P7	7,7
Moyenne	9,84 ± 1,77

Les résultats montrent des valeurs significatives avec une moyenne de $9,84 \pm 1,77$ cm² dans les lysimètres. Les feuilles de *Combretum micranthum* G. Don sont opposées et écailleuses en dessous.

4.6.5 Masse humide - masse sèche

Pour cette mesure, nous avons récolté trois (3) feuilles (la plus grande, la moyenne et la plus petite). La masse humide des feuilles a été mesurée à la récolte. Ces feuilles ont été séchées pendant 7 jours puis pesées à la balance.

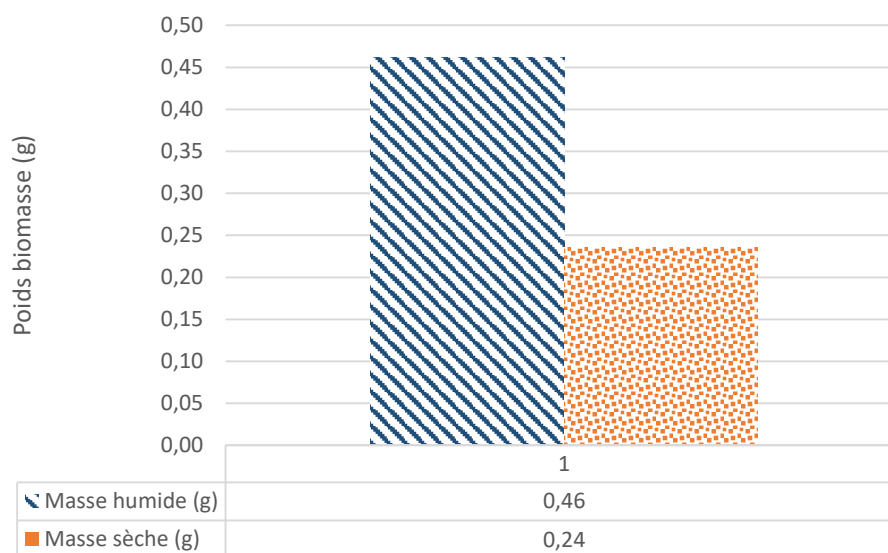


Figure 9: Quantité de masse humide et sèche

La quantité moyenne de la masse humide des trois (3) feuilles est de $0,46 \pm 0,19$ g et celle de la masse sèche est de $0,24 \pm 0,17$ g.

Ainsi, pour une surface moyenne de $9,84 \text{ cm}^2$ nous avons une masse humide de 0,46 g et une masse sèche de 0,24 g. Le pourcentage moyen de l'eau dans une feuille est de 48,80 %.

4.6.6 Couverture végétale du sol (GC)

Le Ground Cover (GC) est le pourcentage de l'ensemble des végétaux recouvrant le sol de manière permanente ou temporaire. Cette valeur a été calculée au même moment que les autres paramètres. Les résultats sont consignés dans le tableau (IX).

Tableau XI: Analyse descriptive du GC

Lysimètres	GC (%)
P1	7,84
P2	4,879
P3	9,2
P4	1,965
P5	5,77
P6	0,684
P7	0,532
Moyenne	$4,41 \pm 3,46$

Nous avons obtenu un taux moyen de $4,41 \pm 3,46\%$. Ainsi, nous pouvons calculer le Kr.

$$Kr = 0,10 \times \sqrt{GC(\%)} = 0,21$$

4.6.7 Les attributs de la croissance de *Combretum micranthum* G. Don

Il s'agit de la hauteur verticale (HV), du nombre de branches principales et secondaires (NBP et NBS) et le nombre de feuilles (NF). Les résultats sont consignés dans la figure (9) ci-dessous

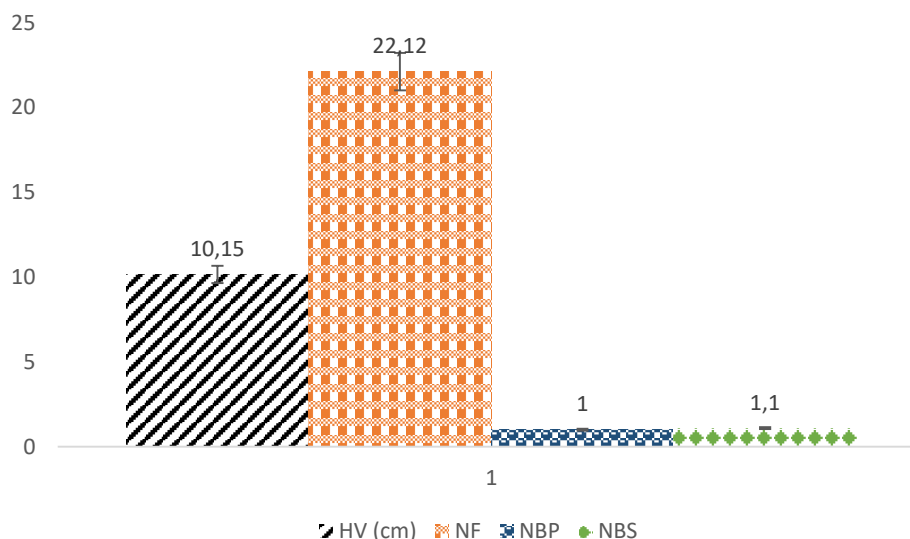


Figure 10: Attributs de croissance de *Combretum micranthum* G. Don

La hauteur verticale moyenne de *Combretum micranthum* G. Don est d'environ $10,15 \pm 2,90$ cm. Le nombre de branches principales sur chaque plante est de $1 \pm 0,00$ et le nombre de branches secondaires est de $1,1 \pm 0,85$. Le nombre de feuilles par plante est en moyenne 22 ± 15 .

D'après les analyses descriptives effectuées sur Minitab (Voir annexe 2) :

- Pour la hauteur verticale moyenne, 25% des valeurs sont inférieurs à 7,93 cm et 75% sont supérieurs à 12,35 cm. La moitié des données est inférieure à 11,1 cm et l'autre moitié est supérieure à cette valeur avec un maximum de 13,05 cm et un minimum de 6,66 cm.
- Pour le nombre de feuille moyenne, 25% des valeurs sont inférieurs à 11 et 75% sont supérieurs à 65. La moitié des données est inférieure à 21 et l'autre moitié est supérieure à cette valeur avec un maximum de 39 et un minimum de 6.
- Pour le nombre de branche secondaire moyenne, 25% des valeurs sont inférieurs à 1 et 75% sont supérieurs à 2. La moitié des données est inférieure à 2 et l'autre moitié est supérieure à cette valeur avec un maximum de 1 et un minimum de 2.

a. Comparaison des moyennes : Test d'ANOVA

En formulant comme hypothèses :

Hypothèse nulle H_0 : toutes les moyennes sont égales

Hypothèse alternative H_a : toutes les moyennes ne sont pas égales

Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

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

Attributs de Croissance	Hauteur verticale	Nombre de feuilles	Nombre de branche secondaire
P-value	0,001	0,007	0,044
Hypothèse retenue	H_a	H_a	H_a

La P-value calculée pour la hauteur verticale, le nombre de feuilles et le nombre de branches secondaires est inférieur au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Ainsi, il y a des différences significatives en termes des attributs de croissance sur les lysimètres. Cette différence peut s'expliquer par la qualité des semences, la taille et l'état de chaque plant au moment du repiquage, la position des lysimètres par rapport au soleil, etc.

b. Comparaison des médianes : Test de *Kruskal-Wallis*

En considérant les hypothèses suivantes :

Hypothèse nulle H_0 : toutes les médianes sont égales

Hypothèse alternative H_a : toutes les médianes ne sont pas égales

Le seuil de signification $\alpha = 0,05$

Le test de *Kruskal-Wallis* présente le résultat suivant :

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

Attributs de Croissance	Hauteur verticale	Nombre de feuilles	Nombre de branche secondaire
P-value	0,008	0,019	0,094
Hypothèse retenue	H_a	H_a	H_a

La P-value calculée pour chaque attribut de croissance est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Ainsi, il y a des différences significatives en termes de hauteur, de nombre de feuilles et de nombre de branches secondaires sur les lysimètres. Les lysimètres ne sont pas homogènes en matière d'attributs de croissance.

4.7 Coefficient cultural Kc de *Combretum micranthum* G. Don

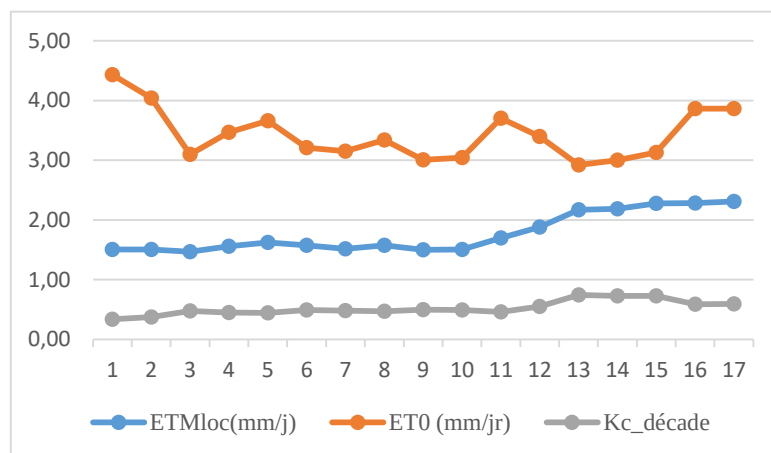


Figure 11: Variation de Kc, ETMloc et ET₀ par décade

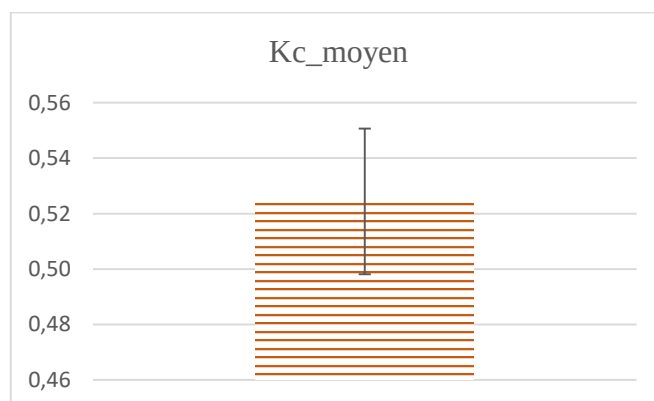


Figure 12: Kc de *Combretum micranthum* G. Don

Sur la figure (11), le Kc varie légèrement. Cela est due au fait que les besoins en eau de la plante sont liés au stade d'évolution, par conséquent, son coefficient cultural évolue en fonction de sa demande en eau et du climat.

Le coefficient cultural (Kc) de la phase initiale est de $0,52 \pm 0,09$. Cette valeur avoisine le Kc des plantes suivantes :

- Le *Chrysantellum Indicum* DC (0,5)

En comparant ces résultats, nous pouvons dire que les valeurs de Kc varient d'une plante à une autre et aussi en fonction des conditions climatiques.

La force du calcul de Kc réside du fait que l'ETM et l'ET₀ utilisées, sont deux paramètres entièrement mesurés et non estimés sur le site expérimental.

V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'objectif général de notre étude, qui est de contribuer à la préservation des espèces forestières les plus importantes à travers la détermination des coefficients cultureux et des paramètres de croissance de *Combretum micranthum* G. Don a été atteint. Le sol dans les lysimètres est de type sablo-limoneux. Cependant il présente un taux de matière organique faible avec une légère acidité, ce qui a nécessité l'ajout de 3 kg de fumure organique pour se rapprocher de la valeur idéale proches de 8%. Cette structure a permis l'aération du sol et facilité l'infiltration de l'eau et le travail du sol. L'âge des graines utilisées a joué sur le taux de germination qui est de 34% pour les 200 graines semées avec une durée d'attente de huit (8) jours et une durée de germination de dix-huit (18) jours. Le coefficient cultural pour la phase initiale est de $0,52 \pm 0,09$. Les autres phases de croissance n'ont pu être déterminées pour faute de temps. Ainsi pour la 1^{ère} phase, la hauteur verticale moyenne de *Combretum micranthum* G. Don est environ $10,15 \pm 2,90$ cm et le nombre de feuilles par plant est en moyenne 22 ± 15 avec un diamètre au collet qui varie de $2 \pm 0,1$ mm à $5,4 \pm 1,3$. La profondeur racinaire mesurée est de $37,6 \pm 21,54$ cm pour une surface foliaire moyenne de $9,84 \pm 1,77$ cm². Il ressort de cette étude que le cycle initial est de 167 jours et une durée de 33 jours en pépinières est nécessaire avant repiquage. Ces résultats obtenus permettront de contribuer au développement de cette plante. Du point de vue de son importance, elle pourra désormais être produite en toute saison sous irrigation.

Par ailleurs, à travers cette étude, nous avons pu caractériser une des espèces médicinales qui sont en danger d'exploitation abusive pour la flore tropicale.

A l'heure actuelle, tout le monde devrait être averti de la fragilité, et de la vulnérabilité des plantes médicinales qui doivent être manipulés avec précaution et beaucoup de prudence.

VI. RECOMMANDATIONS

Il est donc indispensable de continuer les études pour favoriser la meilleure promotion des plantes ligneuses, améliorer leur rendements aussi bien pour l'homme que pour l'équilibre environnemental déjà précaire. Nous recommandons de :

- ✓ Poursuivre cette investigation afin de connaître le Kc des autres phases de *Combretum micranthum* G. Don ;
- ✓ Mener cette étude en pleine saison pluvieuse afin de voir si les coefficients cultureux Kc et la biomasse sont sensiblement différents ;
- ✓ Faire des études similaires pour les autres plantes ligneuses ;
- ✓ Utiliser des appareils pour déterminer les humidités relatives du sol et la surface foliaire des plantes.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, NF EN 13039 décembre 2011. Amendements du sol et support de culture- Détermination de la matière organique et des cendres.
- Allen RG, Pruitt WO (1991). FAO-24 reference evapotranspiration factors. *J Irrig and Drain Engrg*, ASCE 117 (5) : 758-773.
- Agbahungba G., Sokpon N. et Gandé-Gaoué O., 1998. *Situation Des Ressources Génétiques Forestières Du Bénin*, 36p.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* No. 56, FAO.
- Allen, R.G., M. Smith, L.S. Pereira and A. Perrier, 1994. *An update for the calculation of reference evapotranspiration*. ICID Bull., 43: 35-92.
- Amadou Keïta, Dial Niang et Lassina Sanou, 2019. Producing *Chrysanthellum indicum* DC. (1836) on organic amended soil in dry-season: *crop coefficient Kc and growing stages determination*
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. (2004) A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14, 1-16.
- Benoit Duchemin., 1998. Introduction Au Calcul Des Besoins En Eau et de L'évapotranspiration de Cultures Selon La Méthode FAO Allen et Al. 98. IRD/UCAM, 62p
- Brower, L.P., W.H. Calvert, L.E. Hedrick, & J. Christian. 1986. *Biological observations on an overwintering colony of monarch butterflies* (*Danaus plexippus* L., *Danidae*) in Mexico. *Journal of the Lepidopterists' Society* 31: 232–242.
- Côme D., 1970. *Les obstacles à la germination*. Paris Masson & Cie.
- Doorenbos J, Pruitt WO (1976). Les Besoins en Eau des Cultures. *Bull FAO Irrig et Drain*, 24.
- Doorenbos J, Pruitt WO (1977) Guidelines for predicting crop water requirements. FAO, Rome, Irrig. Drain. Paper No. 24, p 144 (revised version of the 1975 editioner
- FAO. 2004. La Contribution Du Secteur Forestier Aux Économies Nationales: *Tendances et Situation Actuelle*, 159p.
- Gaméné CS. 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.
- International Seed Testing Association (ISTA).2015. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 13:299-355.
- Keïta A. (2015). Subsurface Drainage of Valley Bottom Irrigated Rice Schemes in Tropical Savannah: *Case Studies of Tiefora and Moussodougou in Burkina Faso*, 224p.
- Keller J., Bliesner R.D. (1990): *Sprinkle and Trickle Irrigation*. AVI Book. Van Nostrand Reinhold, New York.

Mathews P., 2005. Design of Experiments with MINITAB. William A. Tony, 521p.

[17] OCDE (2012), Agricultural Policies in Viet Nam, Éditions OCDE, Paris,
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264235151-en>.

PANA, 2007, Programme D'action national d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques au Burkina –Faso.

Perrier A (1988). Bilan hydrique et énergétique : consommation en eau des cultures *In : Etudes sur les transferts d'eau dans le système sol-plante-atmosphère*, Calvet (ed), Inra, Paris, 247-258.

THIOMBIANO, A. (2005). Les Combretaceae du Burkina Faso: taxonomie, écologie, systématique et régénération des espèces. Thèse de doctorat. Université de Ouagadougou.

Quyou, A (2003) - Mise au point d'une base de données sur les plantes médicinales. *Exemple d'utilisation pratique de cette base*. Thèse de Doct. Univ. Ibn Tofail. Fac. Sci. Kénitra, Maroc. 110 p.

Sacandé et al. (2012). Guide d'identification des arbres au Burkina-Faso. CNSF, 180-191.

Somé NA. (1996). Les systèmes écologiques post-cultureux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : *structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques*. Thèse de doctorat. Paris : Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 212 p.

Tabuti JRS, Lye KA, Dhillon SS (2003). Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: Plants, use and administration. *J. Ethnopharmacol.* 88:19–44.

Tiercelin J.R. al (2006). Bases conceptuelles de l'analyse des besoins. Dans *Traité d'irrigation*. Lavoisier. Paris. 147-162p.

Tuzet, A., Perrier, A, 1998. III. Les besoins en eau des cultures : analyse et application.

- **Cours 2iE consultés :**

Pr Hamma Yacouba, 2014. Bioclimatologie : *Le climat et les besoins en eau des plantes*.

Keita A., 2016. Design and Analysis of Experiments and Surveys -V 1.4 – 2015.2iE Courses for MSc and PhD. International Institute for Water and Environmental Engineering. Ouagadougou, Burkina Faso, 179p.

Keita A., 2009a. Broad Area Irrigation: *Pivot and Lateral Move Systems V1.18*, 2iE, 156p.

Keita A., 2009b. Irrigation Par Aspersión V2.18, 2iE, 180p.

- **Sites internet consultés :**

https://www.youtube.com/channel/UCF7hJV29Mnjd7ka8JrR_hYA

[www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_\(PROTA\)](http://www.uses.planet-project.org/fr/Combretum_micranthum_(PROTA))

<https://books.google.com/books?id=ccpmAgAAQBAJ&lpg=PA88&ots=Y4PZYToXYb&dq=des%20essais%20pharmacologiques%20confirmant%20...%20micranthum&hl=fr&pg=PA88#v=onepage&q&f=false>

ANNEXES :

Annexe 1: Définitions de quelques paramètres.....	I
Annexe 2 : Détermination de la conductivité hydraulique à saturation k_{sat}	IX
Annexe 3 : Résultats mesures des paramètres de croissance de la plante.....	XII
Annexe 4: Tests statistiques et leurs conditions d'utilisation.....	XIV
Annexe 5 : Résultats ETM - ETMloc – K_c	XX

Annexe 1: Définitions de quelques paramètres

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région. Selon Doorenbos et Pruitt (1975) le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

1. Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures ?

Connaître la valeur des besoins en eau des cultures est à la base de :

- Projet d'irrigation : conception des réseaux d'irrigation (calcul du débit de dimensionnement des ouvrages) ;
- Gestion des réseaux d'irrigation : prévision à court terme (programmation des apports d'eau), pilotage des irrigations ;
- Planification de l'utilisation des ressources hydrauliques : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

2. Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

D'après Doorenbos et Pruitt (1975) l'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit se faire en se fondant sur le calcul de l'évapotranspiration maximale et de la pluie efficace (P_e).

a. Besoin en eau d'irrigation

Le besoin d'irrigation, noté (BI) est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle.

Pour arriver à calculer les besoins d'irrigation il faut connaître d'abord les besoins en eau maximums des cultures (ETM).

b. Besoin en eau de culture (ETM)

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ETM) qui est une valeur ponctuelle liée à l' ET_0 qui est relative à une région par un coefficient cultural, donnée par la formule de base de l'approche climatique :

$$ETM = k_c \times ET_0$$

ETM : évapotranspiration maximale d'une culture (mm/jr) ;

k_c : coefficient cultural ;

ET_0 : évapotranspiration de référence (mm/jr).

c. Evapotranspiration de référence ET_0

L' ET_0 est considérée comme une donnée climatique, ne dépend que des conditions atmosphériques, de l'énergie disponible à la surface évaporant et la résistance aérodynamique de couvert végétal. Il existe des méthodes expérimentales pour la mesure directe de l' ET_0 , basées sur le bilan hydrique, le bilan d'énergie et la méthode lysimétrique. Devant la difficulté de la mise en place de ces dispositifs, différentes formules avec des degrés d'empirisme variables ont été développées depuis ces 50 dernières années pour estimer indirectement cette grandeur à partir de données climatiques. Elles sont classées en 4 groupes selon les paramètres utilisés, 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, ❖ Blaney-Criddle (1950),	❖ FAO-Radiation, ❖ Christiansen-Hargreaves (1969), ❖ Christiansen-Samani (1985).	❖ Ivanov (1954), ❖ Eagleman (1967), - FAO Class A.

Selon Allen et al (1994) cité « in traité d'irrigation » (1998), on définit l' ET_0 comme « l'évapotranspiration d'un couvert végétal "hypothétique" de référence ayant une hauteur de 12 cm, une résistance du couvert de 70 s/m et un albédo de 23 %.

➤ Formule de FAO Penman – Monteith

La formule de Penman-Monteith se distingue parmi les différentes formules par son origine théorique dérivée du bilan de flux énergétique à la surface de couvert végétal, dans un souci de normalisation, la FAO, à travers son groupe d'experts opérants dans différents contextes climatiques, a adapté la formule de Penman-Monteith aux conditions d'un couvert de gazon et propose la formule dérivée comme la nouvelle définition de l'évapotranspiration de référence. L'évapotranspiration de référence peut s'écrire selon la formule (Allen et al, 1994):

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Avec :

ET_0 : évapotranspiration de référence journalière (mm/jr),

R_n : rayonnement net à la surface de culture (M J/m²/j),

G : flux de chaleur échangé avec le sol (M J/m²/j),

T : température moyenne journalière (°C),

U_2 : vitesse moyenne journalière du vent mesuré à 2 mètres (m/s),

e_s et e_a : respectivement la pression de vapeur saturante et la pression réelle de l'air à la même hauteur (kPa),

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante à la température T (kPa /°C),

γ : constante psychrométrique (kPa /°C),

900 coefficient pour la culture de référence (kg K/ kJ) liées aux unités utilisées à la distribution de variables $\tilde{n}$, c_p et r_a ,

0,34 : coefficient de vent pour la culture de référence (kg K/ kJ) résultant du rapport r_s / r_a , 0,408 inverse de $\tilde{e} = 2,45$ MJ/ kg.

d. Evapotranspiration maximale d'une culture ETM

L'évapotranspiration maximale ETM est la somme de l'évaporation et de la transpiration. L'évaporation directe provenant de la rosée, la pluie est déposée sur les plantes (feuilles) et la transpiration est l'eau qui sort des pores des feuilles provenant de l'intérieur du sol, de l'intérieur des racines.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif, dans des conditions climatiques données, prise en compte par l' ET_p ou encore ET_0 . C'est une correction de l' ET_p en fonction du couvert végétal. $ETM = K_c \times ET_p$, K_c étant le coefficient cultural.

Pour déterminer le coefficient cultural, Christian de Pescara propose la méthode suivante : il faut conduire la culture à l'ETM que l'on peut déterminer par un appareil calculant au-dessus de la parcelle l' ET_p ou par un lysimètre. Alors nous avons $ET_{r\ max} = ETM$ et nous calculons : $K_c = ET_{r\ max} / ET_p$. Ainsi nous pouvons calibrer les coefficients culturaux K_c . (Tiercelin, J.R et Vidal, A. 2006) .

e. Coefficients culturaux (K_c)

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET_0), il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation de sol (Allen et al, 1998).

Par ailleurs, le coefficient cultural K_c regroupe les réponses de la surface en termes d'évaporation et de transpiration.

Le coefficient cultural rend compte des effets des différences du couvert par rapport à la surface de référence en termes de Hauteur, d'Albédo et de Résistance Stomatique.

La valeur du coefficient cultural dépend ainsi :

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

Les facteurs qui influent sur la valeur de k_c sont : 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. (Benoît DUCHEMIN.1998)

Pour 1 cycle de culture, 4 phases (Initiale, Croissance, Maturité, Sénescence) et 03 valeurs 'limites' de Coefficients Cultureaux: K_{cINI} --> K_{cMID} --> K_{cEND} .

4 phases pour un cycle de culture :

- Initiale: du semis à un taux de couverture de 10% et une multiplication de branches.
 $K_c = K_{cINI}$, 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).

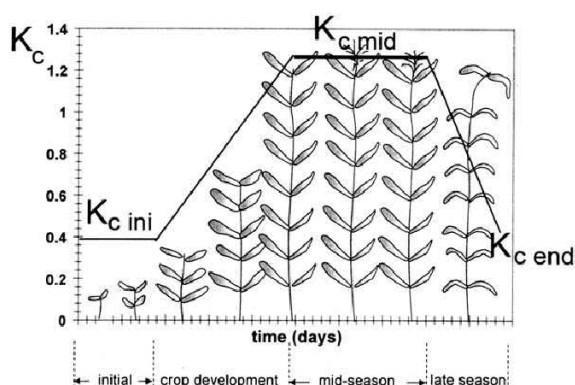


Figure: Courbe de coefficients culturaux et définition des phases

La courbe de k_c sur l'ensemble de la période de croissance a été présentée initialement par Doorenbos et Pruitt (1975). Elle permet de distinguer les 3 valeurs de k_c (initial, mi- saison, et d'arrière-saison). Les valeurs les plus élevées du k_c sont observées au printemps et en automne, lorsque le sol est encore humide. Les valeurs les plus basses sont notées en été (Allen et al, 1998 in traité d'irrigation).

En choisissant le K_c approprié pour une culture donnée et pour chaque mois du cycle végétatif, il faut tenir compte du rythme de son développement, l'époque de plantation ou de semis, les conditions climatiques notamment le vent et l'humidité.

Selon Tuzet et Perrier (1998) (in traité d'irrigation), le K_c varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture et seulement un 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 K_c déterminés expérimentalement dans la région elle-même.

Tableau : K_c de quelques cultures (Brouwer *et al.*, 1986)

Culture	$K_{c\text{ ini}}$	$K_{c\text{ mid}}$	$K_{c\text{ end}}$
Chrysanthellum afro-americanum	0,5	0,9	1,4
Arbre fruitiers a 20% de couverture	0,5	0,45	0,55
Légumes cucurbitacée	0,5	1	0,8
Olivier	0,5	0,7	0,5
Asperges	0,5	0,95	0,3

Ce tableau ci-dessus donne les valeurs moyennes du coefficient cultural à différents stades pour quelques cultures. En réalité, le coefficient cultural dépend aussi du climat et particulièrement de l'humidité relative et surtout de la vitesse du vent. Les valeurs indiquées dans le tableau doivent être réduites de 5 % si l'humidité relative est supérieure à 80 % et si le vent est calme ($U < 2$ m/s) et doivent être augmentées de 5 % si l'humidité relative est inférieure à 50 % et si la vitesse du vent est supérieure à 5 m/s (Brouwer *et al.*, 1986) .

f. Paramètres de croissance

La croissance végétale, d'une plante est l'ensemble des changements quantitatifs irréversibles de la plante qui se produisent au cours du temps (FAO 2004). Elle comprend :

- la multiplication des cellules ;
- l'allongement des entrenœuds et des racines ;
- la ramification ;

- la multiplication et la croissance des feuilles ;
- la floraison
- la naissance de fruits

➤ Date des mesures effectuées

Périodes	Dates
Prétraitement	24-sept-2018
Mise en semence	25-sept-2018
Repiquage	27-oct-2018
Mesure 1	30-oct-2018
Mesure 2	17-déc-2018
Mesure 3	02-févr-2019
Mesure 4	09-mars-2019
Mesure 5	12-avr-2019

➤ 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)

➤ La germination des semences

La germination est 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 (Somé, 1991). La complexité des 07 phénomènes qui ont lieu lors de l'entrée en activité d'une semence rend assez difficile la notion de germination (Somé, 1991). 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 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 - 8 - manuelle, le décortilage, l'ébouillantage, la cuisson, le trempage à l'alcool, le trempage à l'acide sulfurique etc.

Annexe 2 : Détermination de la conductivité hydraulique à saturation ksat

Une régression non linéaire a été utilisée avec l'équation : (Cas du lysimètre P1)

$$h_{mm} = ksat * 't_h' + (1 / b) * (i0 - ksat) * (1 - \exp(-b * 't_h'))$$

Méthode

Algorithme Gauss-Newton

Itérations maximales 200

Tolérance 0,00001

Valeurs initiales des paramètres

Paramètre	Valeur
ksat	1
b	1
i0	1

Equation

$$h_{mm} = 24,558 * 't_h' + (1 / 2,13525) * (435,803 - 24,558) * (1 - \exp(-2,13525 * 't_h'))$$

Estimations des paramètres

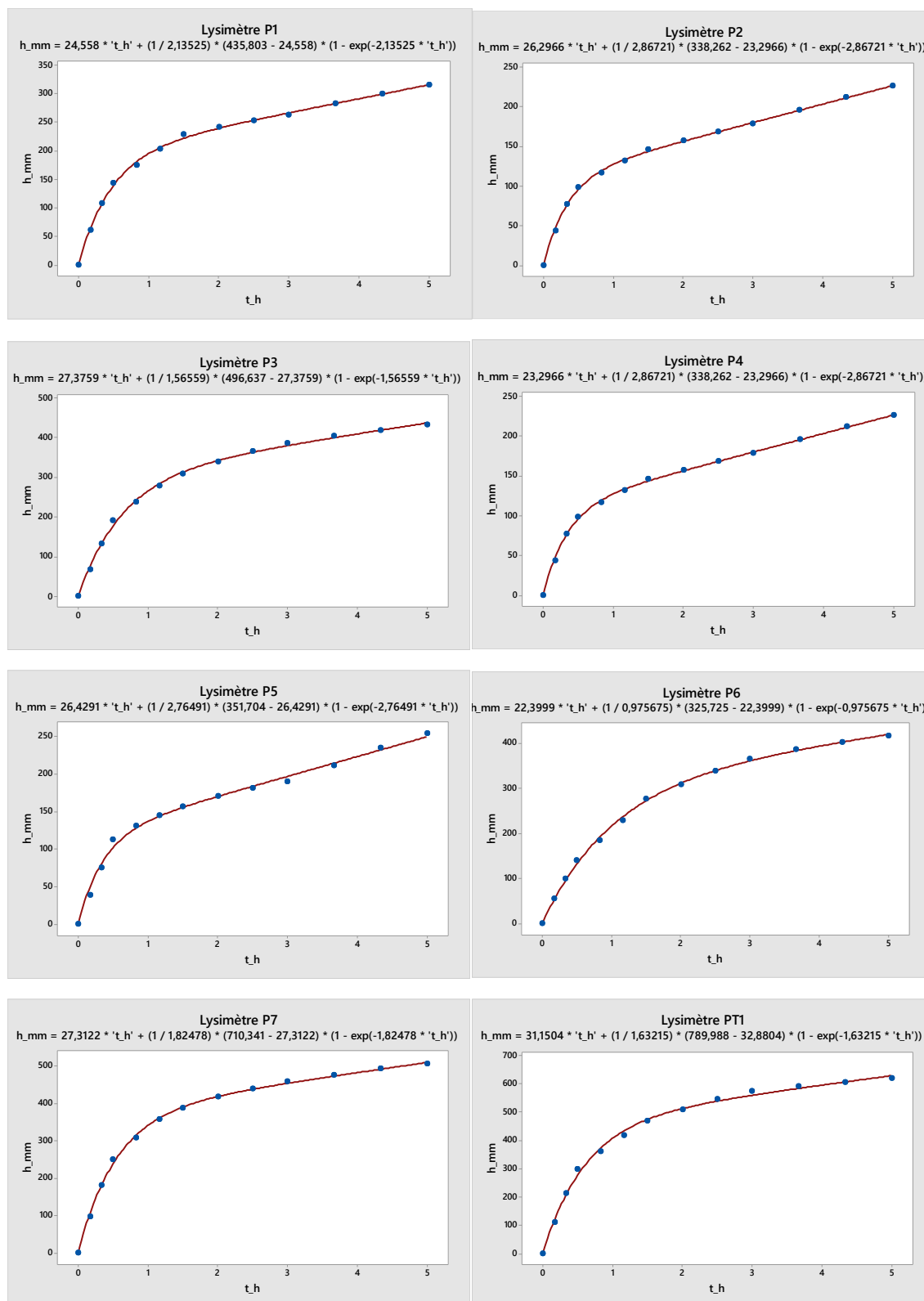
Paramètre	Estimation	Estimation SE
ksat	24,558	1,2823
b	2,135	0,1037
i0	435,803	13,8425

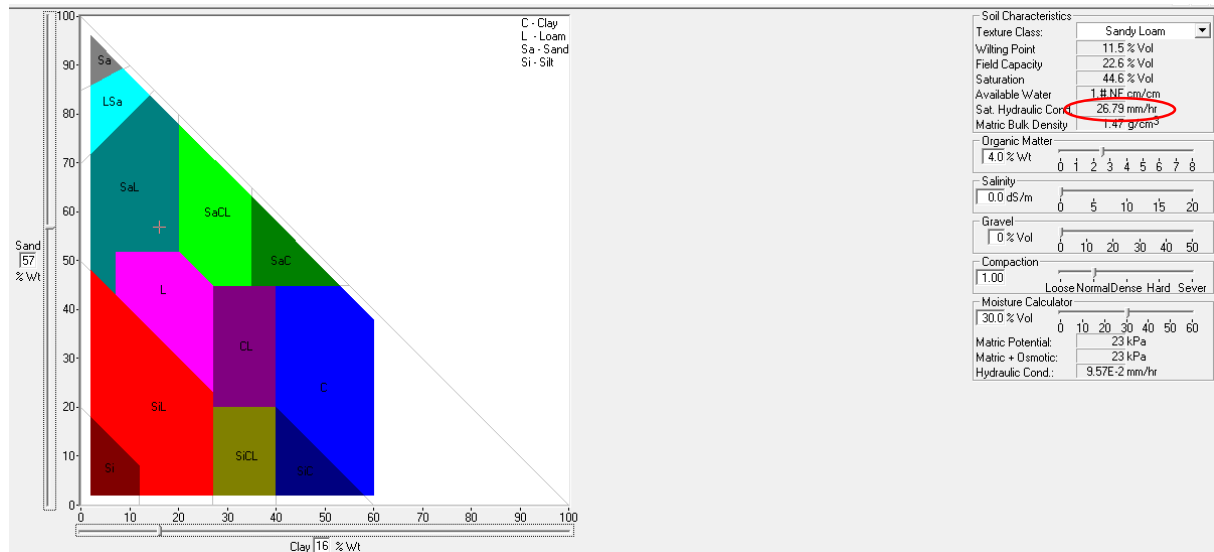
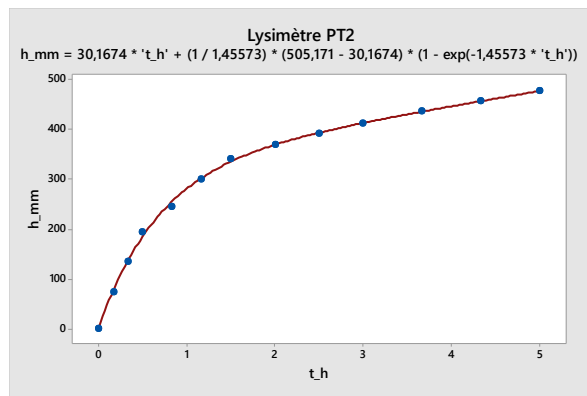
$$h_{mm} = ksat * 't_h' + (1 / b) * (i0 - ksat) * (1 - \exp(-b * 't_h'))$$

Récapitulatif

Itérations	7
SCE finale	126,493
DLE	10
CA MOY ERR	12,6493
S	3,55659

Les droites d'ajustement des mesures sont représentées ci-dessous avec h_{mm} en fonction de t_h .





Caractéristiques du sol (Logiciel Soil Water Characteristics)

Annexe 3: Résultats mesures des paramètres de croissance de la plante

- Mesures

Hauteur verticale des plantes (cm)					
Date de mesure	30/10/2018	17/12/2018	02/02/2018	09/03/2018	12/04/2018
P1	7,15	7,95	10,00	11,55	13,48
P2	7,05	11,65	13,35	14,85	16,83
P3	7,85	12,90	18,55	19,08	20,73
P4	6,84	8,95	10,00	10,20	12,15
P5	6,45	7,35	9,10	9,30	11,10
P6	6,05	9,20	10,15	10,25	10,45
P7	5,25	6,35	6,58	6,60	6,60

Nombre de feuilles					
Date de mesure	30/10/2018	17/12/2018	02/02/2018	09/03/2018	12/04/2018
P1	10,50	25,00	30,00	50,50	57,50
P2	9,00	20,00	22,50	21,50	45,00
P3	9,50	26,50	43,50	61,50	85,50
P4	11,00	19,50	24,00	15,00	23,00
P5	8,50	16,00	19,50	0,00	10,05
P6	9,50	19,00	19,00	0,00	10,00
P7	10,00	19,50	22,50	0,00	0,00

Nombre de branches primaires					
Date de mesure	30/10/2018	17/12/2018	02/02/2018	09/03/2018	12/04/2018
P1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Nombre de branches secondaires					
Date de mesure	30/10/2018	17/12/2018	02/02/2018	09/03/2018	12/04/2018
P1	0,00	1,50	2,00	2,50	2,50
P2	0,00	0,00	1,50	1,50	3,00
P3	0,00	2,50	3,00	0,00	3,00
P4	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P6	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50
P7	0,00	2,00	2,00	2,00	2,00

- Analyses descriptives

Statistiques descriptives: de la hauteur (cm)										
Variable	Total	Moyenne	EcTyp	Variance	VarCoeff	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum
P1	5	10,03	2,59	6,7	25,82	7,15	7,55	10	12,51	13,48
P2	5	12,75	3,71	13,77	29,11	7,05	9,35	13,35	15,84	16,83
P3	5	15,82	5,34	28,54	33,77	7,85	10,38	18,55	19,9	20,73
P4	5	9,628	1,94	3,765	20,15	6,84	7,895	10	11,175	12,15
P5	5	8,66	1,814	3,289	20,94	6,45	6,9	9,1	10,2	11,1
P6	5	9,22	1,836	3,372	19,92	6,05	7,625	10,15	10,35	10,45
P7	5	6,275	0,583	0,339	9,28	5,25	5,8	6,575	6,6	6,6
Moyenne	5,00	10,34	2,54	8,54	22,71	6,66	7,93	11,10	12,37	13,05
Statistiques descriptives: du nombre de feuille										
Variable	Total	Moyenne	EcTyp	Variance	VarCoeff	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum
P1	5	34,7	19,18	367,82	55,27	10,5	17,75	30	54	57,5
P2	5	23,6	13,13	172,42	55,64	9	14,5	21,5	33,75	45
P3	5	45,3	29,7	879,2	65,46	9,5	18	43,5	73,5	85,5
P4	5	18,5	5,48	30	29,61	11	13	19,5	23,5	24
P5	5	10,81	7,5	56,31	69,41	0	4,25	10,05	17,75	19,5
P6	5	11,5	7,92	62,75	68,88	0	4,75	10	19	19
P7	5	10,4	10,56	111,43	101,5	0	0	10	21	22,5
Moyenne	5,00	22,12	13,35	239,99	63,68	5,71	10,32	20,65	34,64	39,00
Statistiques descriptives: Nombre de branche principale										
Variable	Total	Moyenne	EcTyp	Variance	VarCoeff	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum
P1	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P2	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P3	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P4	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P5	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P6	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
P7	5	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Moyenne	5,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Statistiques descriptives: Nombre de branche secondaire										
Variable	Total	Moyenne	EcTyp	Variance	VarCoeff	Minimum	Q1	Médiane	Q3	Maximum
P1	5	1,7	1,037	1,075	60,99	0	0,75	2	2,5	2,5
P2	5	1,2	1,255	1,575	104,58	0	0	1,5	2,25	3
P3	5	1,7	1,565	2,45	92,07	0	0	2,5	3	3
P4	5	0,3	0,447	0,2	149,07	0	0	0	0,75	1
P5	5	0	0	0	*	0	0	0	0	0
P6	5	1,2	0,671	0,45	55,9	0	0,75	1,5	1,5	1,5
P7	5	1,6	0,894	0,8	55,9	0	1	2	2	2
Moyenne	5,00	1,10	0,84	0,94	86,42	0,00	0,36	1,36	1,71	1,86

Annexe 4 : Tests statistiques et leurs conditions d'utilisation

❖ ANOVA et ses conditions d'utilisation

Bien qu'ANOVA se définisse comme une analyse des variances, elle 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, la procédure d'ANOVA 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 2009). Si toutes les conditions de la limite centrale sont réunies, tous les échantillons proviennent d'une même population (Montgomery 2008; Matthews 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 2009;

Montgomery

2008; Mathews 2005) :

- ❖ Les populations échantillonnées suivent une distribution normale ;
- ❖ Les populations échantillonnées sont homoscédastiques (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 car il implique peu de calculs, est facile à rapporter et est assez populaire (Paul G. Mathews 2005).

❖ Les tests non-paramétriques et leurs conditions d'application

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, exigent 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, nous avons fait recours au test de Mann-Whitney entre chaque paire de médianes (Rumsey 2009).

Ainsi pour chaque paramètre de croissance, un test bien approprié a été choisi.

➤ Test statistiques-ANOVA : Hauteur verticale des plantes

ANOVA à un facteur contrôlé : P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales

Hypothèse alternative Toutes les moyennes ne sont pas égales

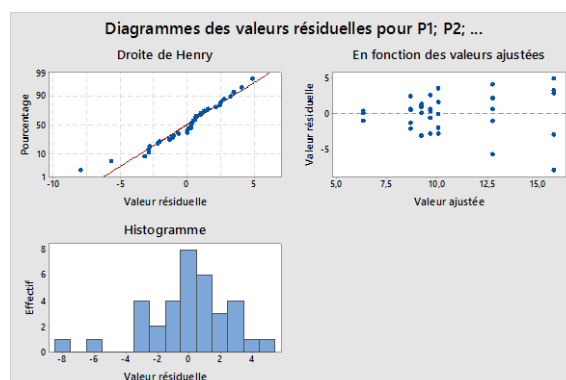
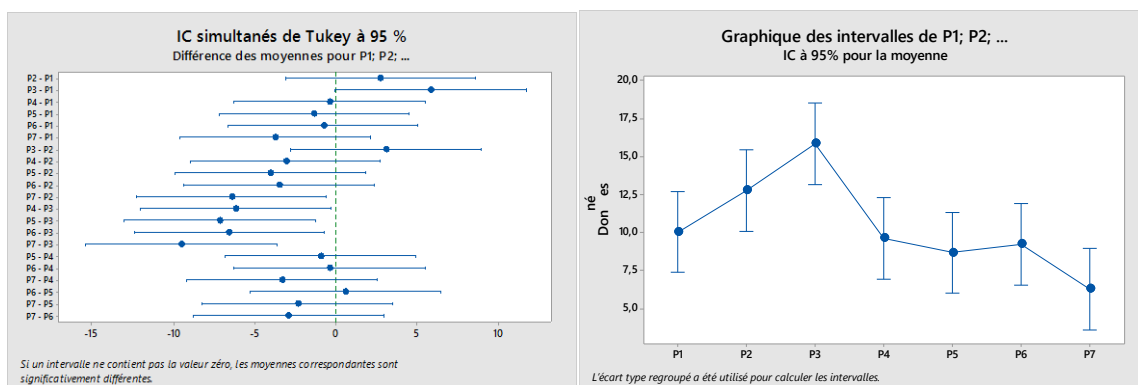
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

IC simultanés de Tukey à 95 %

Graphique des intervalles de P1; P2; ...

Diagrammes des valeurs résiduelles pour P1; P2; ...



➤ Test statistiques-ANOVA : Nombre de feuilles

ANOVA à un facteur contrôlé : P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales

Hypothèse alternative Toutes les moyennes ne sont pas égales

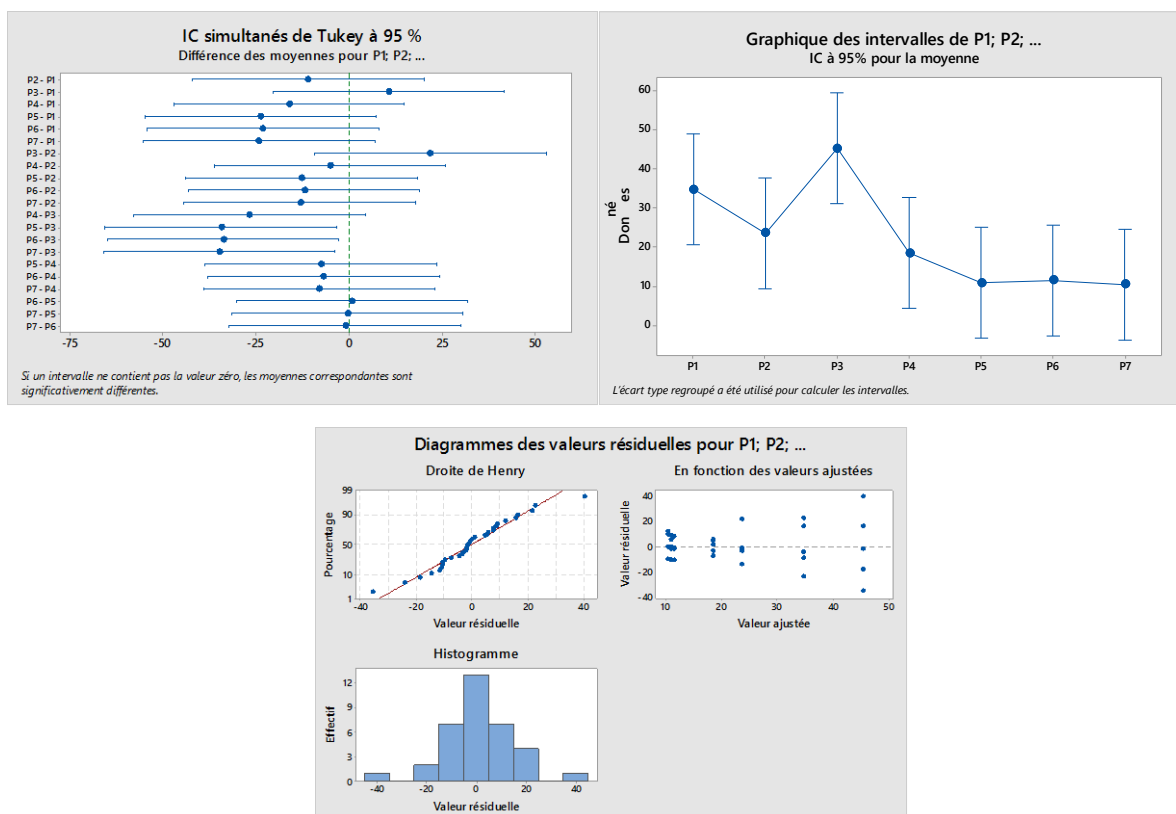
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

IC simultanés de Tukey à 95 %

Graphique des intervalles de P1; P2; ...

Diagrammes des valeurs résiduelles pour P1; P2; ...



➤ Test statistiques-ANOVA : Nombre de branches secondaires

ANOVA à un facteur contrôlé : P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales

Hypothèse alternative Toutes les moyennes ne sont pas égales

Seuil de signification $\alpha = 0,05$

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
P3	5	1,700	A

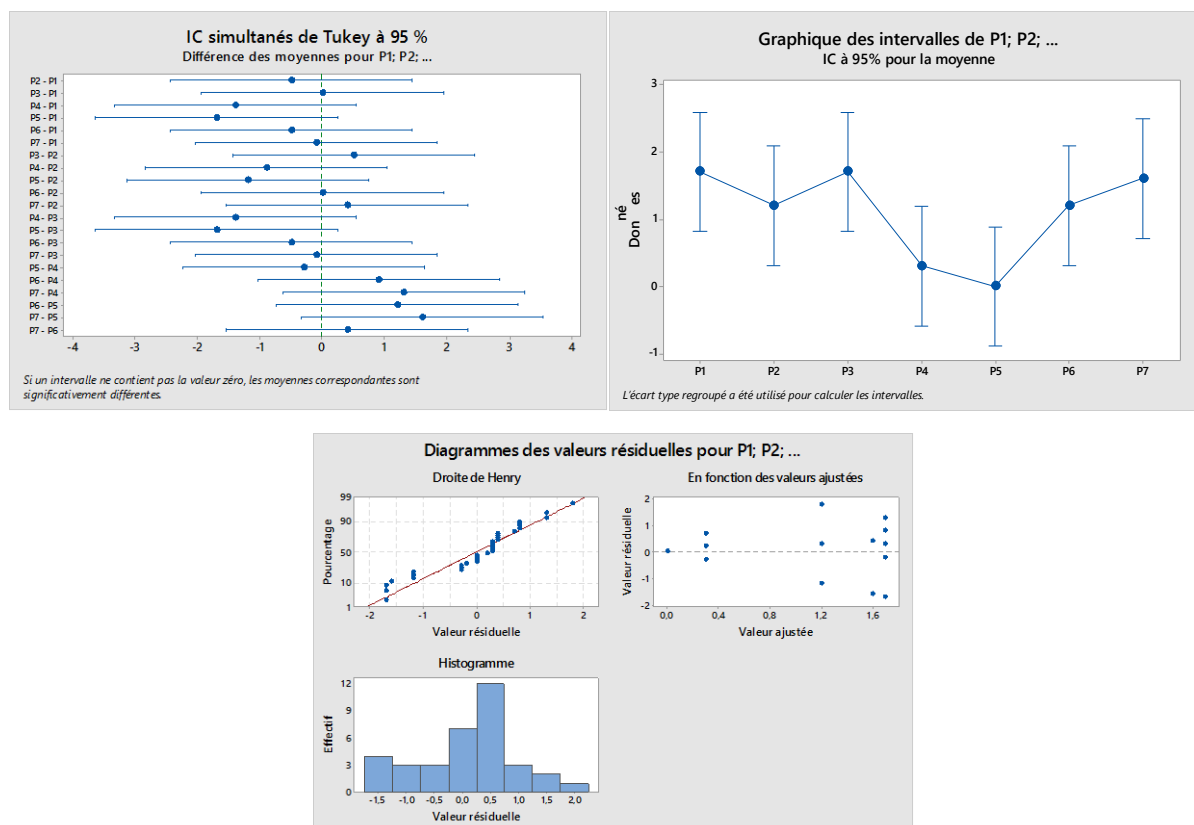
P1	5	1,700	A
P7	5	1,600	A
P6	5	1,200	A
P2	5	1,200	A
P4	5	0,300	A
P5	5	0,000000	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

IC simultanés de Tukey à 95 %

Graphique des intervalles de P1; P2; ...

Diagrammes des valeurs résiduelles pour P1; P2; ...



➤ Test de Kruskal-Wallis : Hauteur verticale (cm) en fonction des Lysimètres

Lysimètre	N	Médiane	Rang de moyenne	Valeur de Z
P1	5	10,000	19,3	0,31
P2	5	13,350	25,4	1,74
P3	5	18,550	28,4	2,45
P4	5	10,000	17,7	-0,07

P5	5	9,100	14,2	-0,90
P6	5	10,150	16,6	-0,33
P7	5	6,575	4,4	-3,21
Global	35		18,0	

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	6	17,43	0,008
Ajusté pour les nombres de même grandeur	6	17,44	0,008

➤ Test de Kruskal-Wallis : Nombre de feuilles en fonction des lysimètres

Lysimètre	N	Médiane	Rang de moyenne	Valeur de Z
P1	5	30,00	26,6	2,03
P2	5	21,50	20,7	0,64
P3	5	43,50	26,9	2,10
P4	5	19,50	19,4	0,33
P5	5	10,05	10,5	-1,77
P6	5	10,00	10,5	-1,77
P7	5	10,00	11,4	-1,56
Global	35		18,0	

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	6	15,17	0,019
Ajusté pour les nombres de même grandeur	6	15,20	0,019

➤ Test de Kruskal-Wallis : Nombre de branches secondaires en fonction de lysimètres

Lysimètre	N	Médiane	Rang de moyenne	Valeur de Z
P1	5	2,0	23,6	1,32
P2	5	1,5	18,4	0,09
P3	5	2,5	23,0	1,18
P4	5	0,0	11,4	-1,56
P5	5	0,0	8,0	-2,36
P6	5	1,5	18,4	0,09
P7	5	2,0	23,2	1,23
Global	35		18,0	

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	6	10,82	0,094
Ajusté pour les nombres de même grandeur	6	11,90	0,064

Annexe 5 : Résultats ETM - ETMloc – Kc

Les valeurs de l'ETM sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Dates	Opération	U	Lysimètres							Moy
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
27/10/2018	Arrosage	mm	45,00	40,00	45,00	46,00	45,00	50,00	50,00	143,31
30/10/2018	Drainage	mm	8,1	11,10	11,90	10,30	14,20	17,50	12,30	
	ETR		36,90	28,90	33,10	35,70	30,80	32,50	37,70	
03/11/2018	Arrosage	mm	40,00	40,00	45,00	45,00	40,00	45,00	40,00	
	Drainage	mm	12,5	12,90	15,10	15,10	12,15	17,30	13,20	
	ETR		27,50	27,10	29,90	29,90	27,85	27,70	26,80	
07/11/2018	Arrosage	mm	45,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	
	Drainage	mm	14,10	12,30	13,40	12,60	13,50	13,80	12,10	
	ETR		30,90	27,70	26,60	27,40	26,50	26,20	27,90	
11/11/2018	Arrosage	mm	50,00	40,00	35,00	45,00	45,00	40,00	40,00	
	Drainage	mm	16,80	16,05	13,30	18,20	18,95	11,10	11,90	
	ETR		33,20	23,95	21,70	26,80	26,05	28,90	28,10	
15/11/2018	Arrosage	mm	45,00	40,00	40,00	40,00	50,00	40,00	40,00	
	Drainage	mm	17,20	12,50	10,80	14,30	18,80	16,05	16,45	
	ETR		27,80	27,50	29,20	25,70	31,20	23,95	23,55	
ETM	mm/10jrs		156,30	135,15	140,50	145,50	142,40	139,25	144,05	143,31
	mm/jr		7,82	6,76	7,03	7,28	7,12	6,96	7,20	7,17
15/11/2018	Arrosage	mm	40,00	35,00	45,00	30,00	35,00	30,00	40,00	70,02
19/11/2018	Drainage	mm	16,90	13,00	17,90	11,80	14,80	13,30	13,20	
	ETR		23,10	22,00	27,10	18,20	20,20	16,70	26,80	
23/11/2018	Arrosage	mm	40,00	40,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	
	Drainage	mm	15	16	16,08	17	19,6	16,1	10,15	
	ETR		25,00	24,00	23,92	28,00	25,40	23,90	19,85	
25/11/2018	Arrosage	mm	35	35	35	35	40	40	40	
	Drainage	mm	12,1	11,6	12,8	13,5	14,2	15,2	14,6	
	ETR		22,90	23,40	22,20	21,50	25,80	24,80	25,40	
ETM	mm/10jrs		71,00	69,40	73,22	67,70	71,40	65,40	72,05	70,02
	mm/jr		7,10	6,94	7,32	6,77	7,14	6,54	7,21	7,00
25/11/2018	Arrosage	mm	30	30	30	30	32	30	30	143,31
27/11/2018	Drainage	mm	13,8	14,8	13	13,1	14	15	17,5	
	ETR		16,20	15,20	17,00	16,90	18,00	15,00	12,50	
29/11/2018	Arrosage	mm	25,00	30,00	35,00	35,00	35,00	25,00	30,00	
	Drainage	mm	10,90	13,60	17,00	15,60	15,80	13,10	12,20	
	ETR		14,10	16,40	18,00	19,40	19,20	11,90	17,80	
01/12/2018	Arrosage	mm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	11,20	7,65	9,05	7,10	7,00	5,90	6,70	
	ETR		8,80	12,35	10,95	12,90	13,00	14,10	13,30	
03/12/2018	Arrosage	mm	25,00	20,00	30,00	20,00	25,00	20,00	20,00	

	Drainage	mm	7,1	7,1	8	6,8	7,1	6,9	8,1	
	ETR		17,90	12,90	22,00	13,20	17,90	13,10	11,90	
05/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	20	
	Drainage	mm	7,2	5,8	8,5	4,1	5,1	6,2	5,7	
	ETR		12,80	14,20	11,50	15,90	14,90	13,80	14,30	
ETM	mm/10jrs		69,80	71,05	79,45	78,30	83,00	67,90	69,80	74,19
	mm/jr		6,98	7,11	7,95	7,83	8,30	6,79	6,98	7,42
05/12/2018	Arrosage	mm	20	20	20	20	20	20	20	
07/12/2018	Drainage	mm	8,00	6,00	4,60	7,50	8,40	3,80	4,80	
	ETR		12,00	14,00	15,40	12,50	11,60	16,20	15,20	
09/12/2018	Arrosage	mm	20,00	20,00	20,00	30,00	20,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	7,20	5,80	7,20	10,20	7,00	6,50	5,20	
	ETR		12,80	14,20	12,80	19,80	13,00	13,50	14,80	
11/12/2018	Arrosage	mm	30,00	20,00	30,00	25,00	30,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	10,30	7,10	30,00	7,40	11,10	7,10	10,90	
	ETR		19,70	12,90	0,00	17,60	18,90	12,90	9,10	
13/12/2018	Arrosage	mm	30,00	30,00	30,00	30,00	25,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	12,1	10,9	10,2	12,2	7,3	12,3	8,1	
	ETR		17,90	19,10	19,80	17,80	17,70	17,70	21,90	
15/12/2018	Arrosage	mm	30	35	25	20	30	25	30	
	Drainage	mm	12,5	13,6	11,2	12,5	7,5	8,8	7,7	
	ETR		17,50	21,40	13,80	7,50	22,50	16,20	22,30	
ETM	mm/10jrs		79,90	81,60	61,80	75,20	83,70	76,50	83,30	77,43
	mm/jr		7,99	8,16	6,18	7,52	8,37	7,65	8,33	7,74
15/12/2018	Arrosage	mm	30,00	25,00	30,00	30,00	30,00	30,00	20,00	
17/12/2018	Drainage	mm	16,80	10,80	12,20	10,20	19,00	11,90	13,80	
	ETR		13,20	14,20	17,80	19,80	11,00	18,10	6,20	
19/12/2018	Arrosage	mm	25	25	30	30	25	30	30	
	Drainage	mm	12,6	11,8	14,1	10,6	13,1	16,8	17,1	
	ETR		12,40	13,20	15,90	19,40	11,90	13,20	12,90	
21/12/2018	Arrosage	mm	25	25	30	25	20	25	30	
	Drainage	mm	9,9	13,3	19,8	9,7	10,1	9,8	13,5	
	ETR		15,10	11,70	10,20	15,30	9,90	15,20	16,50	
23/12/2018	Arrosage	mm	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	19,80	9,60	17,35	14,35	10,80	10,30	10,65	
	ETR		20,20	20,40	12,65	15,65	19,20	19,70	19,35	
25/12/2018	Arrosage	mm	30,00	35,00	25,00	25,00	25,00	35,00	30,00	
	Drainage	mm	19,05	18,5	14,2	11,9	9,05	14,05	12,5	
	ETR		10,95	16,50	10,80	13,10	15,95	20,95	17,50	
ETM	mm/10jrs		71,85	76,00	67,35	83,25	67,95	87,15	72,45	75,14
	mm/jr		7,19	7,60	6,74	8,33	6,80	8,72	7,25	7,51
25/12/2018	Arrosage	mm	40	25	35	40	25	40	30	

27/12/2018	Drainage	mm	18,3	10,1	12,3	19,8	8,3	20,4	10,9	
	ETR		21,70	14,90	22,70	20,20	16,70	19,60	19,10	
29/12/2018	Arrosage	mm	40,00	30,00	30,00	25,00	20,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	15,10	9,30	13,00	7,10	8,90	8,10	8,00	
	ETR		24,90	20,70	17,00	17,90	11,10	11,90	12,00	
31/12/2018	Arrosage	mm	30,00	25,00	25,00	35,00	20,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	14,6	12,2	13,6	12,2	9,1	9,6	11,8	
	ETR		15,40	12,80	11,40	22,80	10,90	10,40	8,20	
02/01/2019	Arrosage	mm	30	25	25	20	20	20	30	
	Drainage	mm	13	17,8	13,6	11	9,95	9,7	13,2	
	ETR		17,00	7,20	11,40	9,00	10,05	10,30	16,80	
04/01/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	20,00	30,00	25,00	25,00	25,00	
	Drainage	mm	13,40	17,30	6,20	16,50	18,00	11,30	10,00	
	ETR		11,60	7,70	13,80	13,50	7,00	13,70	15,00	
ETM	mm/10jrs		90,60	63,30	76,30	83,40	55,75	65,90	71,10	72,34
	mm/jr		9,06	6,33	7,63	8,34	5,58	6,59	7,11	7,23
04/01/2019	Arrosage	mm	25,00	30,00	22,00	25,00	30,00	25,00	25,00	
06/01/2019	Drainage	mm	12,85	14,65	9,15	12,1	11,2	9,95	10,9	
	ETR		12,15	15,35	12,85	12,90	18,80	15,05	14,10	
08/01/2019	Arrosage	mm	25	25	25	25	30	25	30	
	Drainage	mm	12	10,7	8,55	10,2	11,8	6,95	12,2	
	ETR		13,00	14,30	16,45	14,80	18,20	18,05	17,80	
10/01/2019	Arrosage	mm	20,00	25,00	30,00	30,00	25,00	30,00	25,00	
	Drainage	mm	10,70	13,20	11,20	10,70	11,75	11,50	9,70	
	ETR		9,30	11,80	18,80	19,30	13,25	18,50	15,30	
12/01/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	30,00	30,00	25,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	10,1	12,05	10,45	12,3	12,3	11,2	15,1	
	ETR		14,90	12,95	19,55	17,70	12,70	18,80	14,90	
14/01/2019	Arrosage	mm	20	20	20	30	25	30	25	
	Drainage	mm	6,9	8,5	9,2	12,6	11,5	14,2	13,2	
	ETR		13,10	11,50	10,80	17,40	13,50	15,80	11,80	
ETM	mm/10jrs		62,45	65,90	78,45	82,10	76,45	86,20	73,90	75,06
	mm/jr		6,25	6,59	7,85	8,21	7,65	8,62	7,39	7,51
14/01/2019	Arrosage	mm	30,00	25,00	20,00	40,00	25,00	25,00	25,00	
16/01/2019	Drainage	mm	11,90	13,10	10,90	18,80	10,10	9,60	10,80	
	ETR		18,10	11,90	9,10	21,20	14,90	15,40	14,20	
18/01/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
	Drainage	mm	11,8	8,5	11,4	12,5	11	12,3	11,9	
	ETR		13,20	16,50	13,60	12,50	14,00	12,70	13,10	
20/01/2019	Arrosage	mm	20	20	30	30	20	35	20	
	Drainage	mm	7,8	8,4	12,5	19,4	9,94	21,5	9,2	
	ETR		12,20	11,60	17,50	10,60	10,06	13,50	10,80	

22/01/2019	Arrosage	mm	40,00	30,00	25,00	30,00	30,00	35,00	30,00	
	Drainage	mm	14,60	16,15	11,50	12,90	18,30	15,60	11,20	
	ETR		25,40	13,85	13,50	17,10	11,70	19,40	18,80	
24/01/2019	Arrosage	mm	25,00	20,00	25,00	20,00	40,00	20,00	30,00	
	Drainage	mm	14	12	12,9	8,95	12	12	14,6	
	ETR		11,00	8,00	12,10	11,05	28,00	8,00	15,40	
ETM	mm/10jrs		79,90	61,85	65,80	72,45	78,66	69,00	72,30	71,42
	mm/jr		7,99	6,19	6,58	7,25	7,87	6,90	7,23	7,14
24/01/2019	Arrosage	mm	35	25	35	25	30	20	30	
26/01/2019	Drainage	mm	14	10,9	23	14,8	13,7	13,6	14,9	
	ETR		21,00	14,10	12,00	10,20	16,30	6,40	15,10	
28/01/2019	Arrosage	mm	30,00	30,00	35,00	25,00	30,00	35,00	30,00	
	Drainage	mm	14,80	13,00	17,00	11,20	18,00	15,00	14,00	
	ETR		15,20	17,00	18,00	13,80	12,00	20,00	16,00	
30/01/2019	Arrosage	mm	40,00	30,00	35,00	30,00	30,00	40,00	25,00	
	Drainage	mm	23,5	17,2	17	14,99	17,1	23,9	15,85	
	ETR		16,50	12,80	18,00	15,01	12,90	16,10	9,15	
01/02/2019	Arrosage	mm	30	25	25	25	25	20	25	
	Drainage	mm	14,2	10,95	11	11,2	12,2	6,4	12,6	
	ETR		15,80	14,05	14,00	13,80	12,80	13,60	12,40	
03/02/2019	Arrosage	mm	30,00	22,00	28,00	35,00	25,00	25,00	42,00	
	Drainage	mm	14,45	14,95	12,80	16,60	13,90	13,80	23,00	
	ETR		15,55	7,05	15,20	18,40	11,10	11,20	19,00	
ETM	mm/10jrs		84,05	65,00	77,20	71,21	65,10	67,30	71,65	71,64
	mm/jr		8,41	6,50	7,72	7,12	6,51	6,73	7,17	7,16
03/02/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	35,00	35,00	35,00	20,00	20,00	
05/02/2019	Drainage	mm	11,3	11,95	19,3	19,9	16,9	11,6	12,7	
	ETR		13,70	13,05	15,70	15,10	18,10	8,40	7,30	
07/02/2019	Arrosage	mm	25	25	40	45	25	25	25	
	Drainage	mm	9,5	11,2	16	19,6	9,9	13,7	11,7	
	ETR		15,50	13,80	24,00	25,40	15,10	11,30	13,30	
09/02/2019	Arrosage	mm	30,00	25,00	45,00	20,00	30,00	30,00	45,00	
	Drainage	mm	14,50	14,00	18,00	10,00	13,00	12,80	26,20	
	ETR		15,50	11,00	27,00	10,00	17,00	17,20	18,80	
11/02/2019	Arrosage	mm	35,00	30,00	35,00	25,00	25,00	30,00	25,00	
	Drainage	mm	15	14,8	25	13,1	12,8	15,3	8	
	ETR		20,00	15,20	10,00	11,90	12,20	14,70	17,00	
13/02/2019	Arrosage	mm	30	35	25	30	40	40	30	
	Drainage	mm	13,5	12,5	9,9	9,95	15	15,5	15	
	ETR		16,50	22,50	15,10	20,05	25,00	24,50	15,00	
ETM	mm/10jrs		81,20	75,55	91,80	82,45	87,40	76,10	71,40	80,84
	mm/jr		8,12	7,56	9,18	8,25	8,74	7,61	7,14	8,08

13/02/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	35,00	
15/02/2019	Drainage	mm	11,15	14,60	8,10	9,10	11,20	13,20	16,60	
	ETR		13,85	10,40	16,90	15,90	13,80	11,80	18,40	
17/02/2019	Arrosage	mm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	10,5	10,1	11	9,8	13,5	7,9	15,7	
	ETR		14,50	14,90	14,00	15,20	11,50	22,10	14,30	
19/02/2019	Arrosage	mm	30	30	25	30	30	30	25	
	Drainage	mm	12	12,5	11,8	13,95	14	14,5	14	
	ETR		18,00	17,50	13,20	16,05	16,00	15,50	11,00	
21/02/2019	Arrosage	mm	25	25	25	20	35	20	25	
	Drainage	mm	8,9	6,9	7,7	8,2	19	6,8	7,1	
	ETR		16,10	18,10	17,30	11,80	16,00	13,20	17,90	
23/02/2019	Arrosage	mm	45,00	45,00	50,00	50,00	40,00	40,00	40,00	
	Drainage	mm	14,00	15,00	17,00	17,10	14,90	15,00	15,00	
	ETR		31,00	30,00	33,00	32,90	25,10	25,00	25,00	
ETM	mm/10jrs		93,45	90,90	94,40	91,85	82,40	87,60	86,60	89,60
	mm/jr		9,35	9,09	9,44	9,19	8,24	8,76	8,66	8,96
23/02/2019	Arrosage	mm	35,00	45,00	35,00	35,00	38,00	30,00	35,00	
25/02/2019	Drainage	mm	13	15	14,2	12,1	12	8	10,5	
	ETR		22,00	30,00	20,80	22,90	26,00	22,00	24,50	
27/02/2019	Arrosage	mm	20	25	30	25	23	25	25	
	Drainage	mm	7,97	9	14	9,8	10	8	8,5	
	ETR		12,03	16,00	16,00	15,20	13,00	17,00	16,50	
01/03/2019	Arrosage	mm	23,00	25,00	25,00	25,00	27,00	25,00	20,00	
	Drainage	mm	8,20	11,90	9,90	9,10	8,10	7,50	7,90	
	ETR		14,80	13,10	15,10	15,90	18,90	17,50	12,10	
03/03/2019	Arrosage	mm	40,00	40,00	40,00	30,00	30,00	25,00	35,00	
	Drainage	mm	6	7,5	6,6	4,5	9,6	9,5	6,1	
	ETR		34,00	32,50	33,40	25,50	20,40	15,50	28,90	
05/03/2019	Arrosage	mm	30	30	30	25	25	40	25	
	Drainage	mm	12	6,9	6,45	4,3	6,4	11,95	4	
	ETR		18,00	23,10	23,55	20,70	18,60	28,05	21,00	
ETM	mm/10jrs		100,83	114,70	108,85	100,20	96,90	100,05	103,00	103,50
	mm/jr		10,08	11,47	10,89	10,02	9,69	10,01	10,30	10,35
05/03/2019	Arrosage	mm	30,00	30,00	25,00	25,00	20,00	25,00	35,00	
07/03/2019	Drainage	mm	8,10	9,90	5,30	5,40	5,60	10,10	21,90	
	ETR		21,90	20,10	19,70	19,60	14,40	14,90	13,10	
09/03/2019	Arrosage	mm	25	20	25	30	35	30	40	
	Drainage	mm	13	7	7,5	4,3	11	9,6	6,8	
	ETR		12,00	13,00	17,50	25,70	24,00	20,40	33,20	
11/03/2019	Arrosage	mm	30	25	30	35	25	30	30	
	Drainage	mm	8	8,2	8	7	6,4	8	8,6	

	ETR		22,00	16,80	22,00	28,00	18,60	22,00	21,40	
13/03/2019	Arrosage	mm	30	30	25	30	35	35	35	
	Drainage	mm	11	6,8	8,5	11	8,5	11,95	7,8	
	ETR		19,00	23,20	16,50	19,00	26,50	23,05	27,20	
15/03/2019	Arrosage	mm	30	30	30	25	40	30	30	
	Drainage	mm	10	7,9	9	7	11	10,5	5,9	
	ETR		20,00	22,10	21,00	18,00	29,00	19,50	24,10	
ETM	mm/10jrs		94,90	95,20	96,70	110,30	112,50	99,85	119,00	104,06
	mm/jr		9,49	9,52	9,67	11,03	11,25	9,99	11,90	10,41
15/03/2019	Arrosage	mm	30	35	25	40	25	25	30	
17/03/2019	Drainage	mm	12	14	11	21	7	6	9	
	ETR		18,00	21,00	14,00	19,00	18,00	19,00	21,00	
19/03/2019	Arrosage	mm	25	30	25	25	35	30	30	
	Drainage	mm	6,5	7,1	5,7	5,8	8,1	7,5	6,4	
	ETR		18,50	22,90	19,30	19,20	26,90	22,50	23,60	
21/03/2019	Arrosage	mm	25,00	35,00	25,00	25,00	28,00	30,00	28,00	
	Drainage	mm	4,80	5,50	6,80	5,50	6,00	7,50	6,00	
	ETR		20,20	29,50	18,20	19,50	22,00	22,50	22,00	
23/03/2019	Arrosage	mm	30,00	25,00	25,00	25,00	30,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	6,1	5,6	5,2	5,3	6,1	5,6	6,8	
	ETR		23,90	19,40	19,80	19,70	23,90	24,40	23,20	
25/03/2019	Arrosage	mm	25	40	40	25	25	45	40	
	Drainage	mm	5	11,2	11	5,5	5	13,1	21	
	ETR		20,00	28,80	29,00	19,50	20,00	31,90	19,00	
ETM	mm/10jrs		100,60	121,60	100,30	96,90	110,80	120,30	108,80	108,47
	mm/jr		10,06	12,16	10,03	9,69	11,08	12,03	10,88	10,85
25/03/2019	Arrosage	mm	30,00	40,00	40,00	30,00	25,00	30,00	30,00	
27/03/2019	Drainage	mm	8,50	21,00	8,95	7,20	6,00	11,20	8,90	
	ETR		21,50	19,00	31,05	22,80	19,00	18,80	21,10	
29/03/2019	Arrosage	mm	25,00	30,00	28,00	35,00	30,00	25,00	29,00	
	Drainage	mm	6,25	7,3	7,2	9,8	8,2	6,9	8,5	
	ETR		18,75	22,70	20,80	25,20	21,80	18,10	20,50	
31/03/2019	Arrosage	mm	25	25	25	30	35	30	35	
	Drainage	mm	6,6	7,1	9,25	15,8	20,2	13,8	9,2	
	ETR		18,40	17,90	15,75	14,20	14,80	16,20	25,80	
02/04/2019	Arrosage	mm	30,00	30,00	30,00	35,00	35,00	20,00	20,00	
	Drainage	mm	11,20	7,30	7,00	14,00	13,90	7,10	9,00	
	ETR		18,80	22,70	23,00	21,00	21,10	12,90	11,00	
04/04/2019	Arrosage	mm	45,00	40,00	45,00	40,00	40,00	40,00	45,00	
	Drainage	mm	5,2	8,3	15	11,1	9,8	18,5	21	
	ETR		39,80	31,70	30,00	28,90	30,20	21,50	24,00	
ETM	mm/10jrs		117,25	114,00	120,60	112,10	106,90	87,50	102,40	108,68

	mm/jr		11,73	11,40	12,06	11,21	10,69	8,75	10,24	10,87
04/04/2019	Arrosage	mm	40	30	40	35	40	40	40	
06/04/2019	Drainage	mm	14	12,3	9,2	9,6	7,1	14,1	13,7	
	ETR		26,00	17,70	30,80	25,40	32,90	25,90	26,30	
08/04/2019	Arrosage	mm	25	30	40	30	40	25	30	
	Drainage	mm	10	9,3	11,3	12,1	14,3	12	14,8	
	ETR		15,00	20,70	28,70	17,90	25,70	13,00	15,20	
10/04/2019	Arrosage	mm	30,00	40,00	30,00	30,00	35,00	40,00	30,00	
	Drainage	mm	8,20	12,00	11,30	7,00	20,10	16,30	10,20	
	ETR		21,80	28,00	18,70	23,00	14,90	23,70	19,80	
12/04/2019	Arrosage	mm	35,00	30,00	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Drainage	mm	10	9,95	17	12	12	11,5	7,9	
	ETR		25,00	20,05	23,00	18,00	18,00	18,50	22,10	
ETM	mm/10jrs		87,80	86,45	101,20	84,30	91,50	81,10	83,40	87,96
	mm/jr		10,98	10,81	12,65	10,54	11,44	10,14	10,43	11,00

Les valeurs de l'ETM et l'ETMloc sont consignées dans le tableau suivant :

Date	ETM/ETMloc	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Moy	Ecart -type	I.C 95%
27/10-05/11/2018	ETM 1 (mm/jr)	7,82	6,76	7,03	7,28	7,12	6,96	7,20	7,17	0,33	0,25
	ETMloc (mm/jr)	1,64	1,42	1,48	1,53	1,50	1,46	1,51	1,50	0,07	0,05
06/11-15/11/2018	ETM 2 (mm/jr)	7,82	6,76	7,03	7,28	7,12	6,96	7,20	7,17	0,33	0,25
	ETMloc (mm/jr)	1,64	1,42	1,48	1,53	1,50	1,46	1,51	1,50	0,07	0,05
16/11-25/11/2018	ETM 3 (mm/jr)	7,10	6,94	7,32	6,77	7,14	6,54	7,21	7,00	0,27	0,20
	ETMloc (mm/jr)	1,49	1,46	1,54	1,42	1,50	1,37	1,51	1,47	0,06	0,04
26/11-05/12/2019	ETM 4 (mm/jr)	6,98	7,11	7,95	7,83	8,30	6,79	6,98	7,42	0,59	0,44
	ETMloc (mm/jr)	1,47	1,49	1,67	1,64	1,74	1,43	1,47	1,56	0,12	0,09
06/12-15/12/2019	ETM 5 (mm/jr)	7,99	8,16	6,18	7,52	8,37	7,65	8,33	7,74	0,76	0,56
	ETMloc (mm/jr)	1,68	1,71	1,30	1,58	1,76	1,61	1,75	1,63	0,16	0,12
16/12-25/12/2019	ETM 6 (mm/jr)	7,19	7,60	6,74	8,33	6,80	8,72	7,25	7,51	0,75	0,56
	ETMloc (mm/jr)	1,51	1,60	1,41	1,75	1,43	1,83	1,52	1,58	0,16	0,12
26/01-04/01/2019	ETM 7 (mm/jr)	9,06	6,33	7,63	8,34	5,58	6,59	7,11	7,23	1,21	0,89
	ETMloc (mm/jr)	1,90	1,33	1,60	1,75	1,17	1,38	1,49	1,52	0,25	0,19
05/01-14/01/2019	ETM 8 (mm/jr)	6,25	6,59	7,85	8,21	7,65	8,62	7,39	7,51	0,85	0,63
	ETMloc (mm/jr)	1,31	1,38	1,65	1,72	1,61	1,81	1,55	1,58	0,18	0,13
15/02-24/01/2019	ETM 9 (mm/jr)	7,99	6,19	6,58	7,25	7,87	6,90	7,23	7,14	0,65	0,48
	ETMloc (mm/jr)	1,68	1,30	1,38	1,52	1,65	1,45	1,52	1,50	0,14	0,10
25/01-03/02/2019	ETM 10 (mm/jr)	8,41	6,50	7,72	7,12	6,51	6,73	7,17	7,16	0,70	0,52
	ETMloc (mm/jr)	1,77	1,37	1,62	1,50	1,37	1,41	1,50	1,50	0,15	0,11
04/02-13/02/2019	ETM 11 (mm/jr)	8,12	7,56	9,18	8,25	8,74	7,61	7,14	8,08	0,71	0,53
	ETMloc (mm/jr)	1,71	1,59	1,93	1,73	1,84	1,60	1,50	1,70	0,15	0,11
14/02-23/02/2019	ETM 12 (mm/jr)	9,35	9,09	9,44	9,19	8,24	8,76	8,66	8,96	0,43	0,32
	ETMloc (mm/jr)	1,96	1,91	1,98	1,93	1,73	1,84	1,82	1,88	0,09	0,07
24/02-05/03/2019	ETM 13 (mm/jr)	10,0 8	11,47	10,89	10,02	9,69	10,01	10,30	10,35	0,62	0,46
	ETMloc (mm/jr)	2,12	2,41	2,29	2,10	2,03	2,10	2,16	2,17	0,13	0,10
06/03-15/03/2019	ETM 14 (mm/jr)	9,49	9,52	9,67	11,03	11,25	9,99	11,90	10,41	0,97	0,72
	ETMloc (mm/jr)	1,99	2,00	2,03	2,32	2,36	2,10	2,50	2,19	0,20	0,15
16/03-25/03/2019	ETM 15 (mm/jr)	10,0 6	12,16	10,03	9,69	11,08	12,03	10,88	10,85	0,98	0,73
	ETMloc (mm/jr)	2,11	2,55	2,11	2,03	2,33	2,53	2,28	2,28	0,21	0,15
26/03-04/04/2019	ETM 16 (mm/jr)	11,7 3	11,40	12,06	11,21	10,69	8,75	10,24	10,87	1,12	0,83
	ETMloc (mm/jr)	2,46	2,39	2,53	2,35	2,24	1,84	2,15	2,28	0,23	0,17
05/03-12/04/2019	ETM 17 (mm/jr)	10,9 8	10,81	12,65	10,54	11,44	10,14	10,43	11,00	0,84	0,62
	ETMloc (mm/jr)	2,30	2,27	2,66	2,21	2,40	2,13	2,19	2,31	0,18	0,13

Les valeurs du Kc par décade sont consignées dans le tableau suivant :

Décade	ETMloc (mm/jr)	ET ₀ (mm/jr)	Kc-décade	Kc-moyen	Ecart- type	Durée
27/10-05/11/2018	1,504725	4,43	0,3394649	0,52	0,09	167 jours
06/11-15/11/2018	1,504725	4,04	0,3721332			
16/11-25/11/2018	1,47051	3,10	0,4743895			
26/11-05/12/2019	1,5579	3,47	0,4490492			
06/12-15/12/2019	1,626	3,66	0,4438749			
16/12-25/12/2019	1,578	3,21	0,4914111			
26/01-04/01/2019	1,51905	3,16	0,4814722			
05/01-14/01/2019	1,57635	3,34	0,4717412			
15/02-24/01/2019	1,49988	3,01	0,498645			
25/01-03/02/2019	1,50453	3,05	0,4940649			
04/02-13/02/2019	1,6977	3,70	0,4584414			
14/02-23/02/2019	1,8816	3,40	0,5531345			
24/02-05/03/2019	2,17359	2,92	0,7440395			
06/03-15/03/2019	2,18535	3,00	0,7277213			
16/03-25/03/2019	2,2779	3,13	0,7281077			
26/03-04/04/2019	2,28225	3,87	0,5901155			
05/03-12/04/2019	2,3090625	3,87	0,597036			