

Suivi tensiométrique de l'évolution de réserve en eau du sol dans un site de culture maraichère de l'oignon

[Tensiometric monitoring of the evolution of the soil water reserve in an onion market garden site]

Aboubacar Kadri¹, Yahaya Abdou¹, Hayyo Halilou¹, and Adamou Moumouni Dan Mairo²

¹Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP: 10960, Niger

²Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, BP: 255 Tahoua, Niger

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A Sahelian country, Niger has an arid climate. Socioeconomic development is essentially based on agriculture. This activity employs more than 80% of the working population in rural areas. Unfortunately, it is hampered by the scarcity and irregularity of water leading to a drop in crop yields and a risk of food insecurity. In this context, irrigation has established itself as an essential path for the sustainable development of agriculture in Niger. The objective of this study is the tensiometric monitoring of the evolution of soil water reserve. To achieve this objective, a device aimed at determining the reading on the tensiometer from which it is necessary to trigger the irrigation so that the crop does not suffer from water deficit, is installed on a clayey-sandy soil in the market gardening site of Birni N'Konni. The results led to the conclusion that the water supply is renewed each time the voltages observed are between 16 and 22 centibars. It should be noted that 24 hours after adding water, the voltages are between 05 and 06 centibars.

KEYWORDS: Vegetable crops, tensiometers, irrigation, onion.

RESUME: Pays sahélien, le Niger a un climat aride. Le développement socioéconomique est essentiellement basé sur l'agriculture. Cette activité emploie plus de 80 % de la population active dans les zones rurales. Malheureusement, elle est entravée par la rareté et l'irrégularité des eaux entraînant une baisse des rendements des cultures et un risque d'insécurité alimentaire. Dans ce contexte, l'irrigation s'est imposée comme une voie incontournable pour le développement durable de l'agriculture au Niger. L'objectif de cette étude est le suivi tensiométrique de l'évolution de réserve en eau du sol. Pour atteindre cet objectif, un dispositif visant à déterminer la lecture sur le tensiomètre à partir de laquelle on déclenche l'irrigation pour que la culture ne subisse pas de déficit hydrique, est installé sur un sol argilo-sableux dans le site maraicher de Birni N'Konni. Les résultats ont permis de conclure que l'apport d'eau est renouvelé chaque fois que les tensions observées sont entre 16 et 22 centibars. Il est à noter que 24 heures après apport d'eau les tensions se situent entre 05 et 06 centibars.

MOTS-CLEFS: Cultures maraichères, tensiomètres, irrigation, oignon.

1 INTRODUCTION

Pays sahélien, le Niger couvre une superficie de 1 267 000 Km². Le développement socioéconomique est essentiellement basé sur l'agriculture qui emploie plus de 80 % de la population active dans les zones rurales. Cependant, cette activité souffre de problème de baisse et d'irrégularité de la pluviométrie, de forte pression démographique et d'une dégradation continue

des ressources naturelles. Ces contraintes entraînent une baisse de rendements des cultures donc une menace à la sécurité alimentaire. Devant cette situation, l'agriculture irriguée se présente comme une alternative [1]. Mais, c'est une activité consommatrice de l'eau [1], [2]. Face aux limites des ressources en eau [1], la recherche de techniques d'irrigation économes d'eau devient une question indispensable pour une agriculture irriguée durable [3]. Pour qu'une gestion d'irrigation soit optimale, les apports en eau doivent prendre en compte les besoins des cultures, la nature du sol, les conditions climatiques [4], [5], [6]. En effet, les agriculteurs nigériens contrôlent l'irrigation sur la base de leur expérience sans critères techniques précis. Ils n'utilisent pas des instruments de mesure pour déterminer à quel moment irriguer. Leurs décisions se basent généralement sur l'aspect visuel de la culture et sur le toucher du sol, ce qui conduit souvent à une mauvaise gestion de l'eau.

Pour assurer une bonne gestion de l'eau, il est indispensable de connaître les besoins de la culture et suivre régulièrement la teneur en eau du sol [7]. Cette information permettra de préciser le moment favorable à l'irrigation et surtout les quantités d'eau apportées par rapport au type de sol et au besoin de la culture. L'objectif de cette étude est de faire un suivi de l'état hydrique du sol argilo-sableux par des mesures tensiométrique pour assurer une bonne régie de l'eau d'irrigation de la culture.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 SITE D'EXPERIMENTATION

L'étude a été menée sur un site de cultures maraichères à quatorze (14) km de Birnin Konni dans la région de Tahoua situé entre 13°50' de latitude Nord et 05°13' de longitude Est. L'essai est porté sur la culture d'oignon. L'expérimentation a été réalisée sur deux années successives de 2017 à 2018 en saison sèche de Novembre à Janvier. Le sol est de texture argilo-sableuse avec plus de 50% d'argile dans les 20 premiers centimètres et un pH moyen de 5,66. Les bases échangeables sont essentiellement le calcium et le magnésium avec respectivement 76,64% et 17,36% de la somme des bases. La conductivité de l'eau est de 223 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et la concentration en sodium est de 8mg/l de Na^+ et en Calcium 32,96 mg/l de Ca^{2+} . Le climat de la zone est de type sahélo-soudanienne caractérisé par une longue saison sèche d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Septembre. Les précipitations varient entre 350 et 650 mm de pluie par an [8]. La pluviométrie annuelle moyenne annuelle de la zone est de 600 mm. La température maximale (40°C) est enregistrée au cours des mois d'Avril et Mai alors que la température minimale (17°C) est obtenue au cours des mois de Novembre et Février.

2.2 TENSIOMETRE

Le tensiomètre est un outil de suivi de l'humidité du sol suite à un apport d'eau par irrigation. Il est constitué d'un tube muni à la base d'une bougie poreuse et muni d'un manomètre à sa partie supérieur. Il est gradué de 0 à 40 centibars [9]. Le tensiomètre est enfoui dans le sol de façon à ce que la bougie soit placée à la profondeur de mesure voulue. L'eau se propage à travers la bougie poreuse vers le sol dès qu'il commence à se sécher et une tension se crée et se mesure automatiquement au niveau du manomètre. La tension devient faible lorsque le sol est saturé et forte dès que le sol est sec [10], [11].

2.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est constitué de quatre blocs ou répétitions séparés par des allées de 1 m. Chaque bloc est constitué d'un type de billon qui diffère des autres que par son diamètre. Au total, l'essai renferme trois types de billons de diamètres 60 Cm, 80 Cm et 100 Cm. Au niveau de chaque type de billon un tensiomètre de model MLT est installé. Les observations et les mesures ont été effectuées au niveau de chaque tensiomètre pour déceler les effets de chaque type de billon sur la conservation de l'humidité du sol.

2.4 INSTALLATION DE L'ESSAI

2.4.1 TRAVAIL DU SOL

Il consiste à modifier la topographie du terrain pour permettre une distribution uniforme de l'eau d'irrigation. Le nivellement se fait selon une pente définie au préalable qui conditionne le bon déroulement de l'irrigation gravitaire selon la méthode de [12].

2.4.2 PREPARATION ET INSTALLATION DES TENSIOMETRES

Le réservoir de chaque tensiomètre est rempli avec une solution irrometer à laquelle 4 litres d'eau distillée sont ajoutés. La bougie a été plongée dans un récipient contenant de l'eau pendant 24h avant l'installation du tensiomètre sur le site. Pour la fiabilité de ses données, il a été choisi à chaque tensiomètre une zone racinaire représentative de la parcelle. Les tensiomètres sont installés dans des trous de 30 cm selon la méthode de [13], qui a suggéré de positionner les bougies de tensiomètres à 30 cm de profondeur pour suivre l'humidité de sol en cultures maraichères [13]. Cette profondeur correspond à la zone racinaire de l'oignon [14]. Les parcelles sont irriguées et les tensiomètres marquent des valeurs proches de 0 cb. Une deuxième lecture a été faite 24 h après et trois lectures différentes ont été réalisées. Ces premières mesures ont permis de connaître les réponses des tensiomètres après l'irrigation à un temps (t) donné. Enfin, les tensiomètres sont géo-référenciés pour le besoin de localisation.

2.5 PILOTAGE ET CONDUITE D'IRRIGATION

Elle consiste à déterminer la dose et le temps d'irrigation. Cette dose dépend de la texture du sol et de besoin en eau de culture. Selon Philippe [11], le besoin en eau d'une culture correspond à sa demande en fonction des conditions climatiques. Elle est définie par l'Évapotranspiration Potentielle (ETP) ajusté par un coefficient cultural, noté Kc. Pour la bonne gestion de cette demande climatique l'étude s'est basée sur les données climatiques de la Région pour déterminer les besoins en eau de la culture d'oignon (Tableau 1).

Tableau 1. *Besoin en eau de l'oignon l/m² de Novembre à Mars*

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Besoin en eau d'oignon (l/m ²)	4,51	5,23	7,37	8,36	8,36

2.6 MESURE DE LA DISPONIBILITE DE L'EAU DANS LE SOL

Pour mesurer la disponibilité de l'humidité du sol, il a été utilisé de tensiomètres jugés très efficace dans la gestion de l'eau d'irrigation selon la méthode de [15]. Plusieurs essais ont été réalisés pour apprécier l'état hydrique du sol. En effet, cet appareil mesure la force que la plante doit fournir pour puiser l'eau du sol.

2.7 DECLENCHEMENT ET PRATIQUES DES IRRIGATIONS

Au début de l'expérience, le calendrier d'irrigation suivi était celui pratiqué chaque année par les maraichères de la zone qui consistait d'apporter l'eau à la culture deux fois par semaine. Ce qui a permis de constater des tensions élevées (entre 17 et 22 cb) avant la date de la prochaine irrigation. Suite à ce constat et en s'appuyant sur les résultats des travaux de [11] et [16], un nouveau calendrier d'irrigation a été adapté.

2.8 CONTROLE DES APPORTS

Le modèle Levelogger 3001 et le Barologger a été utilisé pour vérifier les volumes d'eau utilisés par irrigation. L'enregistreur barométrique Barologger détermine le niveau de l'eau prélevé à chaque irrigation dans le point d'eau. Le Levelogger 3001 mesure et enregistre la pression absolue: hauteur d'eau + pression atmosphérique à partir d'un capteur piézorésistif en Hastelloy garantissant stabilité, fiabilité et résistance aux milieux agressifs. L'enregistreur barométrique Barologger recalcule ensuite les données à partir des pressions absolues et des pressions atmosphériques. Ces mesures assurent une parfaite traçabilité de la quantité d'eau apportée par irrigation. Toutes ces mesures permettent de déterminer la hauteur du volume d'eau utilisé. Le volume d'eau prélevé par irrigation est obtenu en multipliant la hauteur d'eau par la surface (πr^2) de point d'eau. Ces mesures ont été vérifiées par la méthode proposée par [14] dans la vallée de Tarka. C'est-à-dire le volume d'irrigation correspond au produit du débit de GMP par le temps d'arrosage. La dose d'irrigation (l) est donnée par le rapport du volume d'eau à la surface irriguée. Les fréquences d'arrosage ont été établies en fonction des mesures tensiométriques.

2.9 COLLECTE DES DONNEES

Les données relatives aux mesures tensiométriques, au déclenchement et à la maîtrise de l'irrigation, et au rendement de l'oignon sont collectées. Au niveau de chaque tensiomètre et de chaque type de billon, L'évolution de la teneur en eau du sol

suite aux apports d'eau par irrigation est enregistrée. Celle-ci permet de déterminer le déclenchement et la maîtrise de l'eau d'irrigation. Au niveau chaque parcelle (chaque type de billon), le rendement de la culture d'oignon est déterminé.

2.10 ANALYSE STATISTIQUE

Les données collectées ont été saisies sur un tableur Excel (Microsoft Office Excel 2013). Elles ont été ensuite traitées et soumises à l'analyse de variance (ANOVA). Les moyennes ont été comparées par le test de Student Newman-Keuls au seuil $\alpha = 5\%$. Pour le rendement, les moyennes sont soumises aux tests multi variables, test de sphéricité de Mauchly et au test sur les effets intra-sujets pour juger l'influence des dimensions de billons sur le rendement. Le logiciel SPSS a été utilisé pour faire ces analyses. Les courbes et les tableaux ont été construits avec le tableur Excel en utilisant les moyennes.

3 RESULTATS

3.1 MESURES TENSIOMETRIQUES AU NIVEAU DE TYPE DE BILLON DE DIAMETRE 60 CM

La figure 1 montre l'évolution de la teneur en eau suite aux apports d'eau d'irrigation pendant le mois de novembre au niveau de billon de diamètre 60 m et de tensiomètre N°1. La teneur en eau du sol suite aux apports d'irrigation croît dans un premier temps et passe de 9 cb le 17 novembre à 21 cb le 20 novembre avant de chuter pour atteindre 4 cb le 21 novembre. Du 21 au 29 novembre, elle évolue en dents de scie en fonction de l'assèchement du sol comme le montre l'évolution de la tension. Cette variation est due à l'effet de l'évaporation directe du sol et du prélèvement de l'eau par la culture.

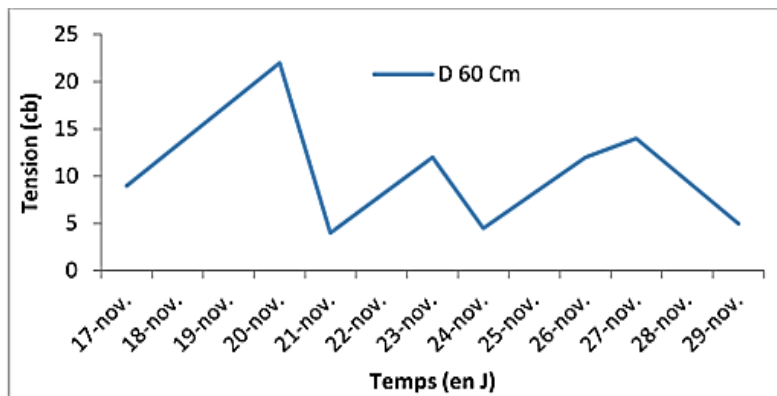


Figure 1 : Evolution de l'humidité du sol au niveau du billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°1 sur le billon de 60 cm au cours du mois de Décembre montre que la tension varie entre 05 cb et 16 cb (Figure 2).

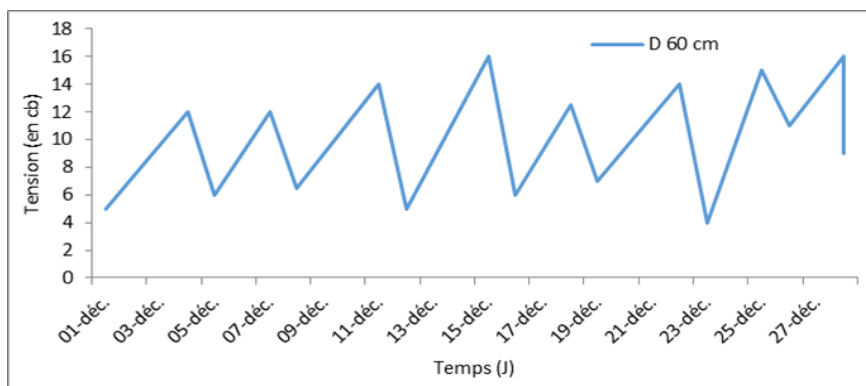


Figure 2 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Décembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°1 sur le billon de 60 cm au cours du mois de Janvier montre une évolution de l'humidité du sol en dents du cis dont les valeurs sont comprises entre 04 cb et 16 cb (Figure 3).

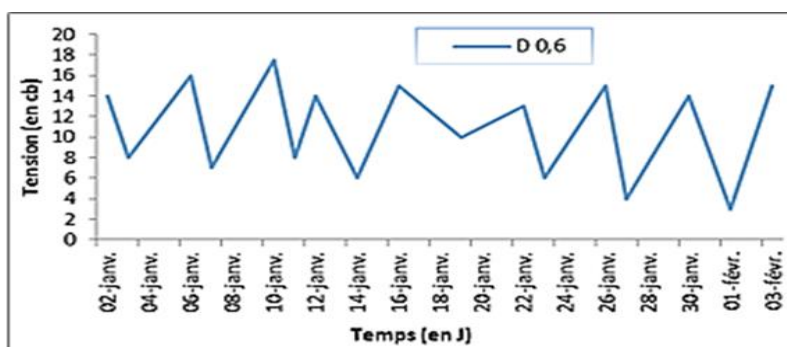


Figure 3 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Janvier

3.2 MESURES TENSIOMETRIQUES AU NIVEAU DE BILLON DE DIAMETRE 80 CM

Les mesures du mois de Novembre au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm montre que l'humidité varie en fonction des apports d'eau et du temps. Dans un premier temps, elle croît de 8,5 cb le 17 novembre à 20 cb le 20 novembre, puis elle chute pour atteindre 9 cb le 21 novembre. Du 21 au 29 novembre, l'humidité évolue en dents du cis avec un maxima de 13,5 cb et un minima de 8 cb (Figure 4).

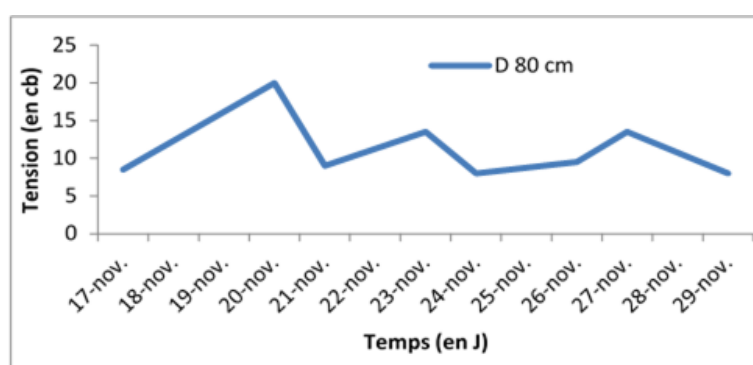


Figure 4: Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm pendant le mois de Décembre donnent des valeurs de tension variant entre 05 cb et 17 cb (Figure 5).

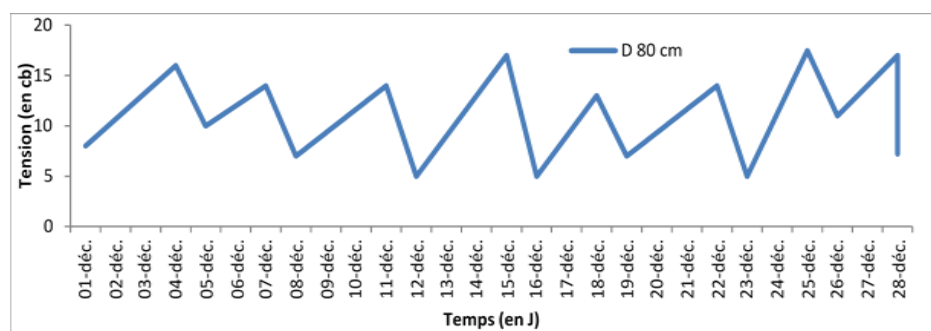


Figure 5 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Décembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm durant le mois de Janvier montrez les valeurs des tensions varient entre 05 cb et 16 (Figure 6).

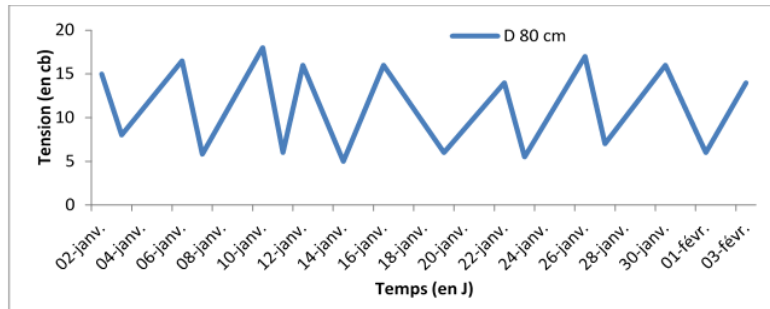


Figure 6: Evolution de l’humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Janvier

3.3 MESURES TENSIOMETRIQUES AU NIVEAU DE BILLON DE DIAMETRE 100 CM

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm durant le mois de Novembre, montre que l’humidité varie en fonction des apports d’eau et du temps. Cette variation évolue en dents du cis avec un maxima de 19 cb le novembre et un minima de 9 cb le 29 novembre en fonction de l’assèchement du sol sous les effets conjugués de l’évaporation directe du sol et du prélèvement d’eau par la culture (Figure 7).

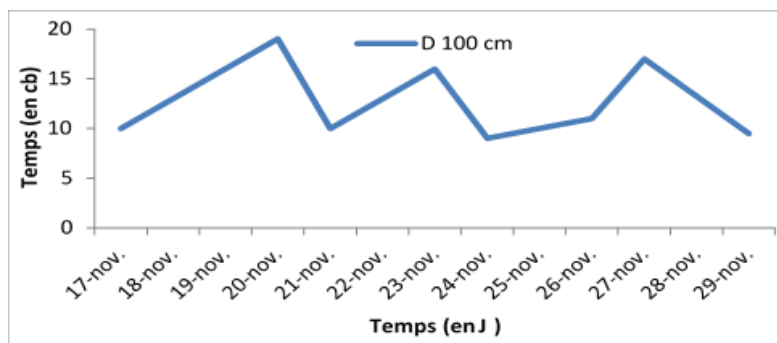


Figure 7 : Evolution de l’humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm durant le mois de Décembre donnent des valeurs des tensions variant entre 05 cb et 17 cb (Figure 8).

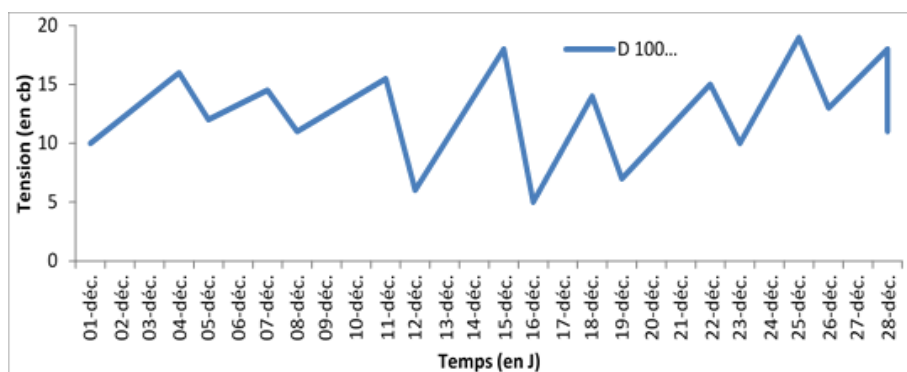


Figure 8 : Evolution de l’humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Décembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm au cours du mois de Janvier montre que la tension varie entre 08 cb et 22cb (Figure 9).

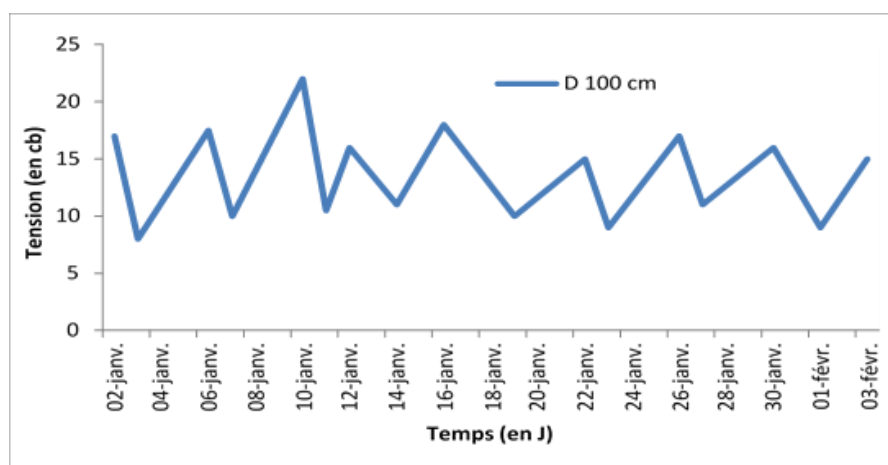


Figure 9: Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Janvier

3.4 DECLENCHEMENT DE L'IRRIGATION

Le suivi tensiométrique sur l'évolution de l'humidité du sol après un apport d'eau aux cultures montre une augmentation de la tension entre deux apports d'eau successifs de 22 à 30 cb. Ces résultats permettent de déclencher l'irrigation dès que le tensiomètre indique une valeur de 15 cb.

3.5 MAITRISE DE L'IRRIGATION

Le résultat de suivi de l'évolution de l'humidité du sol a abouti à un seuil de déclenchement d'irrigation qui est de 15 cb. L'apport d'eau est renouvelé à chaque fois que les tensions excèdent le seuil fixé et le calendrier d'irrigation est adopté en fonction de ce seuil. Ceci a permis d'ajuster les apports d'eau au besoin de la culture et au bon moment.

3.6 RENDEMENT D'OIGNONS EN FONCTION DES DIFFERENTS TYPES DE BILLONS

Le rendement d'oignons en fonction des différents types de billons est présenté dans le tableau 2.

Tableau 2. Rendement d'oignons en fonction des différents types de billons

Rendement	Billon 60 cm	Billon 80 cm	Billon 100 cm
Rep1 (t/ha)	29,78	33,22	24,402
Rep2 (t/ha)	30,88	35,3	19,6
Rep3 (t/ha)	31,052	34,954	24,404
Rep4 (t/ha)	30,94	34,082	25,198

Ces résultats ont été soumis à plusieurs tests pour juger l'influence des dimensions de billons sur le rendement. Il s'agit du Test multi variables, du test de sphéricité de Mauchly et du test sur les effets intra-sujets. Tous ces tests montrent des différences significatives entre les rendements de billons de dimensions différentes.

Tableau 3. Tests multi variables

	Effet	Valeur	D	ddl de l'hypothèse	Erreur ddl	Sig.
factor1	Trace de Pillai	,992	194,596 ^a	2,000	3,000	0,001
	Lambda de Wilks	,008	194,596 ^a	2,000	3,000	0,001
	Trace de Hotelling	129,731	194,596 ^a	2,000	3,000	0,001
	Plus grande racine de Roy	129,731	194,596 ^a	2,000	3,000	0,001

Ce test montre des différences hautement significatives (Sig <0,05) entre les trois dimensions de billons utilisées.

Tableau 4. Test de sphéricité de Mauchly

Effet intra-sujets	W de Mauchly	Khi-deux approché	ddl	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Borne inférieure
factor1	0,023	11,376	2	0,003	0,506	0,511	0,500

Ce test montre que l'hypothèse nulle selon laquelle la matrice de covariance des erreurs des variables dépendantes orthonormées est proportionnelle à la matrice identité n'est pas vérifiée (Sig <0,05).

Tableau 5. Tests des effets inter-sujets

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	13129,024	1	13129,024	9254,844	0,0001
Erreur	5,674	4	1,419	-	-

L'analyse de variance portant sur la comparaison des moyennes au seuil de probabilité $p < 5\%$ montre des différences hautement significatives ($P < 0,001$) entre les trois dimensions de billons utilisées.

4 DISCUSSION

Les résultats de suivi tensiométrique ont montré que le déclenchement de l'irrigation se fait avec trop de retard et ne suit pas la demande climatique et la réserve en eau du sol. Les valeurs de tensions relevées sont trop élevées et dépassent de loin le seuil de déclenchement d'irrigation préconisé par les résultats de travaux de [17]. En effet, en se référant aux valeurs obtenues et aux résultats de travaux de [16] et de [17], l'irrigation débute lorsque la tension dépasse 15 cb. Cette valeur constitue la référence et représente le seuil de déclenchement de l'irrigation pour la suite de l'expérience. En effet, la fréquence de l'irrigation est de 48 heures. Cette fréquence a reçu une réponse positive s'expliquant par une homogénéité de plantes dans les parcelles et respecte bien les seuils de déclenchement de l'irrigation proposé par [11].

Les lectures sont faites quotidiennement avant et après 24 heures pour chaque apport d'eau. D'après les observations réalisées sur l'ensemble de tensiomètres installés, les tensions relevées avant le démarrage de l'irrigation se situent à 21 cb en Novembre, 16 cb en Décembre et 17 cb en Janvier pour les billons de diamètre 60 cm; à 20 cb en Novembre, 17 cb en Décembre et 16 cb en Janvier pour les billons de diamètre 80 cm et à 19 cb en Novembre, 17 cb en Décembre et 22 cb en Janvier pour les billons de diamètre 60 cm pour les billons de diamètre 100 cm respectivement.

Une fois l'irrigation réalisée, elles prennent des valeurs très proches de 0 cb. Ainsi, 24 heures après l'irrigation ces valeurs se positionnent à 05 cb pour les billons de diamètre 60cm, de 05 ou 06 cb pour les billons de diamètre 80 cm et à 08 cb pour les billons de diamètre 100 cm. Ces résultats sont conformes à ceux de [16] obtenus sur les sols argilo-sableux. Ces résultats sont en accord avec la conclusion de [14], [18] qui note que la disponibilité de l'eau s'explique par des faibles valeurs de l'énergie de rétention de l'eau.

Aussi, la comparaison des valeurs enregistrées sur les différents types des billons avant l'apport d'eau montre que les valeurs enregistrées au niveau des billons de diamètres 100 cm (12,7 cb en Novembre, 12,65 cb en Décembre et 13,65 cb en janvier) sont plus élevées. Ceux-ci expliquent qu'au niveau de ce type de billon l'humidité s'épuise rapidement par rapport aux autres dimensions de billons (11,25 cb en Novembre, 11,04 cb en Décembre et 11,3 cb en janvier) pour les billons de diamètre 80 cm et de 10,3 cb en Novembre, 10,05 cb en Décembre et 10,9 cb en janvier) pour le billon de 60 cm de diamètre. En effet, les billons de diamètres (0,8 et 0,6 m) enregistrent de faibles valeurs à la même période et sur un même sol conservent plus d'humidité que ceux de grands diamètres. Cette information sur l'humidité de différents types de billons sur le sol argilo-sableux constitue une base pour gérer deux apports successifs.

Les résultats des mesures tensiométriques ont permis d'avoir des informations sur la disponibilité de l'eau dans le sol entre deux apports d'eau successifs. En effet, l'humidité du sol joue un grand rôle sur le rendement. Selon [19], le rendement est l'expression de l'alimentation en eau des cultures. Ainsi, les résultats obtenus montrent que le rendement varie en fonction de

dimensions de billons. Ainsi, la technique de culture sur billon pratiquée depuis longtemps par les producteurs en cultures maraichères et pluviales peut être perfectionnée en choisissant les dimensions les plus avantageuses dans la conservation des eaux en fonction de types de sols.

Selon [20] une augmentation de l'eau d'irrigation augmente le rendement de fruit de la tomate. La production obtenue est plus importante pour les billons de 80 cm de diamètres suivi de celle de billons de 60 cm de diamètres. Ce sont ces types de billons qui conservent plus d'eaux que ceux de diamètres 100 cm. Ce résultat s'explique par le fait que les billons de 80 cm de diamètres recueillent plus d'eau apportée que les billons de 60 cm de diamètres à cause de leur largeur et gardent l'humidité du sol pendant longtemps.

En se basant sur les résultats obtenus, les billons de 80 cm de diamètres sont plus performants que ceux de 100 cm de diamètres et ceci est confirmé par [19] qui dit que la performance d'une technique agricole se mesure par son rendement. En effet, l'utilisation des tensiomètres s'avère donc intéressante pour piloter l'irrigation des cultures sur billons [21]. Ce résultat ressemble à ceux obtenus par [22]. Enfin, les billons de diamètres 0,8 m qui conservent l'humidité augmente bien le rendement comme le confirme les travaux de [23], [24], [25] et [26] qui ont montré que l'augmentation de la teneur en eau dans le sol augmente le rendement.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que l'évolution de l'humidité du sol varie en fonction des dimensions de billons. Les billons de diamètres 0,8 m conservent plus d'humidité que ceux de diamètres 1 m. Certes, la confection de billons modifie les caractéristiques du sol (physiques et chimiques) et favorise le profil hydrique du sol. Mais l'activité microbienne diminue lorsque la disponibilité de l'eau dans le sol atteint un seuil critique. De même les billons de diamètres 0,8 m conservent plus d'humidité et favorisent plus l'activité racinaire. Donc l'amélioration de savoir local sur cette technique constitue une opportunité pour améliorer efficacement l'utilisation de l'eau et accroître ainsi le revenu des producteurs et permettra de contourner la question du changement climatique.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette étude et à l'élaboration du présent document.

REFERENCES

- [1] A. Chenafi, P. Monney, D. Christen, A. Boudoukha, C. Carlen, "Influence de l'irrigation déficitaire sur le rendement, la qualité de pommes 'Gala' et l'économie en eau", *Rev. Suisse vitic. arboric. Hortic.* 159 p, 2013.
- [2] J. Van Schilfgaard, "Irrigation-a blessing or a curse", *Agric. Water Manage.* 219 p, 1994.
- [3] E. Roose, G. De Noni, C. Prat, "Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranée", *Bull Réseau Érosion, Montpellier*, n° 21, 523 p, 2002.
- [4] P.O. Fánica, "Etude et gestion des sols", Vol. 13, 61 p, 2006.
- [5] J.C. Lausanne, "La petite irrigation privée dans le sud Niger: potentiels et contraintes d'une dynamique locale Le cas du sud du Département de Gaya", 149 p, 2007.
- [6] N. Lidia, "Suivi des irrigations dans une exploitation agricole de la Mitijda ouest commune de Mouzaia, Algérie", *ENSA d'Elharrache Alger*, 232 p, 2009.
- [7] J.B. Postel, "Water for food production: will there be enough in 2025", *Bioscience*, 637 p, 1998.
- [8] H. Halilou, A. Kadri, I. Karimou, "Gestion intégrée du mildiou du mil en station au centre régional de recherche agronomique de Maradi (CERRA/Maradi) au Niger", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 11, no. 6, pp. 2704-2712, 2017.
- [9] C. Boivin, D. Bergeron, "Mieux irriguer avec les tensiomètres", 7 p, 2005.
- [10] P. Peyremorte, C. Isberie, "Essai comparatif des différentes méthodes de pilotage de l'irrigation" 23 p, 1986.
- [11] B. Philippe, "Synthèse des expériences de pilotage tensiométrique de l'irrigation en Jordanie", *Institut National Agronomique Paris-Grignon*, 95 p, 2002.
- [12] C. Cogoluènes, "Evaluation des économies d'eau réalisables par l'agriculture de la zone irriguée du district d'irrigation Alto RIO Lerma", 114 p, 2004.
- [13] P. Guinet, "Mission en Jordanie effectuée du 26 au 28 novembre 2001", 14 p, 2001.
- [14] D.O. Sani, Y. Guéro, B. Moussa, "Irrigation et fertilisation de l'oignon (*Allium cepa*) dans la basse vallée de la Tarka", *Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome XIV-A*, 5 p, 2013.

- [15] L. Benoit, "Les tensiomètres pour l'irrigation en milieu tourbeux", Mc Gill University Montreal, 132 p, 1995.
- [16] D. Bergeron, "Direction régionale du MAPAQ de la Capitale-Nationale Québec" 377 p, 2005.
- [17] W.F. Laurance, S. Sloan, L. Weng, J.A. Sayer, "Estimating the Environmental Costs of Africa's Massive "Development Corridors", *Current Biology*, 8 p, 2015.
- [18] R. Boily, "Club des producteurs pour la conservation des sols", Institut de recherche Rodale, Action billion 1860 Carré Royer, 423 p, 1978.
- [19] B. Philippe, S. Traoré, F. Bognounou, D. Kaiser, A. Thiombiano, "Effet du zaï amélioré sur la productivité du sorgho en zone sahélienne", *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 11 No 3, 17 p, 2011.
- [20] M.Imtiyaz, N.P. Mgadla, B. Chepete, S.K. Manase, "Response of six vegetable crops to irrigation schedules", *Agricultural Water management*, 342 p, 2000.
- [21] L.M. Rivière, "Pilotage de l'irrigation des cultures en conteneurs tensiomètres", 11 p, 1995.
- [22] L.M. Rivière, "Le fonctionnement hydrique du système substrat –plante en culture hors sol", Mémoire H.D.R, Université d'Angers ENITHP, 126 p, 1992.
- [23] M.Dorais, J. Caron, G. Bégin, A. Gosselin, L. Gaudreau, C. Ménard, "Equipment performance for determining water needs of tomato plants grown in sawdust based substrates and rockwool", *Acta Horticulturae*, 691 p, 2005.
- [24] M. Dorais, A.P. Papadopoulos, A. Gosselin, "Greenhouse tomato fruit quality", *Horticultural Reviews*, 319 p, 2001a.
- [25] M. Dorais, A.P. Papadopoulos, A. Gosselin, "Influence of EC management on greenhouse tomato yield and Fruit quality", *Agronomie*, 384 p, 2001b.
- [26] M. Dorais, "Qualité de la tomate de serre", Bibliothèque national du Canada, 12 p, 2000.