

Utilisation de la petite irrigation à basse pression dans les zones montagneuses du Maroc

Wifaya Ahmed⁽¹⁾, Mimouni Abdelaziz⁽¹⁾, Karra Youssef⁽¹⁾, Hallam Jamal⁽¹⁾ et Elame Fouad⁽¹⁾

ahmed.wifaya@inra.ma

1 : CRRA d'Agadir, Institut National de la Recherche Agronomique– Maroc.

Résumé

Dans le but d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau disponible et d'augmenter sa productivité au niveau des petites exploitations des zones montagneuses, nous avons entrepris des travaux expérimentaux d'irrigation des cultures maraîchères et de la culture de l'olivier irriguées par le système goutte à goutte à basse pression à Tizi N'Test (Taroudant) et à Tagnza (Amsekroud). En effet, des parcelles de démonstration ont été installées et équipées d'un kit de petite irrigation à basse pression composé d'une citerne surélevée de 2 m du niveau de la parcelle et reliée à des rampes d'irrigation équipées de goutteurs. Grâce à la force de pesanteur, l'eau quitte les orifices des goutteurs à faible débit pour atteindre les zones racinaires des plantes. Avec ce système, on a pu économiser 47% de l'eau d'irrigation par rapport à l'irrigation gravitaire, une économie du temps de travail et de main d'œuvre importante et une nette amélioration du rendement de l'ordre de 51% pour certaines cultures maraîchères comme la pomme de terre. Ces goutteurs à basse pression ont permis à chaque plante de recevoir la quantité d'eau qui correspond approximativement à ses besoins tout en réduisant le ruissellement et l'évaporation directe et en évitant l'humectation du feuillage, qui provoque des maladies foliaires, notamment l'oïdium. Il faut noter que les populations de ces localités ont participé de manière active à la réalisation de ces essais. Cette participation contribuerait à la l'adoption et la diffusion de cette technique « à faible coût » à grandes échelles spatiales.

Mots clés : Petite irrigation, basse pression, rendement, bénéfice net, productivité en eau, valorisation économique de l'eau.

Use of small scale, low-pressure irrigation in mountainous areas of Morocco

Abstract

In order to improve the use efficiency of available water and increase its productivity at small farm scale in mountainous areas, we have undertaken experimental irrigation trials for some vegetable crops and olive trees using low pressure drip irrigation in TiziN'Test (Taroudant) and Tagnza (Amsekroud) areas. Demonstration plots have been installed and equipped with a low-pressure small-scale irrigation kit consisting of a tank raised 2 m above the plot level. The water tank was connected to irrigation ramps equipped with drippers. Through the gravity effect, the water goes out the orifices of the low-flow drippers to reach the plants roots' zones. This irrigation system allowed saving 47% of irrigation water compared to gravity irrigation (in a basin for fruit trees), a significant time and labor saving and a net improvement in the productivity around 51%. Based on this method, each plant receives the quantity of water corresponding to its estimated requirements, when reducing runoff and evaporation. Such method allows also avoiding leaf wetting, which causes leaf diseases, particularly powdery mildew. We should note that the local populations actively participated in the implementation of these experiments. Such participation could help to this low cost technology transfer.

Keywords: Small irrigation, low pressure, yield, net profit, water productivity, economic valorization of water.

استخدام الري الصغير ومنخفض الضغط في المناطق الجبلية بالمغرب

وفاية أحمد، قارة يوسف، ميموني عبد العزيز، حلام جمال والعم فؤاد

ملخص

من أجل تحسين كفاءة استخدام المياه المتوفرة وزيادة إنتاجيتها على مستوى المزارع الصغيرة في المناطق الجبلية، قمنا بتجارب الري بالتنقيط منخفض الضغط على محاصيل الخضروات وأشجار الزيتون في تيزي نتست (تارودانت) وتاغنزا (أمسكروود). لقد تم تركيب وتجهيز الحقول التجريبية بمعدات ري منخفضة الضغط تتكون من خزان مرتفع بمقدار مترين فوق مستوى سطح الأرض. تم توصيل الخزان بأنابيب الري المجهزة بموزعات التنقيط. بفضل قوة الجاذبية، ينساب الماء عبر فتحات موزعات التنقيط ذات التدفق المنخفض للوصول إلى جذر النباتات. بفضل هذا النظام، تمكنا من توفير 47% من مياه الري مقارنة بالري السطحي (في حوض زراعة الأشجار)، وتوفير وقت العمل والعمالة الكبيرة وتحسين المردودية بنحو 51% لبعض المحاصيل. من خلال هذه الموزعات، يتلقى كل نبات كمية المياه التي تتوافق تقريباً مع احتياجاته بالإضافة إلى الحد من الجريان السطحي والتبخر، مع تجنب تبليل أوراق النباتات والذي يسبب أمراض فطرية كالبياض الدقيقي. وتجدر الإشارة إلى أن السكان المحليين في هذه المناطق شاركوا بنشاط في تنفيذ هذه التجارب. هذه المشاركة قد تساهم في نشر هذه التقنية البسيطة واعتمادها على نطاق واسع.

الكلمات المفتاحية: الري الصغير، الضغط المنخفض، المحصول، الربح الصافي، إنتاجية المياه، الاستخدام المعقلن للمياه.

Introduction

Dans un contexte mondial actuel perturbé par la pandémie du COVID-19, la crise économique sévère dont la principale conséquence est la flambée des prix de denrées alimentaires et de l'énergie, et par l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes qui ne cesse de s'amplifier dans le temps et l'espace et particulièrement pour les communautés vulnérables, la gestion durable des ressources en eau et la préservation de la biodiversité doivent être au centre des priorités de la politique publique nationale. Dans ce contexte, l'irrigation au goutte à goutte reste une des principales solutions d'économie d'eau d'irrigation promues par l'état Marocain (Elame et al., 2016).

L'irrigation au goutte à goutte est une méthode d'irrigation par laquelle de petites quantités d'eau tombent directement dans la zone racinaire des cultures à travers un réseau de tuyaux en plastique, de vannes, d'émetteurs ou de goutteurs, et de dispositifs auxiliaires (Venot et al., 2014). Selon plusieurs auteurs, la technologie d'irrigation en goutte à goutte améliore les rendements et l'efficacité de l'irrigation (Keller et Bliesner, 1990 ; Postel, 1999), notamment, en maximisant l'uniformité de l'irrigation et en minimisant les pertes d'eau (Keller et Roberts, 2004).

Les efforts de recherche et développement sur l'irrigation au goutte-à-goutte ont longtemps été motivés par une recherche visant à optimiser et ajuster l'irrigation aux besoins en eau et la notion d'efficacité (van der Kooij et al., 2013, Venot et al., 2014). Les spécialistes de l'irrigation, les professionnels ainsi que le grand public considèrent généralement l'irrigation au goutte-à-goutte comme une forme d'irrigation plus sophistiquée par rapport à l'irrigation de surface par exemple. Son utilisation a été associée à la modernisation et au progrès, et à de grands et riches agriculteurs. Depuis les années 1960, lorsque les premiers systèmes d'irrigation goutte-à-goutte modernes ont commencé à apparaître aux États-Unis et autres pays, des efforts ont été entrepris pour simplifier l'irrigation au goutte-à-goutte afin de la rendre plus simple et abordable.

Le premier modèle de systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte spécialement conçu pour les petits exploitants dans les pays en développement a été développé dans les années 1970 par une entreprise américaine d'équipement d'irrigation appelée Chapin Watermatics Inc. (Postel et al., 2001) qui voulait les utiliser au Sénégal (Keller, 2000). Au cours des 20 dernières années, plusieurs autres organisations, telles que les Organisations Non Gouvernementales (ONG), Entreprises Internationales pour le Développement (IDE) ainsi que les deux principaux fabricants d'équipements d'irrigation goutte à goutte, NETAFIM et Jain Irrigation Systems Ltd, également engagés dans des efforts pour concevoir et diffuser des systèmes d'irrigation goutte à goutte pour les petits exploitants. Les fabricants industriels ont « réduit » et simplifié les grands systèmes d'irrigation goutte-à-goutte commerciaux (Huang, 2012). D'un autre côté, les ONG, comme l'IDE, affirment avoir conçu un nouveau spectre de systèmes d'irrigation au goutte à goutte pour les « plus pauvres des pauvres » d'Asie du Sud et d'Afrique subsaharienne (Polak, 2008 ; Postel et al., 2001).

Les systèmes d'irrigation promus par les ONG et les grandes entreprises d'équipement d'irrigation sont connus sous le nom générique de « kits d'irrigation goutte à goutte » car ils sont compatibles avec les petites parcelles (de quelques centaines à un mille mètres carrés). Ces kits sont également appelés systèmes d'irrigation goutte-à-goutte « à faible coût » ou « basse pression ». Ils sont principalement utilisés pour cultiver

des légumes et, dans certains cas, des arbres fruitiers sur de petites parcelles (Wifaya, 2012). Ce kit d'irrigation goutte à goutte typique comprend un filtre à tamis, une vanne principale, plusieurs tuyaux en plastique flexibles minces (souvent appelés rampe de goutteurs) de différentes longueurs et des émetteurs d'eau (qui peuvent être des émetteurs intégrés ou bien en ligne dans les tuyaux en plastique ou des microtubes).

Cette activité d'introduction et d'adoption de la petite irrigation en goutte à goutte à basse pression a été identifiée comme option d'adaptation des communautés vulnérables aux changements climatiques à travers l'amélioration de la disponibilité en eau d'irrigation et l'amélioration de l'utilisation de l'eau des petits barrages pour assurer une productivité agricole satisfaisante et une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau. Ainsi, l'objectif global de ce travail est l'introduction et l'expérimentation du kit de petite irrigation à basse pression pour l'irrigation des potagers ménagers dans les zones arides et montagneuses du Maroc.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Dans le cadre du programme ACCA (Adaptation aux Changements Climatiques en Afrique) et le projet "Approche Eco-systémique intégrée pour l'optimisation des petits barrages au Maroc" et le projet DRI (Développement rural intégré), plusieurs zones vulnérables ont été identifiées dans la région de Sous Massa. C'est le cas des douars de Tanfist et Tamait, se situant respectivement à l'amont et à l'aval du petit barrage Tamait et appartenant à une zone caractérisée par un taux de pauvreté relativement élevé. Il s'agit d'une zone de montagne à climat aride.

La deuxième commune de TizN'Test, se situe à 1090 m d'altitude, et présente une topographie en montagne, dont la surface agricole utile ne dépasse pas 10% sous forme de terrasses en pente de petite superficie et la pluviométrie annuelle est d'environ 400mm.

Il s'agit d'un écosystème vulnérable aux aléas et risques de changement climatique. L'irrigation en goutte à goutte adaptée à la montagne est parmi les options techniques retenues pour palier à la contrainte de déficit hydrique due à la faible disponibilité en eau et le mode d'irrigation gravitaire à faible efficacité d'utilisation de l'eau. Cette étude adopte une approche éco-systémique intégrée basée sur la participation et la transdisciplinarité, le genre comme facteur de développement et la lutte contre la pauvreté.

Installation du système d'irrigation à basse pression

Après le dimensionnement du petit réseau, plusieurs paramètres ont été calculés tels que les besoins en eau, le débit à la tête des rampes d'irrigation, le débit de service et la capacité de la citerne. Avec la participation de la population locale, nous avons procédé à la préparation du support surélevé de la citerne. Tout d'abord, nous avons entrepris un branchement des éléments de sécurité, la vanne principale de contrôle (23 mm), le filtre d'un pouce (300 µm) et le compteur d'eau de 15 m³ de capacité. Ensuite, un branchement de la rampe principale sans goutteur (20 mm) qui relie la citerne à la porte rampe sans goutteur (16 mm). Cette dernière est le point de départ des rampes d'irrigation (16 mm) avec goutteur intégrés le long de la parcelle de démonstration. Les différentes rampes sont connectées grâce aux accessoires de

branchement, jonctions, tés, coudes et vannettes (Wifaya A. 2012). Le coût total du kit est environ 30,90Dh/m² avec un coût annuel de 7,52Dh/m² amorti sur 1 année.

Deux parcelles expérimentales équipées par le kit de petite irrigation en goutte à goutte à basse pression ont été suivies. Une parcelle à Tanfist, en amont du petit barrage Taguenza, d'une superficie de 510m² et une deuxième parcelle à Tamait, en aval, d'une superficie de 200m². Pour la deuxième commune de Tiz N'Test, il consiste à l'équipement d'une parcelle sous forme de terrasses en pente (5%) d'une superficie de 3797m², dont 3610m² est planté en olivier et 187m² en pomme de terre, en goutte à goutte à basse pression à partir d'un bassin d'une capacité de 17m³ alimenté à partir d'une source. Le bassin est branché à une conduite principale et une rampe de goutteurs autorégulant ou intégrés suivant la topographie du terrain. Des vannes, filtre à tamis et conteur d'eau pour le pilotage d'irrigation (photo 1). Après la collecte des coordonnées géographiques et la mesure de la perte de charge aux différents points du secteur, on décide sur la dimension de la conduite principale (50mm) et les rampes de goutteurs autorégulant de 16mm le long de chaque terrasse.

Les besoins en eau de l'olivier, de la pomme de terre (PMT) et des autres cultures maraîchères ont été déterminés à l'aide de la formule :

$ETM = K_c ET_0$ ou ETM est l'évapotranspiration maximale, K_c est le coefficient cultural et ET_0 est l'évapotranspiration de référence.

Les données climatiques de la station météorologique la plus proche du site de l'étude et les coefficients culturaux relatifs à l'olivier cité par le FAO (Allen et al. 1998 ; Allen 2000) ont été utilisées. Les besoins en eau correspondent à la différence entre la consommation maximale et la pluie effective par décade.

L'analyse économique a traité trois principaux indicateurs qui sont le bénéfice net, la productivité de l'eau et la valorisation économique de l'eau. Le bénéfice net mesure la rentabilité nette d'une entité de production, il est calculé en soustrayant toutes les charges et dépenses de l'entité. La productivité est le rapport entre unité de produit et unité de facteur de production. La valorisation économique de l'eau a pour objectif l'optimisation du rapport, valeur de la marge brute ou valeur ajoutée ou autre variable économique, par volume d'eau consommée.



Photo 1 : Kit petite irrigation à Aït Baha pour l'irrigation des légumes et de l'olivier

Résultats et discussion

Performances techniques

Comme présenté dans la figure 2, le kit fonctionne correctement. Le débit moyen est environ 0,9L/h et 1,2L/h et l'efficacité du système est de 92,31% et 95% respectivement pour les deux kits de Tanfist et Tamait en comparaison avec le système traditionnel utilisé. Pour le premier site, les deux citernes d'une capacité de 1m³ chacune sont alimentées régulièrement à partir d'une source d'eau. Par contre, à Tamait la citerne d'une capacité de 2m³ est remplie à partir d'une séguia à l'aide des sceaux. Quatre femmes s'occupaient du remplissage de la citerne : il leur faut 200 sceaux et une demi-journée de travail par femme pour remplir la citerne. Il faut noter que cette contrainte n'a pas été un obstacle pour les femmes du douar car elles avaient un défi de réussir la petite irrigation de légume et de montrer à la communauté qu'elles pouvaient assurer leur indépendance et contribuer activement au développement local et améliorer leur bien-être (Wifaya, 2012 ; Aït Lhaj et al., 2012; Mimouni et al., 2012).

En moyenne, les goutteurs ont un coefficient d'uniformité supérieur à 90%. Le kit d'irrigation a une efficacité de transport de 98%, un débit total des goutteurs de 222 l/h, un nombre de goutteurs par rampe de 15, un débit de réservoir de 265 l/h et un temps de vidange de 3h46min pour un réservoir de 1000L (Figure 1).

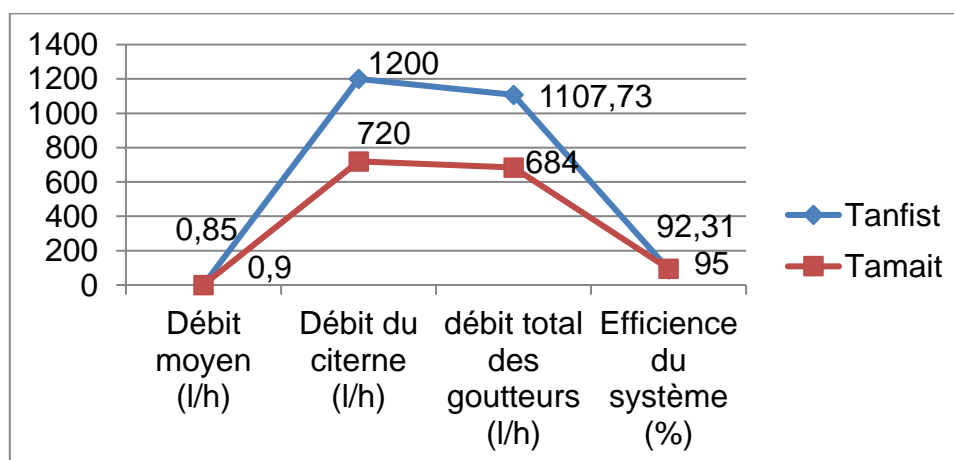


Figure 1 : Débit des goutteurs et de la citerne à la parcelle et l'efficacité du système d'irrigation



Photo 2 : Débit des goutteurs à la parcelle et à l'aval du réseau

Suivi de la croissance des plants et des rendements

Au départ, trois cultures ont été installées sur les deux sites, la pomme de terre, le piment fort et l'aubergine. Leurs tailles ont évolué respectivement de 43,20%, 44,18% et 37,60% sur le site de Tanfist et de 40,30%, 56,29% et 47,04% sur le site de Tamait durant 14 jours de croissance. Cette différence de croissance en longueur des plants est expliquée par la différence de température entre les deux sites en période de transplantation. Ainsi, en amont du petit barrage Tanfist, nous avons enregistré des températures minimales inférieures à celles de Tamait en aval. Pour l'olivier les résultats ont montré que la hauteur des arbres adultes dépasse de 101,77% celle des arbres jeunes avec un coefficient de variation de 9% pour le premier groupe et de 18% pour le deuxième groupe. Ceci démontre clairement l'intérêt de l'irrigation en goutte à goutte sur l'homogénéité et l'harmonisation de la croissance des arbres adultes.

Pour le rendement, la récolte de tubercules de 5 plants par mode d'irrigation a montré que le poids moyen des tubercules de la pomme de terre irriguées en Goutte à Goutte a été amélioré d'environ 60,8% (611g) en comparaison avec celles irriguées en gravitaire (380g). Ces dernières avaient un coefficient de variation de 63% contre 36% pour les tubercules irrigués. Ainsi, l'irrigation en goutte à goutte améliore et stabilise le rendement en poids moyen du tubercule de la pomme de terre contrairement à l'irrigation gravitaire dont le poids moyen du tubercule était faible et hétérogène pour les 5 plants récoltés (Photo 3).



Photo 3 : Taille de l'olivier et des tubercules de pomme de terre irrigués en goutte à goutte

Consommation en eau

La consommation totale en eau est de l'ordre de 193 m³ (0,27 m³/m²) et 62,36 m³ (0,31 m³/m²) sur le site Tanfist et Tamait, respectivement. La consommation en eau par culture sur le site de Tamait a dépassé légèrement celle sur le site de Tanfist de 12,82%, 8,16%, 24,61% et 8,64% pour les cultures de la pomme de terre, l'aubergine, le piment fort et la courgette, respectivement. Cette différence est expliquée par l'utilisation de l'eau pour irrigation des autres espèces cultivées sur place, les herbes, les fourrages et quelques oliviers. Pour la commune de Tiz N'T est l'irrigation de l'olivier et de la pomme de terre en goutte à goutte a réduit la consommation en eau respectivement de 32,6% et 44,8% par rapport au gravitaire. Les deux systèmes ont enregistré un cumul de consommation en eau respectif de 822 et 554mm pour l'olivier et de 298mm et 164mm pour la pomme de terre (Figure 2).

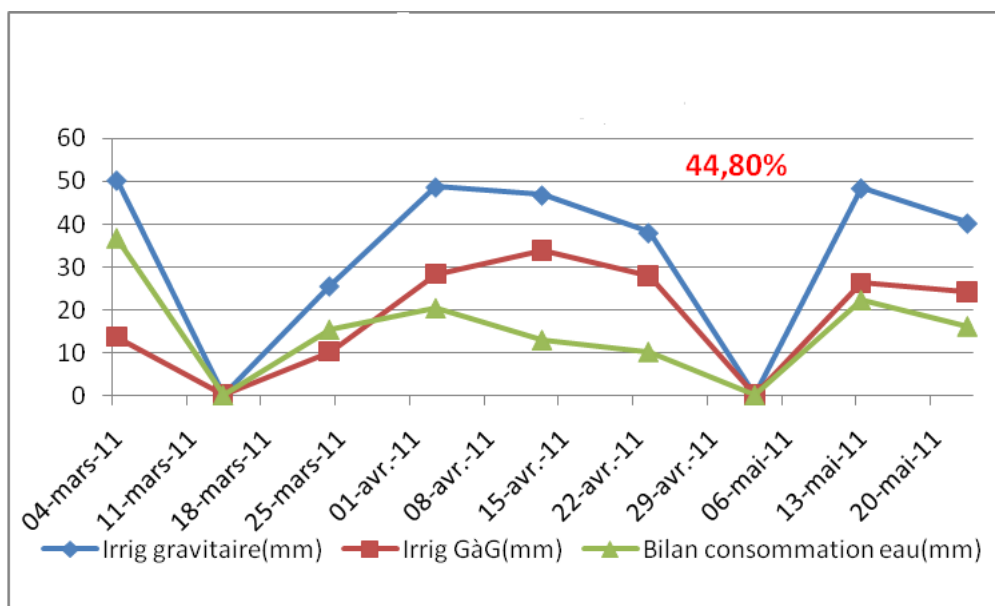


Figure 2 : Consommation en eau pour la culture de la pomme de terre pour les deux systèmes d'irrigation gravitaire et goutte à goutte

Performance économique

Rendement des cultures

Sur les deux sites, nous avons enregistré un rendement moyen pour les quatre cultures maraichères de 2,60kg/m² et de 2,80kg/m² respectivement pour Tanfist et Tamait. Dans ce dernier, le rendement moyen a été amélioré de 10,7%, 21,9% et 8% pour la pomme de terre, l'aubergine et la courgette, respectivement, par rapport à Tanfist. Cependant, dans ce dernier site, le rendement du piment fort a dépassé celui de Tamait d'environ 23,8% (Figure 3). Ces résultats montrent que les basses températures en période de transplantation ont affecté négativement les rendements des cultures sur le site Tanfist. Le piment fort est résistant au froid, il a pu conserver sa capacité de fructification et de multiplication dans ces conditions limitantes. Enfin, le rendement global de la pomme de terre a enregistré 11t/ha pour le gravitaire et 19t/ha en micro-irrigation à Tiz N'Test.

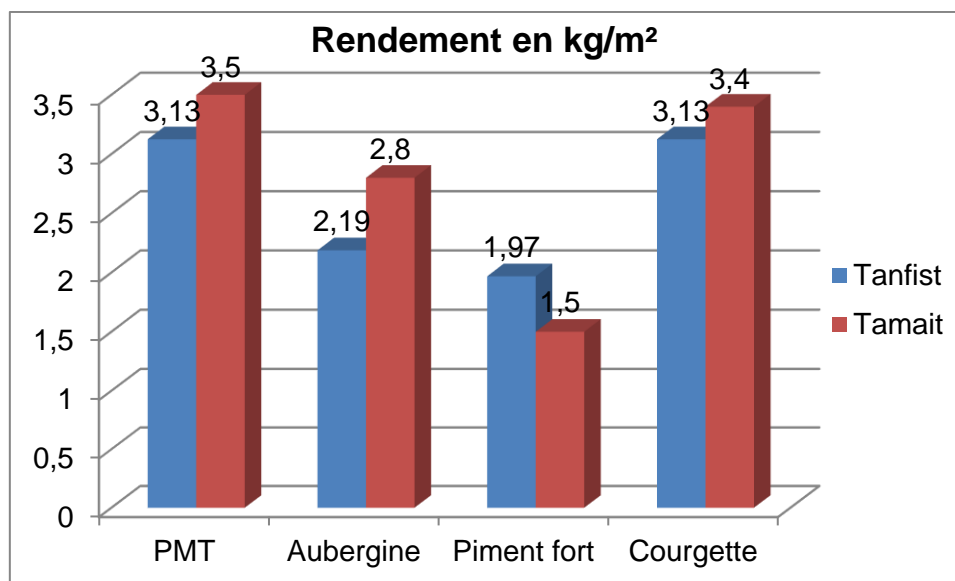


Figure 3 : Rendement par culture et par site (PMT : Pomme de Terre)

Coût annuel du kit d'irrigation installé et bénéfice net par culture

Le coût global du kit d'irrigation installé est de 30,90Dh/m², y compris le kit solaire (pompe de 2m³/h et un panneau solaire) et de 12,90Dh/m² sans kit solaire, en incluant le coût des semences, de la tourbe du fumier, de préparation du sol, de l'installation du kit, de la préparation des plants, de la plantation, de l'entretien et de récolte des deux parcelles et sans tenir en compte des charges de l'eau. Il faut noter que ce calcul a tenu compte de l'amortissement du kit solaire qui peut aller jusqu'à 20 ans et le matériel d'irrigation amortis sur 3 à 4 ans. La population cible a contribué dans cette activité par le terrain, l'eau et le travail. Les charges du kit d'irrigation équipé par le kit solaire seront compensées après quatre années, en plus des intrants agricoles et de la main d'œuvre ce qui revient à payer 7,52Dh/m² annuellement avec un bénéfice net moyen de 2,87Dh/m² et 3,67Dh/m² respectivement pour le site de Tanfist et Tamait.

L'analyse du bénéfice net par culture a montré que celui-ci varie entre 1,22 à 3,67 Dh/m² pour l'aubergine, entre 4,29 à 1,47 Dh/m² pour le piment fort, entre 1,85 à 2,97 Dh/m² la pomme de terre et entre 4,97 à 6,07 Dh/m² pour la courgette et cela dans les deux sites de Tanfist et Tamait (Figure 4).

La comparaison des produits et charges de l'olivier et de la pomme de terre sous les deux systèmes d'irrigation a montré que les recettes ont été améliorées significativement de 47,9% pour l'olivier et de 31,6% pour la pomme de terre sous la micro-irrigation. Ainsi, les bénéfices ont été plus importants, soit environ 12960Dh/ha pour l'olivier et 38000Dh/ha pour la pomme de terre et ce grâce à l'investissement en goutte à goutte plus accessible pour les petits agriculteurs (soit 1005,27 Dh/ha/an pour les deux cultures) et une économie des charges de la main d'œuvre destinée à l'opération d'irrigation (400 Dh/ha et 1000 Dh/ha respectivement pour les deux cultures) et également une amélioration du rendement des deux cultures conduites sous la micro irrigation de 48% et 43% respectivement.

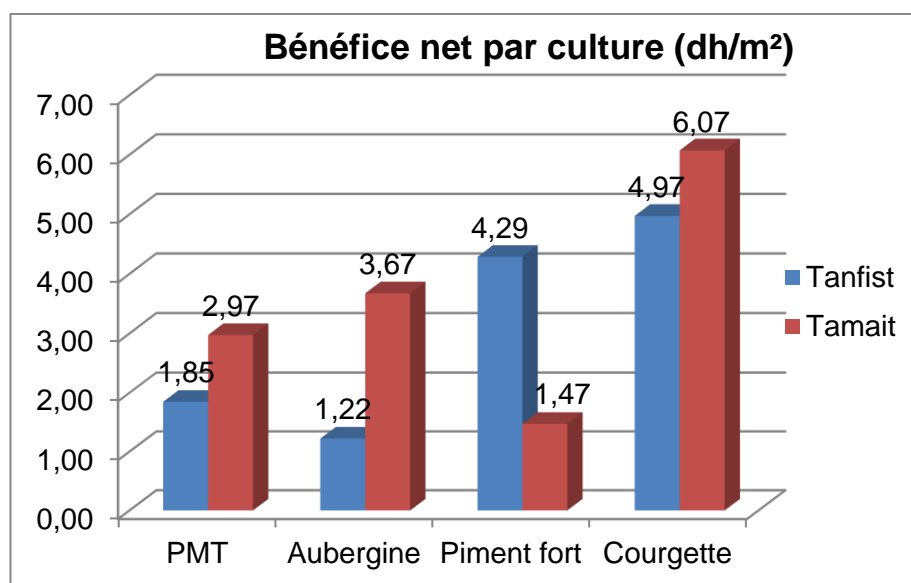


Figure 4 : Bénéfice net dégagé par culture et par site sous irrigation à basse pression.

Valorisation de l'eau d'irrigation

- **Productivité de l'eau (kg/m³)** : la productivité de l'eau est un indice de valorisation agronomique qui est calculé en rapportant la production agricole à la quantité d'eau consommée. Le tableau 1 résume la productivité de l'eau pour les deux systèmes étudiés.

Tableau 1 : Productivité de l'eau (kg/m³) pour les deux systèmes étudiés

Système d'irrigation	Pomme de Terre	Aubergine	Piment fort	Courgette	Olivier
Gravitaire	3.51	2.72	2.09	3.79	0.15
Goutte à goutte	11.36	8.31	6.59	10.94	0.43
Gain en productivité	7.85	5.59	4.50	7.14	0.28

Pour la culture de la pomme de terre (PMT), le système du goutte à goutte à basse pression a permis de produire 11,36 kg pour chaque m³ d'eau consommé, en d'autres termes, ce système a amélioré la productivité de 7,85 kg/m³ en comparaison avec celle du système gravitaire. De même, ce système a augmenté la productivité des cultures de la courgette, de l'aubergine, du piment fort et de l'olivier de 7.14, 5.59, 4.50 et 0.28 kg/m³ respectivement (Tableau 1).

- **Valorisation économique de l'eau (Dh/m³)**: Elle a pour objectif l'optimisation du rapport, valeur de la marge brute ou valeur ajoutée ou autre variable économique, par volume d'eau consommée.

Dans notre cas, La valorisation de l'eau est évaluée à travers la valeur ajoutée apportée à la consommation en eau. Les résultats montrent que la valorisation économique de l'eau avec le nouveau système d'irrigation localisée à basse pression est très importante. En effet, elle varie entre 9,54Dh/m³ pour la culture de la pomme de terre et 18,23 Dh/ m³ à 19,48Dh/m³respectivement pour les cultures du piment fort et de la courgette (Figure 5). Ainsi, du point de vue économique, le nouveau kit d'irrigation est un système très performant en termes de production et de valorisation de l'eau en comparaison avec l'ancien système gravitaire/traditionnel utilisé. De même, ce nouveau système a permis d'épargner du temps et de la main d'œuvre ce qui a encouragé la population à exploiter d'autres superficies délaissées et créer d'autres activités génératrices de revenus pour les femmes des deux sites, en particulier, la vente de panier biologique sur place pour la population locale et pour les visiteurs ou bien leur commercialisation en dehors de la commune principalement pour les hôtels d'Agadir.

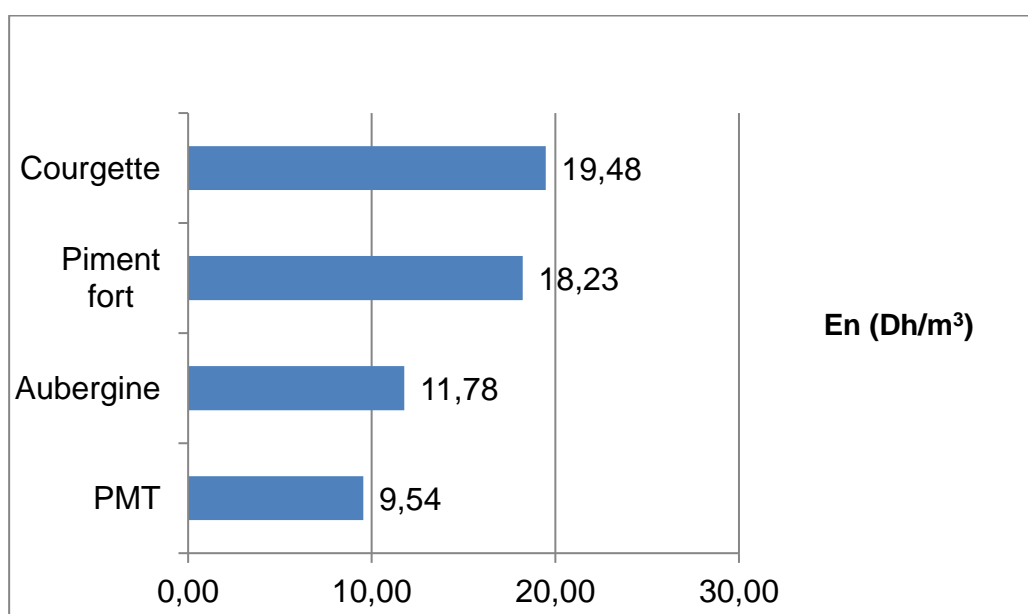


Figure 5 : Valorisation économique de l'eau

Conclusion

La petite irrigation à basse pression est une option technique innovante pour l'adaptation des populations vulnérables au changement climatique. Ce travail conduit dans deux communes, situées en zones de montagne, a permis la mise en culture des parcelles jachères et délaissées pour une longue période sous l'effet de la sécheresse. De même, ce travail a montré l'efficacité du système d'irrigation introduit pour la production de légumes diversifiés sur un territoire fragile afin d'assurer l'autosuffisance alimentaire des populations locales et l'accès aux ressources particulièrement pour les femmes.

En effet, ce système a permis d'augmenter la productivité des cultures allant jusqu'à 69 % pour certaines cultures et une économie d'eau allant jusqu'à 47%. Le coût du système d'irrigation équipé du kit solaire est de l'ordre de 7.52Dh/m². Cette charge pourra être amortie dès la quatrième année vue que le bénéfice net moyen dégagé pour les deux sites est de l'ordre de 3.32Dh/m².

Dans le cas où ce système sera généralisé au niveau de la zone d'étude, et sachant que la superficie potentiellement exploitable est de 30 ha sur l'ensemble de la commune et d'environ 5ha sur le site d'étude Taguenza, l'investissement d'un montant total de 376.000Dh sur cette dernière surface peut assurer à la communauté des recettes nettes annuelles allant de 163.500Dh pour les quatre premières années jusqu'à 299.000Dh après retour sur investissement à partir de la cinquième année.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Remerciements

Nous remercions l'INRA Maroc et le CRDI Canada pour le financement de cette activité dans le cadre du projet INRA/CRDI (convention N°104270-010).

Références

- Aït Lhaj A., Wifaya A., Mimouni A., Sedki M., Bouzoubaa Z., Elame F. et Azim K. (2012). Approche Ecosystémique intégrée pour l'Optimisation des petits barrages au Maroc : Analyse de scénarios en vue d'améliorer les capacités d'adaptation des communautés et la résilience des écosystèmes aux Changements climatiques. Rapport final du Projet INRA/CRDI N° 104270-010.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. (1998). Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Allen R.G. (2000). Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study, *Journal of Hydrology*, Volume 229, Issues 1–2,
- Elame F., Lionboui H., and Choukr-Allah R. (2016). Water use efficiency and valuation in agriculture in the Souss-Massa, The Souss-Massa River Basin, Morocco, *HdbEnvChem*, DOI 10.1007/698_2016_75, Springer International Publishing.
- Huang S. (2012). Evaluation of pre-packaged agricultural drip irrigation kits. (Bachelor of Science Thesis), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, United States.
- Keller J. and Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkle and trickle irrigation*: Van Nostrand Reinhold.
- Keller J. (2000). Gardening with low-cost drip irrigation in Kenya: For health and profit: Technical Report prepared for International Development Enterprises (IDE), http://www.siminet.org/fs_start.htm.
- Keller J. and Roberts M. (2004). Household-level irrigation for efficient water use and poverty alleviation. Paper presented at the CARDI International Conference on Research on Water in Agricultural Production in Asia for the 21st Century, Phnom Penh, Cambodia.
- Mimouni A., Wifaya A., Sedki M., AïtLhaj A., Bouzoubaa Z., Elame F. and Azim K. (2012). Rapport final du projet DRI-MVBINRA-AGADIR/ORMVA/SM N° 02/2008 (38/08ORSM), Renforcement de la recherche décentralisée Communes Rurales de : OUNEIN & TIZI N'TEST.
- Polak P. (2008). *Out of poverty - What Works When Traditional Approaches Fail*. San Fransisco, CA: Berret-Koehler.
- Postel S. (1999). *Pillar of sand: can the irrigation miracle last?* New York: WW Norton & Company.
- Postel S., Polak P., Gonzales F., and Keller J. (2001). Drip irrigation for small farmers: a New Initiative to Alleviate Hunger and Poverty. *Water International*, 26(1).p. 3 -13.doi: 10.1080/02508060108686882.

Van der Kooij S., Zwarteveen M., Boesveld H., and Kuper M. (2013). The efficiency of drip irrigation unpacked. *Agricultural Water Management*. 123. p.103-110. doi: 10.1016/j.agwat.2013.03.014

Venot J. P., Zwarteveen M., Kuper M., Boesveld H., Bossenbroek L., Kooij S. V. D., and de Fraiture C. (2014). Beyond the promises of technology: a review of the discourses and actors who make drip irrigation. *Irrigation and Drainage*. 63(2). p. 186-194. doi: 10.1002/ird.1839.

Wifaya A. (2012). Guide pratique d'adaptation aux changements climatiques : de la recherche à la pratique. Projet INRA/CRDI (convention N°104270-010).