

Typologie et efficacité des systèmes traditionnels d'irrigation gravitaire par aspersion dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun

Bathelemy NDONGO¹, Mathias F. FONTEH², F. AYANGMA³

¹Département de Génie Rural, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Univ^{****}

²Département de Génie Rural, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, BP. 447, Dschang, Cameroun; Tél: (237) 345 1701 Fax: (237) 345 1381, E-mail: matfonteh@yahoo.com

³Département de Génie Rural, École Supérieure des Travaux Publics, Yaoundé, Cameroun.

RESUME

L'échec constaté des systèmes d'irrigation à grande échelle et l'augmentation sans cesse de la population en Afrique au Sud du Sahara, ont amené certaines communautés africaines à se tourner vers la pratique de l'irrigation gravitaire par aspersion à petite échelle, avec l'usage d'un appareillage et des systèmes conçus et gérés par les paysans eux-mêmes. Les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, de par leur topographie et la densité de population, connaissent un essor remarquable dans le développement de ce type d'irrigation. Ces systèmes d'irrigation sont utilisés à Bafou, Djuititsa dans la province de l'Ouest, Santa dans la province du Nord-Ouest et Baranka dans les provinces du Sud-Ouest et de l'Ouest. Malgré cette expansion, l'étude de tels systèmes a trouvé jusque-là un intérêt très peu marqué dans la recherche en irrigation. Cet article fait état de l'étude menée à Bafou dans l'Ouest-Cameroun pour comprendre le principe et le fonctionnement de ces systèmes, afin d'améliorer leur conception, leur fonctionnement et son corollaire qui est la productivité agricole. Un parcours en long du réseau d'irrigation a été effectué pour la connaissance des systèmes en identifiant ce qui faisait office d'ouvrages ou d'équipements et en interrogeant les paysans. La détermination des paramètres de performance a été faite dans 25 parcelles selon les guides de « American Society of Agricultural Engineers ». La quantification de l'uniformité de l'arrosage s'est faite par le coefficient d'uniformité de Christiansen. L'efficacité d'application et l'efficacité de l'irrigation requise ont été évaluées par la méthode dite d'uniformité linéaire. Les résultats indiquent que toute l'eau appliquée se retrouve pratiquement dans la zone racinaire. Les petits systèmes d'irrigation gravitaire par aspersion, bien que présentant l'avantage d'être simples et peu coûteux, se caractérisent par un niveau de performance très bas. La récolte est de 16 tonnes/ha pour le chou et de 4 tonnes/ha pour le poireau, soit le quart des valeurs attendues. Ceci résulte du niveau assez bas de l'efficacité de l'irrigation requise (26%) et de la faiblesse du coefficient d'uniformité (20%). Cette faible uniformité de distribution est la résultante de très grands écarts entre les positions des tourniquets hydrauliques, leur taux de recouvrement n'excédant pas généralement 20%. Il s'ensuit une sous-irrigation des plantes. Les principales causes de la faible productivité de ces systèmes sont : l'usage d'ouvrages et d'équipements peu efficaces pour la régulation de l'écoulement, la mauvaise conception des systèmes, les connaissances limitées des paysans dans la programmation de l'irrigation et l'absence de structures d'encadrement des paysans dans la gestion de l'eau d'irrigation.

Mots clés : irrigation à petite échelle, tourniquet hydraulique, uniformité, efficacité, gestion de l'eau.

ABSTRACT

The failure of large scale irrigation systems in sub-Saharan Africa and demographic pressure has led some farmers to turn towards small-scale gravity powered sprinkler irrigation systems, designed and managed by themselves using locally made sprinkler heads. The use of this type of system is on an increase in the Western Highlands of Cameroon because of the topography and the population density. The system is used in Bafou, Djuititsa (western province), Santa (north west province) and Baranka (south west and west provinces). Despite this situation very little research has been carried out on such systems. This study was carried out on these systems in Bafou, a village in western province of Cameroon to better understand their functioning so as to recommend ways by which their design, operation and management can be improved with the aim of improving agricultural productivity. A reconnaissance survey was carried out to identify the type of equipment used by the farmers and at the same time farmers were interviewed. Performance evaluations were carried out on 25 farms using the guidelines suggested by the American Society of Agricultural Engineers. Uniformity was quantified using the Christiansen Uniformity Coefficient while the application and requirement efficiencies were determined using an analysis based on the Linear Model. The results obtained indicate that all the water applied remained within the root zone. However, despite the advantages of the system in terms of cost and simplicity the performance of the system is very poor. The yields obtained for cabbage are 16 ton/ha and 4 tons/ha for green peppers, being only one quarter of the expected values. This can be attributed to the very low requirement efficiency of 26% and the uniformity coefficient of 20%. The poor uniformity coefficient is due to the use of very wide sprinkler spacing resulting in percentage overlaps of not more than 20% and hence the crops are under irrigated. The poor productivity of this irrigated system can be attributed to the; use of poor quality structures and equipment to regulate flow, systems poorly designed and operated, limited knowledge of farmers in scheduling irrigations because of the absence of extension services in agricultural water management.

Key words: small-scale irrigation, gravity sprinkler, uniformity, efficiency, and water management.

INTRODUCTION

La « Vision Africaine de l'Eau », à cause des problèmes inhérents à la gestion de l'eau en Afrique, a lancé un appel pour l'accroissement de la productivité de l'eau dans l'agriculture pluviale et irriguée de 30% à l'horizon 2015, afin de renforcer la sécurité alimentaire dans le continent (UNECA *et al.*, 2000). Cette structure de concertation s'est assignée la tâche d'œuvrer pour l'accroissement de 50% de l'étendue actuelle des surfaces irriguées en Afrique dans les mêmes délais. Selon les estimations de l'UNESCO (2003), environ 25% de la population camerounaise est sous alimentée (c'est-à-dire : consomme une quantité insuffisante de calories). L'Institut National de la Statistique (2003) relève qu'environ 32% de la population, en deçà du seuil national de pauvreté au Cameroun, connaît une pauvreté plus intense en zone rurale où 33% de la population vit en deçà du seuil, comparé à environ 24% en zone urbaine. Une intensification de l'agriculture à travers l'irrigation peut à long terme augmenter les revenus des paysans et renforcer la sécurité alimentaire au Cameroun où l'Institut National de la Statistique (2002) fixe le seuil national de pauvreté aux revenus annuels inférieurs à 354,5 Euros par an, soit 0,97 Euro par jour.

L'intensification de l'agriculture à travers l'irrigation est l'une des stratégies pour assurer l'autosuffisance alimentaire à une population camerounaise qui croît à un rythme égal à 2,9% (Institut National de la Statistique, 2001). L'option première en faveur des grands projets d'irrigation s'est avérée inefficace, en raison de leur caractère onéreux et de la difficulté à assurer leur gestion et leur maintenance. Au Cameroun, les systèmes d'irrigation à grande échelle ont connu des performances mitigées et certains se trouvent aujourd'hui abandonnés (Fonteh, 1998). L'une des illustrations en est la Société de Développement de la Riziculture de la plaine de Mbo (SODERIM) où 4000 ha de terrain consacré à la culture du riz ont été abandonnés. L'exemple du Cameroun n'est pas un cas isolé. De nombreux systèmes d'irrigation à grande échelle en Afrique subsaharienne sont restés sans succès, l'accent devrait par conséquent être mis aujourd'hui sur des systèmes d'irrigation à petite échelle, encore appelés systèmes informels ou traditionnels gérés par les paysans eux-mêmes (Carter, 1989).

La recherche en irrigation s'est généralement focalisée sur des systèmes à grande échelle bien que la plupart des paysans utilisent des systèmes à petite échelle (Moris et Thom, 1985). Aujourd'hui, on note cependant une

montée certaine des projets d'irrigation à petite échelle conçus et gérés par les paysans; l'amélioration de ces systèmes peut se faire à coût bas avec un budget flexible (Eward *et al.*, 1986). Quelques études dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun (Leukeufack, 1998; Ngatchou, 1998; Ndongo *et al.*, 2003) ont démontré que ces systèmes d'irrigation informels présentaient d'importantes lacunes au niveau de leur conception et de la gestion de l'eau.

Ces systèmes se rencontrent à Bafou, Djuititsa, dans la province de l'Ouest, Santa dans la province du Nord-Ouest et Baranka dans les provinces du Sud-Ouest et de l'Ouest.

L'irrigation gravitaire par aspersion peut être effective partout où la source d'eau se situe relativement à une altitude élevée par rapport au champ. La différence d'élévation requise dépend du type d'arroseeur. Celle-ci est de 30 m au moins pour des arroseurs à faible pression et de 50 m au moins pour des arroseurs à moyenne pression. Ce type d'irrigation n'est pas réservée aux petits systèmes informels uniquement. Il est pratiqué dans des systèmes modernes d'irrigation à grande échelle pour éviter les dépenses énergétiques liées au pompage de l'eau. C'est ainsi que 300 ha de terrain sont irrigués gravitairement à Tiko dans la province du Sud-Ouest par la CDC-Delmonte. Le groupe SPNP-SBM-PHP basé à Njombé dans la province du Littoral dispose également d'un tel système près de Manjo.

L'irrigation gravitaire par aspersion, avec l'usage des tourniquets artisanaux, connaît un essor remarquable dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun. L'expansion de cette technique d'arrosage est liée à l'absence de dépense énergétique : les paysans, utilisant la topographie mettent en place des systèmes d'irrigation par aspersion ayant des tourniquets hydrauliques artisanaux. Ces systèmes, simples et peu coûteux, sont entièrement conçus et gérés par les paysans eux-mêmes. Les tourniquets hydrauliques utilisés se définissent comme un dispositif de distribution d'eau à bras comportant deux orifices placés tangentiellement aux cercles décrits par les bras qu'ils font tourner par un mouvement de réaction. La particularité de ces arroseurs est qu'ils sont fabriqués par des artisans qui utilisent à cette fin du matériel local : conduit d'électricité, tige de parapluie et fils de caoutchouc souple (Ndongo *et al.*, 2003). L'expansion de cette technique d'arrosage est également liée aux contraintes environnementales : étroitesse des surfaces cultivables, problème de dis-

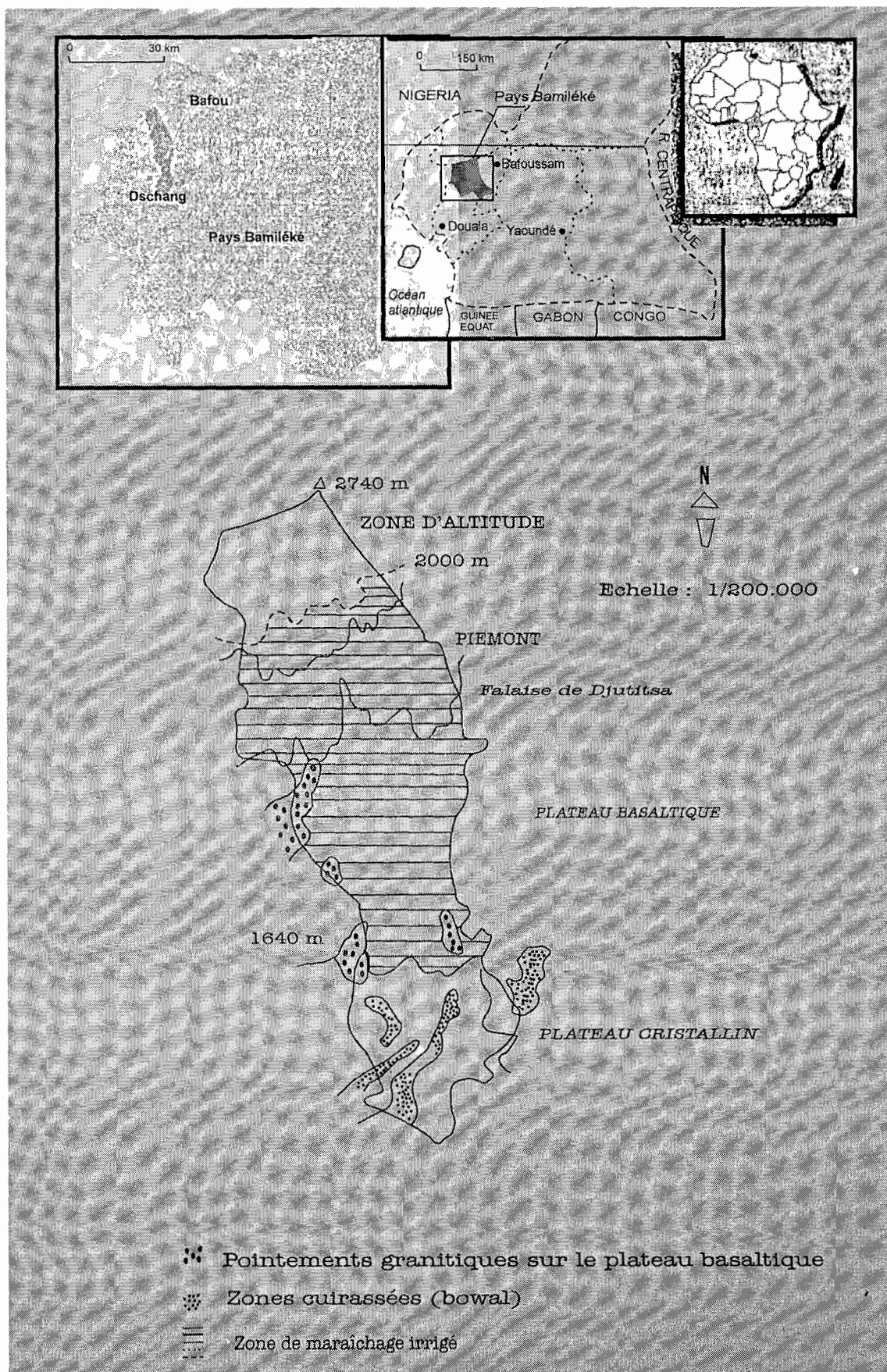


Figure 1: Localisation et Relief de Bafou

ponibilité de l'eau, précipitations insuffisantes pour le maraîchage pendant les mois écologiquement secs de l'année.

La présente étude se veut une contribution à la connaissance et à la maîtrise de ces systèmes. L'objectif principal est d'étudier les petits systèmes informels d'irrigation gravitaire par aspersion afin de comprendre leur fonctionnement, d'évaluer leur efficacité physique et d'améliorer leur conception.

Les travaux ont été effectués dans le village Bafou où les tourniquets hydrauliques artisanaux semblent avoir été confectionnés pour la première fois, et c'est de là

que cette technologie s'est répandue dans d'autres localités des Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun. Bafou connaît en outre une utilisation accrue de ce type d'appareillage et se présente ainsi comme village novateur. Le relief ondulé de ce village est assez propice pour ce type d'irrigation (fig. 1).

MATERIEL ET METHODES

Réseaux, équipements et uniformité de l'arrosage

Cette composante de l'étude présente la structure des réseaux d'irrigation et équipements, leur état et aptitude à assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été

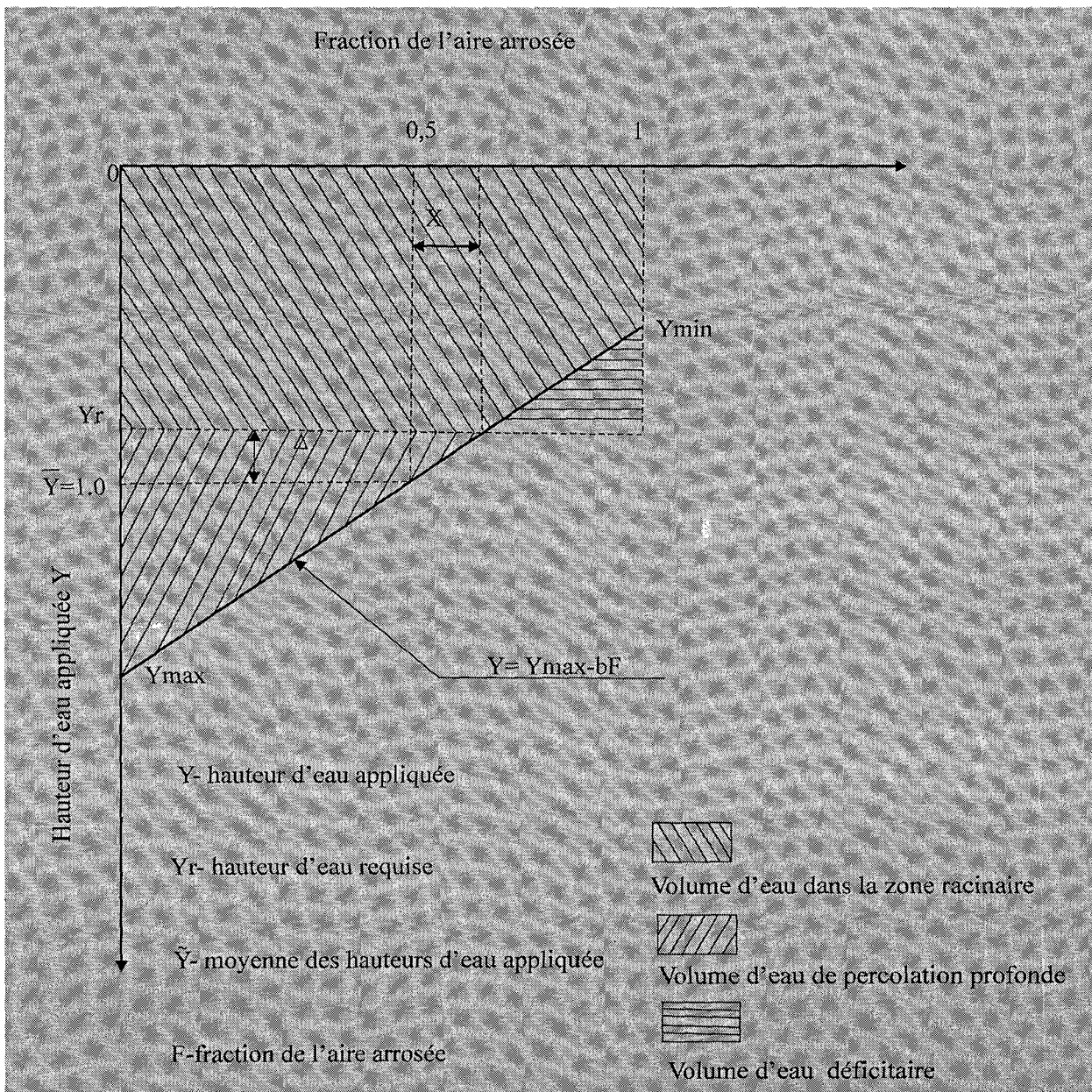


Figure 2: Modèle d'uniformité linéaire pour le calcul des efficacités requise et d'application

conçus et mis en place. Des interviews et l'observation visuelle de l'état des structures ont été effectués dans 25 parcelles agricoles. Les normes utilisées lors de la mise en place du dispositif et de procédure des tests sont de standards définis par ASAE (1988). Le système était mis en marche dans les conditions de pression, débit et durée d'arrosage habituellement utilisées par l'irriguant. La pression de commande de l'asperseur était mesurée par un manomètre, le débit d'écoulement quantifié par la méthode volumétrique qui consiste à identifier le temps de remplissage par l'eau, d'un récipient de volume connu. L'uniformité d'arrosage a été chiffrée par l'équation :

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}|}{n \bar{y}} \right] \quad (1)$$

où n = nombre de récipients relevés;
 y_i = relevés individuels (mm/h);
 \bar{y} = moyenne des relevés (mm/h);

CUC = coefficient d'uniformité de Christiansen (%).

Efficienc e de l'irrigation

Les paramètres d'effic ience sont l'effic ience d'applic ation (Ea) et l'effic ience de l'irrigation requise (Er). Leur calcul a été fait à l'aide de la méthode dite d'uniformité linéaire (Walker, 1980). Cette méthode est fondée sur la représentation, par régression linéaire, d'une courbe hauteur d'eau appliquée-fraction de l'aire arrosée. Les données sont rendues adimensionnelles en divisant chaque hauteur d'eau par la moyenne des hauteurs d'eau (fig. 2). Les équations définissant les paramètres d'effic ience selon Walker (1980) sont :

$$Ea = 1 - \Delta - (0,5b - \Delta)^2 / 2 b \quad (2)$$

$$Er = Ea / (1 - \Delta) \quad (3)$$

Où Δ –Différence entre les hauteurs d'eau requise et appliquée
 b –Pente

RESULTATS ET DISCUSSION

Réseaux et équipements

L'eau utilisée pour l'irrigation des champs est fournie par des cours d'eau permanents ou saisonniers. Ces cours d'eau s'écoulent sur les flancs des montagnes dont regorge la région. La prise d'eau est riveraine. De la prise vers les exploitations agricoles, l'eau s'écoule suivant les courbes de niveaux, puis dans des canaux secondaires vers les parcelles. Tous les canaux sont en terre, non revêtus, de pente régulière mais de forme géométrique imprécise. Des sacs remplis de terre font office de vanne de prise sur le canal principal.

Dans le canal secondaire, chaque irriguant aménage à l'aide des pierres ou des sacs de terre une petite retenue. Une prise de fond est effectuée dans la retenue pour l'alimentation en eau des parcelles à l'aide d'un tuyau en polyéthylène rigide (conduit d'électricité) de diamètre 11 ou 13 mm. Une demi-bouteille en plastique, recouverte d'un tamis fait office de crépine pour la prise de fond dans la retenue. La dénivellation entre la retenue et la parcelle varie de 30 à 45 m suivant les exploitations. La conduite de 150 à 200 m est reliée soit à un tourniquet hydraulique unique, soit dans des rares cas à 2 tourniquets à travers un partiteur. Les tourniquets sont attachés par des frondes à des tuteurs plantés au sol. Généralement 2 à 3 tourniquets arrosent simultanément une parcelle ; chaque tourniquet ayant une conduite latérale reliée à la source. La figure 3 présente les éléments du réseau.

Les tourniquets artisanaux sont en polyéthylène rigide (conduit d'électricité) et quelques fois en acier galvanisé. Ils ont la forme d'un té et une tige métallique d'un vieux parapluie fait office de raccord-union entre les deux composantes du té. Leurs caractéristiques physiques sont résumées dans le tableau 1 et représentées à la figure 4. Ces caractéristiques sont les mêmes que ceux obtenus par Ndongo *et al.*, (2003) pour les tourniquets hydrauliques artisanaux recensés dans les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun.

Tableau 1 : Paramètres physiques des tourniquets hydrauliques

Longueur des bras (mm)	Diamètre interne des bras (mm)	Diamètre des orifices (mm)	Angle d'inclinaison du jet (°)
$L_1 \leq 100$ $L_1/L_2 \leq 1,2$	11 ou 13	2 – 4	$28 \leq \alpha_1 \leq 32$ $28 \leq \alpha_2 \leq 30$

Tableau 2 : Résultats des tests de distribution en champ

	Culture	
	Poireau	Choux
Nombre de tests	11	14
Durée du test (heures)	6	3
Debit (l/s)	0,11	0,25
Pression (bars)	2,8	2,0
Espacement des arroseurs (m)	14	8,5
Diamètre du cercle arrosé (m)	15,6	9,6
Taux de recouvrement (%)	10	11,5
Coefficient d'uniformité de Christiansen (%)	20,3	19,4
Efficiéce d'application, E_a (%)	100	100
Efficiéce de l'irrigation requise, E_r (%)	29,6	23,5

Quelques caractéristiques générales se dégagent de l'analyse de ces systèmes:

1 Les débits des cours d'eau sont très variables et particulièrement bas à l'étiage; cela nécessite un plus grand aménagement des petits barrages d'accumulation pour la mobilisation et la régulation des

ressources en eau.

2 L'unité parcelleire d'arrosage, qui est la surface arrosée par l'asperseur ou le groupe d'asperseurs par position, est très petite et n'excède pas 200 m². Le débit disponible, dans le meilleur des cas, permet

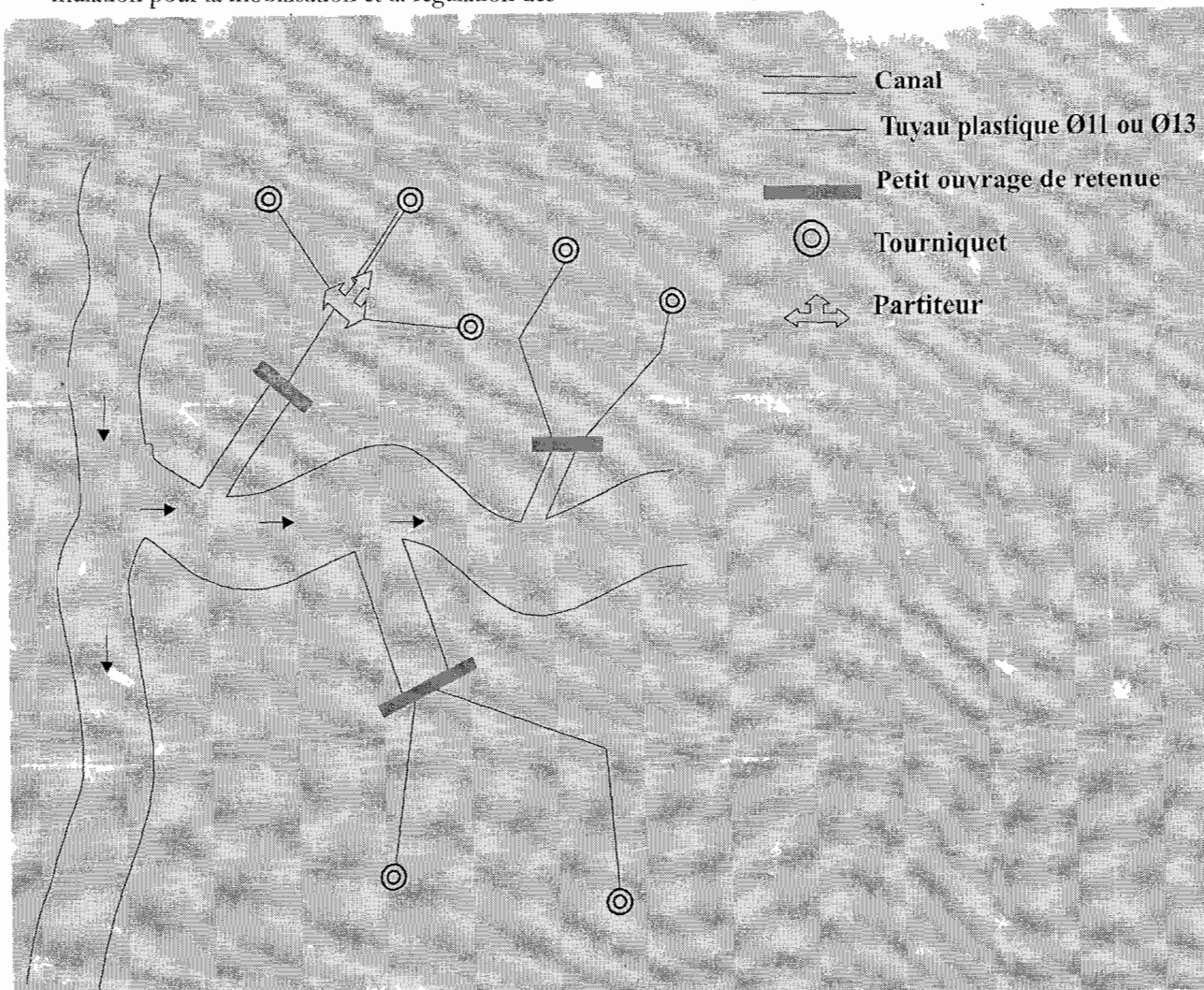


Figure 3: Les éléments du réseau d'irrigations

d'assurer 3 positions. Par conséquent la surface arrosable par ces systèmes est étroite. Chaque irrigant dispose d'un maximum de 6 heures pour son arrosage. L'intervalle d'irrigation varie de 1 à 3 fois par semaine. Il est fonction du type de culture et de son stade de développement ainsi que de l'accès à l'eau d'irrigation.

- 3 Les réseaux sont dépourvus d'ouvrage et d'appareil de réglage et de mesure des débits Les canaux d'irrigation sont non revêtus et à ciel ouvert ; ils sont par conséquent le siège d'énormes pertes d'eau par infiltration et évaporation.

Effizienz et uniformité des arrosages

Les tests de distribution réalisés dans 25 parcelles culturales ont donné les résultats présentés au tableau 2.

De l'analyse de ce tableau il résulte que l'effizienz d'application de l'eau, dans les limites de la parcelle est pratiquement égale à 100%, les pertes par évaporation étant négligeables. Cela signifie que toute l'eau appliquée finit sa course dans la zone racinaire à 45 cm de profondeur. Il s'en suit une absence de perte par ruissellement et par percolation profonde. Cependant, cette effizienz d'application élevée reste la conséquence d'une effizienz de l'irrigation requise très faible. Celle-ci est de 10 mm (26%) en effet. Les plantes sont par conséquent sous-irriguées et la récolte est de 16 tonnes/ha pour le chou et de 4 tonnes/ha pour le poireau, soit le quart des valeurs attendues.

Le tableau 2 montre en outre que la moyenne du coefficient d'uniformité de Christiansen est de 20%. Cette

valeur est très éloignée de celle de 80% recommandée par Walker (1980), pour une bonne distribution de l'eau. La faible uniformité de distribution résulte de très grands écarts entre les positions, le taux de recouvrement n'excédant pas généralement 20%. Ndongo *et al.*, (2003) dans des conditions de pressions, donc de topographie similaire, avec des tourniquets artisanaux analogues avaient obtenu des coefficients d'uniformité de répartition allant jusqu'à 85% en conditions de vent stable. Les irriguants devraient donc associer le choix des tourniquets adaptés à leur topographie à une disposition judicieuse en champ et à un temps d'arrosage opportun pour arriver à une répartition plus uniforme de l'eau dans le profil cultural.

CONCLUSIONS

Les systèmes traditionnels d'irrigation gravitaire par aspersion dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun sont faits d'un matériel simple et disponible sur le marché local. Ils se caractérisent par l'absence d'ouvrages de régulation et de mesure des débits et affichent de faibles performances dans un environnement où l'eau est un facteur limitant pour une agriculture de contre-saison. Leurs faibles performances s'expliquent par une conduite de l'irrigation basée uniquement sur l'intuition ou l'expérience de l'irriguant. Toutefois ces systèmes présentent l'avantage d'être simples et bon marché (38 à 46 Euros pour 200 m de tuyau et 3 tourniquets). L'usage d'ouvrages de régulation et de contrôle de débits améliorerait la distribution de l'eau entre les irriguants. Une initiation des irriguants à la sélection des tourniquets et au choix du temps d'arrosage serait en outre une voie vers une répartition uniforme de l'eau dans le profil cultural. La résultante en serait une

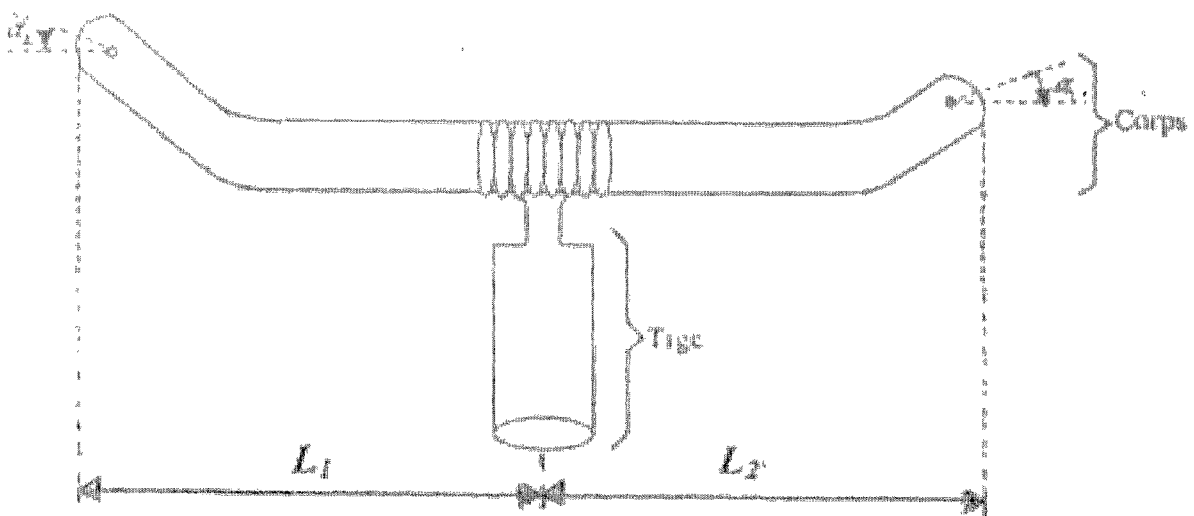


Figure 4: Caractéristiques physiques des tourniquets

meilleure gestion de l'eau d'irrigation à l'échelle de la parcelle avec son corollaire d'augmentation de la production agricole, base de toute sécurité alimentaire.

REFERENCES

ASAE, (American Society of Agricultural Engineers), 1988. Standards. Procedure for sprinkler testing and performance reporting. ASAE S 398.1, pp.529-530.

Carter, R., (editor), 1989. *NGO casebook on small-scale irrigation in Africa*. Food and Agricultural Organisation, Rome, 85 pp.

Eward, M., Yoder, R., Groenfeldt, D., 1986. Farmer-managed irrigation: research issues: ODI/IIMI Irrigation management network paper 86/3c, ODI, London, 21 pp.

Fonteh, M.F., 1998. Farmer managed irrigation in the Western Highlands of Cameroun: constraints and opportunities for development. In *Agricultural engineering, environment and development*, Hatibu, N., Mahoo, H.F., Makunga, Silayo, C.K., and Mzirai, O.B.(ed). Proceedings of the SEASAE conference held 2-4 October 1996 in Arusha, Tanzania, pp. 109-115.

Institut National de la Statistique, 2001. Annuaire statistique du Cameroun 2000. Ministère de l'Economie et des Finances, Yaoundé, Cameroun.

Institut National de la Statistique, 2002. Deuxième enquête camerounaise auprès des ménages (ECAM II) : profil de pauvreté en milieu rural au Cameroun. INS, Yaoundé, Cameroun.

Institut National de la Statistique, 2003. Deuxième enquête camerounaise auprès des ménages (ECAM II) : pauvreté et genre au Cameroun. INS, Yaoundé, Cameroun.

Lekeufack, H.P., 1998. Etude des systèmes d'irrigation à petite échelle conçus et gérés par les paysans: cas du village Bafou à l'Ouest-Cameroun. Mémoire d'Ingénieur Agronome, FASA, Université de Dschang, Cameroun, 85 pp.

Motis, J.R., Thom, D.J., (compilers), 1985. African irrigation overview: an annotated bibliography. Water management synthesis II project report # 37, Utah State University, Logan, Utah, USA, 283 pp.

Ndongo, B., Fonteh, M.F., Wamy, A. C., 2003. Petits systèmes d'irrigation par aspersion au Cameroun : Contraintes et perspectives d'amélioration. Sud Sciences et Technologie N°10 juin 2003, pp.4-9.

Ngatchou, T.E.L., 1998. Etudes des systèmes d'irrigation dans les Monts Bamboutous: cas de la chefferie Babadjou à l'Ouest-Cameroun. Mémoire d'Ingénieur Agronome, FASA, Université de Dschang, Cameroun, 96 pp.

UNECA, OUA, ADB, 2000. Safeguarding life and development in Africa: a vision for water resources management in the 21st century. Africa caucus presentations at the second world water forum at The Hague, March 18th 2000, ECA, Addis Ababa, 43 pp.

UNESCO, 2003. Water for people, water for life: The United Nations World Water Development Report, UNESCO Publishing & Berghahn Books.

Walker, W.R., 1980. Sprinkler and trickle irrigation, 4th edition. Colorado State University, Ft Collins, USA, 177 pp.

Received: 20/10/2004

Accepted: 02/06/2005