

# EFFET DES APPORTS D'EAU ET DU PAILLAGE SUR LE RENDEMENT CHEZ LA MORELLE NOIRE (*Solanum scabrum* MILL.) A L'OUEST-CAMEROUN

A. L. TAPATAGNY<sup>1\*</sup>, A. BOUKONG<sup>1</sup>, J. P. MVONDO AWONO<sup>2</sup>, E. MBOUA<sup>1</sup> ET C. M. E. BOYOMO SANGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang, BP 222 Dschang, Cameroun.

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, University of Buea P.O. Box 63 Buea, Cameroon.

E-mail : arthurlandry.tapa@yahoo.fr\*; aboukong@yahoo.fr ; jpmvondoa@yahoo.fr ; mbouaetienne2001@gmail.com ; bcecilemerveilleernestine@gmail.com

\* Auteur correspondant : arthurlandry.tapa@yahoo.fr

## RESUME

La morelle noire occupe une place importante dans l'économie de l'Afrique subsaharienne et contribue à la sécurité alimentaire. Sa production est limitée en contre-saison par une irrigation inappropriée et coûteuse. L'étude vise à optimiser la gestion de l'eau en contre-saison pour une meilleure production de morelle noire. Ce travail a été mené à l'aide d'un dispositif en split split-plot. Il ressort qu'en contre-saison, les rendements les plus élevés de 59259 et 54311 kg/ha ont été obtenus avec un apport d'eau de 8,4 et 10,0 mm/jour associé à 5 t/ha de paille (F1V2M5) statistiquement identique à 59200 et 55852 kg/ha obtenu en pourvoyant 16,8 et 20,0 mm tous les 2 jours sans paillage (F2V2M0) en première et deuxième campagne, respectivement. La combinaison la plus rentable (RVC = 3,8) est F2V1M10, qui réduit de 60 % l'apport en eau totale et le coût de désherbage manuel. Le coût d'irrigation (V2 : 1 258 729 FCFA) et de désherbage (CMOSD M0 et M5 : 325908 et 786788 FCFA) ayant réduit le RVC des combinaisons les plus productives ; F2V2M0 et F1V2M5 à 3,5 et 2,6, respectivement. L'étude devrait être élargie à d'autres régions du pays afin d'augmenter la production nationale de ce légume.

**Mots-clés** : Irrigation, contre-saison, gestion de l'eau, rentabilité, Oxisol.

## ABSTRACT

### **EFFECT OF WATER SUPPLY AND MULCHING ON THE YIELD IN BLACK NIGHTSHADE (*Solanum scabrum* MILL.) IN WEST-CAMEROON**

*Black nightshade plays an important role in the economy of sub-Saharan Africa and contributes to food security. Its production is limited in the off-season by inappropriate and costly irrigation. The study aims to optimise water management in the off-season for better production of black nightshade. This work was carried out using a split split-plot design. It was found that in the off-season, the highest yields of 59259 and 54311 kg/ha were obtained with a water supply of 8.4 and 10.0 mm/day associated with 5 t/ha of mulch (F1V2M5), which is statistically identical to the 59200 and 55852 kg/ha obtained by supplying 16.8 and 20.0 mm every 2 days without mulching (F2V2M0) in the first and second seasons, respectively. The most lucrative combination (RVC = 3.8) is F2V1M10, which reduces total water input by 60% and the cost of manual weeding. The cost of irrigation (V2: 1,258,729 FCFA) and weed control (CMOSD M0 and M5: 325908 and 786788 FCFA) reduced the RVC of the most productive combinations; F2V2M0 and F1V2M5 to 3.5 and 2.6, respectively. The study should be extended to other regions of the country in order to increase national production of this vegetable.*

**Keywords:** Irrigation, off-season, water management, profitability, Oxisol.

## INTRODUCTION

Les légumes africains jouent un rôle important de création des revenus et contribuent à la sécurité alimentaire des zones périurbaines de nombreuses villes africaines (Schippers, 2000). L'importance des légumes feuilles dans les pays en développement connaît un essor dû à leur valeur nutritionnelle et médicinale (Prasad *et al.*, 2008).

La morelle noire à larges feuilles (*Solanum scabrum* Mill.) est une dicotylédone avec une tige forte ailée plus ou moins dentée, des fleurs blanches ou pourpres claires et des baies subsphériques de couleur pourpre foncée, caractéristiques très distinctives de cette dernière (Berinyuy *et al.*, 2002). Elle est la plus importante et consommée de tous les légumes feuilles traditionnels en Afrique subsaharienne (Mwai *et al.*, 2012) et au Cameroun en particulier où la demande est croissante (Boukong *et al.*, 2018). La composition nutritionnelle de ce légume feuille a montré des niveaux de protéines et fer considérables (Edmonds et Chweya, 1997), qui fourniraient 50 % et 100 %, respectivement, des besoins quotidiens (Abukutsa *et al.*, 2010). Les légumes seraient ainsi une alternative aux régimes alimentaires à base de poisson et de viande dont les prix sont très élevés. Malgré tous les effets bénéfiques résultant de la consommation de la morelle noire, très peu de travaux de recherche se sont intéressés à sa culture, compromettant ainsi la production et l'offre sur le marché.

Les faibles rendements observés chez les producteurs de la morelle noire dans la région de l'Ouest-Cameroun sont principalement dus à la mauvaise gestion des maladies et l'indisponibilité des pesticides (28,7 %), aux fertilisations inappropriées (24,7 %) et à une irrigation inadaptée (20,3 %) ; le reste (25,3 %) étant contribué par les semences, les équipements, le sarclage (Boukong, 2017). Concernant l'irrigation, seulement 9 % des producteurs de la zone font de la culture hors bas-fond en contre-saison (Boukong, 2017). La diminution des terres cultivées en légumes en contre-saison est due au faible nombre de producteurs intéressés. Ceci est lié à la faible disponibilité en eau dans les bas-fonds et du coût élevé de l'irrigation. Face à cette difficulté, le paillage peut contribuer à améliorer la production. En effet, le paillage contribue à la conservation de l'humidité du sol. En modifiant

les conditions microclimatiques du sol, il empêche la croissance des mauvaises herbes, réduit l'évaporation et augmente l'infiltration de l'eau (Yang *et al.*, 2003).

L'objectif de la présente étude est d'améliorer économiquement la production de la morelle noire en contre-saison à travers une meilleure gestion de l'eau. Cet objectif sera atteint en déterminant la combinaison fréquence d'irrigation, volume d'eau pourvu et quantité de paille nécessaires pour une production rentable de ce légume en contre-saison sur un Oxisol à l'Ouest-Cameroun.

## MATERIELS ET METHODES

### DESCRIPTION DU SITE

L'étude a été menée à la ferme d'application et de recherche de l'université de Dschang au Cameroun en contre-saison sur deux campagnes portant sur les périodes de fin janvier 2017 à fin avril 2018 pour la première campagne et de début janvier 2018 à début avril 2019 pour la deuxième campagne. La parcelle était située à 5,445° de latitude Nord et à 10,071° de longitude Est sur des Oxisols à 15 m d'une source d'eau. L'altitude est de 1392 m au-dessus du niveau de la mer. La zone connaît un climat de type équatorial montagneux avec une saison sèche et une saison humide.

### EAU D'IRRIGATION

L'eau utilisée pour l'irrigation provenait d'une retenue située à 15 m de la parcelle expérimentale. La composition chimique de l'eau d'irrigation a été déterminée à travers des analyses réalisées à l'unité de recherche d'analyse des sols et de chimie de l'environnement de la faculté d'agronomie et des sciences agricoles de l'université de Dschang.

## MATERIEL

### MATERIEL VEGETAL ET PAILLE

La variété de morelle noire SS09 a été utilisée. Elle est caractérisée par de larges feuilles. Elle est la plus appréciée dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun. Les résidus de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) issus des

campagnes culturales précédentes ont servi de paille en raison de leur disponibilité pendant la période d'expérimentation. La teneur en humidité de ces résidus a été déterminée afin de quantifier la paille à appliquer en fonction de la teneur en matière sèche.

## METHODE

### TRAITEMENTS

Les traitements sont les différentes combinaisons des fréquences d'irrigation, des volumes d'eau appliqués et des quantités de paille épandues. Le facteur principal était la fréquence d'irrigation à 2 modalités (tous les jours = F1 et tous les 2 jours = F2) ; le facteur secondaire était le volume d'eau appliqué à 2 modalités (6,0 mm/jour et 6,2 mm/jour = V1 et

8,4 mm/jour et 10,0 mm/jour = V2 en première et deuxième campagne, respectivement) et le facteur tertiaire était le paillage à 3 modalités (0 t/ha = M0, 5 t/ha = M5 et 10 t/ha = M10 de matière sèche de paille). Initialement les volumes V1 et V2 choisis étaient de 300 mm (4 mm/jour) et de 600 mm (8 mm/jours) basés sur l'ETP moyen journalier de 4 mm/jour dans la zone d'étude calculée suivant la méthode de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), pour le cycle végétatif de *S. scabrum* (75 jours après repiquage). Cependant, cette valeur a été modifiée suite au retour précoce des pluies et portée à 453 mm (6,0 mm/jour) et 463 mm (6,2 mm/jour) pour V1, et à 631 mm (8,4 mm/jour) et 747 mm (10,0 mm/jour) pour V2 en première campagne et deuxième campagne, respectivement. Les combinaisons des différentes modalités des facteurs étudiés sont résumées dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Combinaisons des modalités des trois facteurs utilisés.

*Combinations of the modalities of the three factors used.*

Facteurs	Volumed'eau en sous-parcelle						
	V1			V2			
	Niveau de paillage en sous sous-parcelle						
	M0	M5	M10	M0	M5	M10	
F1	F1V1M0	F1V1M5	F1V1M10	F1V2M0	F1V2M5	F1V2M10	
F <sub>pp</sub>	F2	F2V1M0	F2V1M5	F2V1M10	F2V2M0	F2V2M5	F2V2M10

**F<sub>pp</sub>** : Fréquence d'Irrigation en parcelle principale. Frequency of irrigation in main plot.

### DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental était un plan en tiroirs subdivisés (split split-plot) avec trois blocs chacun constitué de 12 unités expérimentales. Les unités expérimentales mesuraient 1,25 m x 2 m séparées les unes des autres par 1 m afin d'éviter les transferts d'eau entre elles. Les blocs étaient espacés de 1,5 m.

### ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE

Les travaux ont débuté en saison sèche basé sur les relevées météo qui montrait que les pluies reviennent généralement en fin mars. Suite aux variabilités intra et intersaisonnière il y a eu des pluies inopinées qui ont modifiées

les volumes V1 et V2 choisis.

Les données climatiques (eau apportée par les précipitations et irrigation, et température) ont été recueillies quotidiennement pendant la période de l'étude et les moyennes faites pour le cycle. Le Tableau 1 montre que la morelle noire a reçu une quantité totale de 453 mm et 463 mm d'eau pour le traitement V1, et 631 mm et 747 mm pour le traitement V2 en première et deuxième campagnes, respectivement. La hauteur des pluies et le nombre de jours des pluies étaient moins élevés en seconde campagne (262 mm pour 19 jours de pluie) qu'en première (354 mm pour 35 jours de pluie). Elles ont été utilisées pour l'estimation des paramètres en relation avec la croissance et la production de la morelle noire.

**Tableau 1** : Données climatiques prévalant lors des deux campagnes.*Climatic data prevailing during the two cropping seasons.*

Caractéristiques	75 Jours après repiquage				
	NJ (jours)	Première campagne		Deuxième campagne	
		V1	V2	V1	V2
		35		19	
Volume d'eau pourvu (mm)	P (mm)	354		262	
	I (mm)	99	277	201	485
	Total (mm)	453	631	463	747
Température moyenne	T (°C)	23,5		23,2	

P = Précipitations (rainfall) ; I = irrigation (irrigation) ; NJ = nombres de jours de pluie. Numbers of rainy days.

### PRATIQUES CULTURALES

Cinq tonnes de fiente de poudeuse ont été appliquées par hectare deux jours avant le repiquage des plantules de morelle âgées d'un mois. Quatre jours après le repiquage, 600 kg/ha de l'engrais composé NPK-20.10.10 ont été épanchés en lignes à 5 cm des plantes. Les traitements phytosanitaires ont été effectués tous les 15 jours à l'aide d'un fongicide systémique et de contact Ridomil gold (m.a. Méfénoxam et oxyde de cuivre) à la dose de 50 g/pulvérisateur. Le contrôle des insectes a été effectué tous les 15 jours avec du Cypercal 50 EC (m.a. Cyperméthrine) à la dose de 36 cl/pulvérisateur.

### RECOLTE DE LA MORELLE NOIRE

Au cours des 75 jours que dure le cycle végétatif de la morelle noire, quatre récoltes ont été effectuées à 30, 45, 60 et 75 jours après repiquage sur 18 plantes par unité expérimentale en excluant les 22 plantes de bordures. La tige principale a été coupée à 15 cm au-dessus du sol pour la première récolte, puis les ramifications récoltables (longueur > 5 cm) ont été coupées à 1 cm de la tige principale lors de la deuxième, troisième et quatrième récolte comme décrit par Boukong (2017). Les plantes étaient par la suite regroupées et pesées à l'aide d'une balance de précision 50 g pour obtenir leurs masses dans l'estimation du rendement commercial cumulé.

### ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU SOL

Des échantillons de sol et de fiente de poudeuse ont été analysés pour en déterminer les

propriétés physiques et chimiques. La distribution de la taille des particules a été faite par la procédure de Bouyoucos (1962). Le pH du sol a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Le phosphore a été extrait à l'aide d'une solution de Bray II et lu dans un spectrophotomètre (de marque Techmel, modèle 752P, USA). Le K et le Na ont été déterminés à l'aide d'un photomètre à flamme (de marque JENWAY, model PFP7, United Kingdom) et le Mg et le Ca par titrages complexométriques. La CEC apparente (CEC7) a été déterminée selon Pauwels *et al.* (1992). Une partie de l'échantillon de sol fin a servi à l'analyse du carbone organique (CO) et l'azote total-Kjeldahl (Pauwels *et al.*, 1992).

### ANALYSES STATISTIQUES

Les données générées ont été compilées en utilisant le tableur Excel. Un test de Fischer a été fait pour la comparaison des deux campagnes. L'ANOVA a été faite pour la fréquence d'irrigation, le volume d'eau appliqué, la quantité de paille épanchée et leurs différentes combinaisons. La séparation des valeurs moyennes des combinaisons a été effectuée par le test de rang multiple de DUNCAN. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.2.2 en utilisant le package Agricolae.

### ANALYSES ECONOMIQUES

Des techniques d'analyse budgétaire partielle ont été utilisées dans l'évaluation de l'incidence économique des différentes combinaisons de facteurs. Le calcul du rapport valeur sur coût (RVC) a été effectué pour évaluer la rentabilité des engrais en fonction de l'irrigation et du paillage. Les éléments de coûts utilisés ont été

les suivants :

- Engrais (E) : 400 FCFA/kg (0,61 €/kg) pour le NPK-20.10.10 et 55 FCFA/kg (0,08 €/kg) pour la fiente de pouleuse ;
- Epandage des engrais (EE) : 35 000 FCFA/ha (53,36 €/ha) pour la fiente de pouleuse et 25 000 FCFA/ha (38,11 €/ha) pour le NPK-20.10.10 ;
- Transport d'engrais (TE) et Transport de la paille (TP) : 5 FCFA/kg (0,01 €/kg) ;
- Pose de la paille (PP) : 112 500 FCFA/ha (171,51 €/ha), à raison d'une moyenne de 4 d'hommes jour (HJ)/ha ;
- Main-d'œuvre supplémentaire de la récolte (MOSR) : 7,5 FCFA/kg (0,11 €/kg) de matière fraîche récoltée (Boukong *et al.*, 2018) ;
- Coût différentiel de la main-d'œuvre supplémentaire du désherbage manuel (CDMOSD) : Il a été obtenu en chiffrant la différence entre le nombre d'homme-jour (HJ) nécessaire pour le désherbage manuel d'un hectare de morelle noire paillée à 10 t/ha et celui nécessaire pour désherber manuellement les autres doses de pailles (0 et 5 t/ha de paille) ;
- Application de l'eau (AE) sur la base de 6,67 HJ/ha pour un apport de 8 mm, soit 10 979 FCFA/jour/ha (16,74 €/jour/ha) ;
- Pompage de l'eau (PE) estimé à 20 % du prix d'achat. Il correspond à l'amortissement de la motopompe ajusté à ses frais d'entretien plus la consommation du carburant.

Le coût total (CT) est obtenu de la somme des différents coûts susmentionnés.

- L'intérêt sur investissement (II) de la production sous paillage a été obtenu de la formule suivante :
- $II = [CT \times 4,25 \% \times (n / N)]$  ; où n = durée de la production en jours à partir de l'épandage de fumier de volaille (77 jours) ; N = nombre de jours dans l'année (365 jours) ; 4,25 % est le taux d'intérêt annuel reconnu dans l'économie camerounaise.
- Le coût total de production (CP) par l'usage de l'engrais, l'eau et la paille devient donc  $CP = CT + II$  ;

- Le prix de revient du rendement supplémentaire (PRRS) est le produit d'un rendement supplémentaire et le prix unitaire de la vente bord-champ qui est de 130 FCFA/kg en contre-saison (0,20 €/kg) ;

- Rendement supplémentaire (RS) = rendement moyen de la combinaison des modalités des facteurs moins le rendement moyen de la combinaison témoin sans engrais de l'unité correspondante : F1V1M0 = T1, F2V1M0 = T2, F1V2M0 = T3 et F2V2M0 = T4.

La rentabilité des engrais sous irrigation et utilisation du paillage pour les différents traitements a été calculée comme suit :

$$RT (\%) = [(PRRS - CP) / CP] \times 100$$

$$= [(PRRS / CP) - 1] \times 100$$

$$= (RVC - 1) \times 100$$

Dans cette étude, nous présenterons l'influence des facteurs étudiés sur l'optimisation de l'utilisation des engrais par la morelle noire. L'analyse portera sur les rendements groupés des deux campagnes sur 2 hectares.

## RESULTATS

### CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DU SOL, DES FIENTES ET DE L'EAU D'IRRIGATION

Les sols des deux sites expérimentaux avaient respectivement une texture de limon sableux en première campagne et sable limoneux en deuxième campagne (Tableau 3). Le pH-eau était compris entre 5,3 et 6,0 au cours des deux campagnes avec une différence  $\Delta$  pH (pH-KCl - pH-H<sub>2</sub>O) négative. La CEC du sol à pH7 était comprise entre 10 et 25 méq/100g et la somme des bases variait entre 5 et 10 méq/100g. La somme de bases des fientes est passée de 77,14 méq/100g à la première campagne à 14,76 méq/100g à la deuxième.

Les détails sur les teneurs en chacun des éléments minéraux, en matière organique, le rapport C/N et sur les autres propriétés de l'eau d'irrigation sont contenus dans le Tableau 3.

**Tableau 3** : Caractéristiques physicochimiques des sols, fientes et eau d'irrigation.*Physicochemical characteristics of the soil, poultry manure and irrigation water.*

Paramètres	Première Campagne		Seconde Campagne		Eau d'irrigation
	Fiente	Sol	Fiente	Sol	
Sable		59,00 ± 0,67		78,00 ± 0,33	
Limon		21,67 ± 1,67		19,00 ± 0,33	
Argile		19,67 ± 1,45		3,00 ± 0,58	
CE (dS/m)					0,048
Turbidité (NTU)					150
RAS [méq/l] <sup>1/2</sup>					2,15
Classe texturale (FAO)		Limon sableux		Sable limoneux	
pH-H <sub>2</sub> O	7,7	5,6 ± 0,18	7	5,7 ± 0,09	6,59
pH-KCl		4,7 ± 0,01		5,0 ± 0,06	
CO (%)	28	1,97 ± 0,39	33,04	2,60 ± 0,15	
MO (%)	48,27	3,76 ± 0,32	56,97	4,48 ± 0,25	
N total (%)	2,7	0,21 ± 0,03	21,91	1,90 ± 0,02	
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg, mg/l <sup>-</sup> )	8,4		1,24		2,8
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	60		17,864		1,12
C/N	10,37	9,15 ± 0,89	15,08	14,32 ± 2,71	
Ca <sup>2+</sup> Ech. (méq/100g, mg/l <sup>-</sup> )	24	2,59 ± 0,39	5,6	3,95 ± 0,27	68
Mg <sup>2+</sup> Ech. (méq/100g, mg/l <sup>-</sup> )	4	2,92 ± 0,91	7,6	1,01 ± 0,23	29,16
K <sup>+</sup> Ech. (méq/100g, mg/l <sup>-</sup> )	34,36	0,58 ± 0,00	1,49	0,46 ± 0,05	0
Na <sup>+</sup> Ech. (méq/100g, mg/l <sup>-</sup> )	14,78	0,29 ± 0,04	0,07	0,14 ± 0,01	10,62
Σ bases (méq/100g, mg/l <sup>-</sup> )	77,14	6,37 ± 0,79	14,76	5,56 ± 0,43	
Sat. Base (%)		37,11 ± 4,30		43,66 ± 0,32	
CEC (méq/100g)		17,15 ± 0,25		12,74 ± 1,04	
P disponible (ppm)		8,53 ± 0,95	97,7	11,23 ± 1,25	
P total (ppm, mg/l)	5212,8		6879		61,16

**COMPARAISON DES DEUX CAMPAGNES**

La comparaison générale des deux campagnes a montré une différence significative (P < 0,05)

avec une prédominance de la première campagne (49494 kg/ha) sur la deuxième campagne (44693 kg/ha). Justifiant ainsi leur analyse séparée.

**Tableau 4** : Comparaison des deux campagnes.*Comparison of the two cropping campaigns.*

Campagnes	Rendement moyen
Première campagne (2017)	49494 ± 7531
Deuxième campagne (2018)	44693 ± 8345
F.pr	*

\* = Différence significative (significant difference) (P < 0,05) ; F.pr = probabilité de Fischer (Fischer probability)

**EFFET DE LA FREQUENCE D'IRRIGATION, DU VOLUME D'EAU APPORTE ET DU PAILLAGE SUR LES RENDEMENTS FRAIS CUMULES COMMERCIALISABLES**

La combinaison fréquence x volume x paille a eu un effet significatif ( $P < 0,05$ ) à la première campagne et hautement significatif ( $P < 0,01$ ) à la seconde campagne sur les rendements (Tableau 5). A la première campagne le rendement frais cumulé maximum a été de

59259 ± 855 kg/ha, obtenu en pourvoyant l'eau à 8,4 mm/jour sur un sol paillé à 5 t/ha (F1V2M5) et le minimum (41317 ± 5189 kg/ha) obtenu sur un sol paillé à 5 t/ha avec une application d'eau de 6,0 mm/jour (F1V1M5). En seconde campagne, le rendement frais maximum (55852 ± 2242 kg/ha) a été obtenu en pourvoyant tous les deux jours 20,0 mm sur un sol non paillé (F2V2M0), et le minimum (32474 ± 1833 kg/ha) obtenu avec un apport journalier de 6,2 mm sur un sol non paillé (F2V1M0).

**Tableau 5** : Analyse de la variance du rendement frais cumulé dans les deux campagnes.

*Analysis of variance of the yield in the two cropping campaigns.*

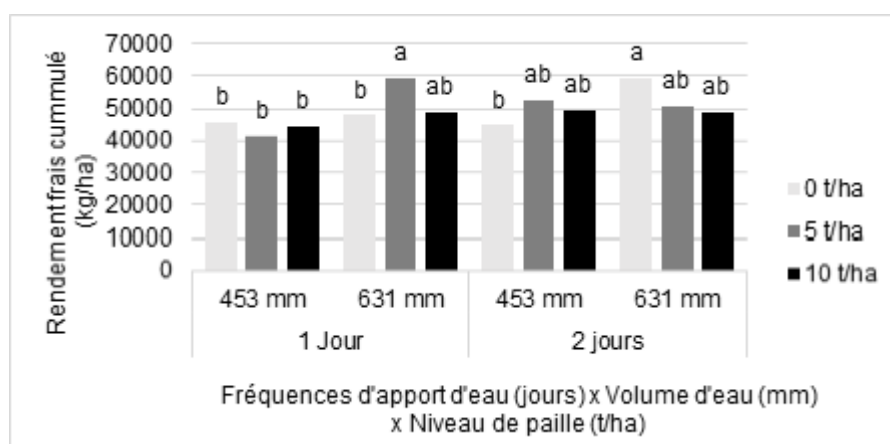
Source de variation	Première campagne	Seconde campagne
Fréquence d'irrigation	NS	NS
Volume d'eau d'irrigation	*	**
Paillage	NS	*
Fréquence x Volume	NS	NS
Fréquence x Paillage	NS	NS
Volume x Paillage	NS	*
Fréquence x Volume x Paillage	*	**

NS = Non significatif (not significant) ( $P \geq 0,05$ ) ; \* = Différence significative (significant difference) ( $P < 0,05$ ) ; \*\* = différence hautement significative (highly significant difference) ( $P < 0,01$ ).

**SEPARATION DES MOYENNES DES RENDEMENTS FRAIS CUMULES DUS AUX EFFETS DES COMBINAISONS DES MODALITES DES FACTEURS FREQUENCE X VOLUME X PAILLE**

Les résultats en première campagne montrent que l'apport journalier de 8,4 mm d'eau sur un sol paillé à 5 t/ha (F1V2M5) donne le meilleur rendement (59259 kg/ha). Il est statistiquement identique au rendement (59200 kg/ha) obtenu

en apportant 16,8 mm d'eau tous les deux jours sans paillage (F2V2M0). Les rendements obtenus par F1V2M5 et F2V2M0 sont statistiquement identiques au rendement (52444 kg/ha) obtenu en apportant 12,0 mm d'eau tous les deux jours sur un sol paillé à 5 ou 10 t/ha (F2V1M5 ou F2V1M5). Les apports journaliers de 6,0 mm d'eau avec ou sans pailles (F1V1M0, F1V1M5 et F1V1M10) ont données les plus faibles rendements de 45735, 41317 et 44830 kg/ha, respectivement.

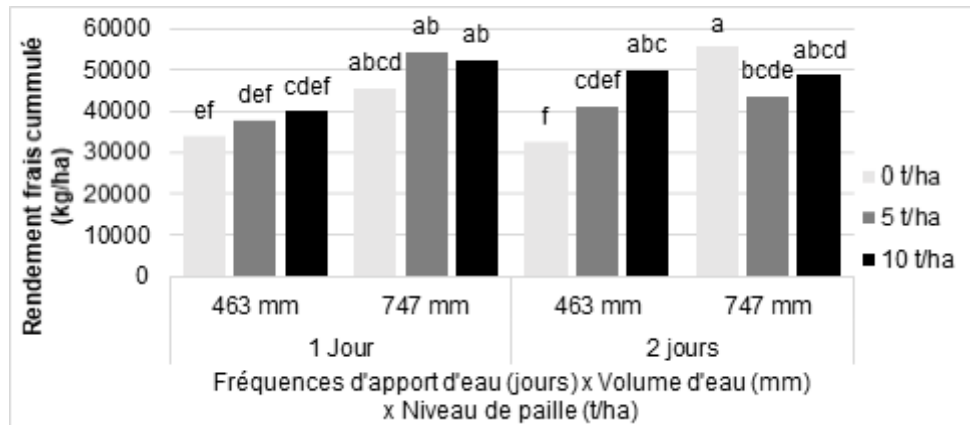


**Figure 1** : Séparation des rendements moyens frais cumulés de la première campagne en fonction des combinaisons fréquence x volume x paille.

*Separation of mean cumulative fresh yields of the first campaign with respect to frequency x volume x mulch combinations.*

Le meilleur rendement (55852 kg/ha), en valeur absolue a été obtenu avec les combinaisons d'apport d'eau de 20,0 mm tous les deux jours sur un sol non paillé (F2V2M0) en deuxième campagne. Toutefois, il est statistiquement identique au rendement obtenu en faisant un apport journalier de 10,0 mm d'eau sur le sol

paillé à 5 t/ha (F1V2M5 : 54311 kg/ha) et 10 t/ha (F1V2M5 : 52296 kg/ha). Les rendements les plus faibles ont été obtenus en appliquant 6,2 mm sur un sol non paillé tous les jours (F1V1M0 : 33896 kg/ha) ou sur 12,4 mm tous les deux jours (F2V1M0 : 32474 kg/ha).



**Figure 2** : Séparation des rendements moyens cumulés de la campagne 2018 en fonction des combinaisons fréquence x dose x paille.

*Separation of mean cumulative fresh yields of the first campaign with respect to frequency x volume x mulch combinations.*

## ANALYSE ECONOMIQUE DES DEUX CAMPAGNES GROUPEES

L'analyse financière du groupement des deux campagnes sur 2 ha (Tableau 6) montre qu'en gros, toutes les 12 combinaisons de facteurs en 2,5 mois de production ont enregistré des valeurs de RVC compris entre 2,3 et 3,8 (moyenne : 3,04). F2V1M10, la meilleure combinaison a représenté une valeur de RVC de 25 % supérieure (RVC = 3,8) à la moyenne des 12 combinaisons expérimentées (Tableau 6). Elle a reçu l'eau tous les deux jours sur la base de 6,0 et 6,2 mm/jour associés à un paillage de 10 t/ha de résidu de haricot commun à la première campagne et deuxième campagne,

respectivement. Les combinaisons F1V1M10 et F2V2M0 avec les meilleurs rendements ont occupé le deuxième rang avec chacune une valeur de RVC égale à 3,5.

RCM = Rendement Cumulé moyen (Average Cumulative yield) (kg) ; RS = Rendement Supplémentaire (Additional yield) (kg) ; CT = Coût total (Total cost) (FCFA) ; II = Intérêt sur investissement (Interest on investment) (FCFA) ; CP = Coût total de production (Total production cost) (FCFA) ; PRRS = Prix de revient de la récolte supplémentaire (Revenue from the additional harvest) (FCFA) ; RVC = Rapport valeur sur coût (Value to cost ratio) (FCFA) ; RT = Rentabilité (Profitability) (%).



**Tableau 6** : Analyse financière des deux campagnes groupées sur 2 ha.*Economic analyses of the two grouped cropping campaigns on 2 ha.*

Combinaisons	RCM (kg)	RS (kg)	CT (FCFA)	II (FCFA)	CP (FCFA)	PRRS (FCFA)	RVC (FCFA)	RT (%)
T1	41082	-	-	-	-	-	-	-
F1V1M1	79631	60632	2 272 507	20375	2 292 882	7 882 199	3,4	243,77
F1V1M2	79283	60284	2 928 699	26258	2 954 957	7 836 922	2,7	165,21
F1V1M3	84830	65831	2 448 985	21957	2 470 942	8 558 030	3,5	246,35
T2	53873	-	-	-	-	-	-	-
F2V1M1	80533	52443	2 171 003	19465	2 190 468	6 817 600	3,1	211,24
F2V1M2	100592	72502	3 061 465	27448	3 088 913	9 425 303	3,1	205,13
F2V1M3	98794	70704	2 370 835	21256	2 392 091	9 191 493	3,8	284,25
T3	63378	-	-	-	-	-	-	-
F1V2M1	90459	60381	3 012 353	27008	3 039 361	7 849 530	2,6	158,26
F1V2M2	106755	76677	3 848 589	34506	3 883 095	9 968 024	2,6	156,70
FAV2M3	101985	71907	3 080 627	27620	3 108 247	9 347 949	3,0	200,75
T4	52057	-	-	-	-	-	-	-
F2V2M1	115052	88828	3 285 277	29455	3 314 732	11 547 621	3,5	248,37
F2V2M2	94696	68472	3 882 849	34813	3 917 662	8 901 389	2,3	127,21
F2V2M3	97629	71405	3 127 321	28039	3 155 360	9 282 713	2,9	194,19

RCM = Rendement Cumulé moyen (Average Cumulative yield) (kg) ; RS = Rendement Supplémentaire (Additional yield) (kg) ; CT = Coût total (Total cost) (FCFA) ; II = Intérêt sur investissement (Interest on investment) (FCFA) ; CP = Coût total de production (Total production cost) (FCFA) ; PRRS = Prix de revient de la récolte supplémentaire (Revenue from the additional harvest) (FCFA) ; RVC = Rapport valeur sur cout (Value to cost ratio) (FCFA) ; RT = Rentabilité (Profitability) (%).

## DISCUSSIONS

### ENVIRONNEMENT PEDOCLIMATIQUE

Les températures moyennes en première et seconde campagne sont convenables pour la culture de la morelle noire. Mwai *et al.* (2012) ont montré que les températures optimales de croissance de la plante se situent entre 15 °C et 35 °C. Les apports en eau de 453 mm et 463 mm étaient marginaux et celles de 631 mm et 747 mm optimaux en première et seconde campagne, respectivement, par référence aux besoins hydriques du tabac, une autre solanacée annuelle comme la morelle noire, rapportés par Sys *et al.* (1993).

Les pH des fumiers de volailles utilisés dans les deux campagnes étaient modérément alcalins ( $7,0 < \text{pH} < 8,5$ ). Ces fumiers de volailles avaient un niveau très élevé de matière organique (% MO > 6,0) qui était de bonne qualité en première campagne ( $10,0 < \text{C/N} < 14$ ) mais de mauvaise qualité ( $14,0 < \text{C/N} < 20,0$ ) en seconde campagne. Cependant, l'application du fumier a augmenté la teneur en éléments nutritifs des sols (Tableau 3).

Le pH-eau des sols était de 5,6 et 5,7 en première campagne et en deuxième campagne, respectivement, indiquant une acidité modérée et une aptitude modérée des sols pour la culture de la morelle noire comparés aux valeurs optimales de pH pour cette culture définie par Edmonds et Chweya (1997). En assimilant les textures des sols avec celle optimale pour la culture du tabac (*Nicotiana tabacum*) qui est une solanacée et par rapport à ses exigences pédoclimatiques selon Sys *et al.* (1993), on se rend compte que la texture du site en première campagne n'a aucune limitation à la croissance de la morelle noire contrairement au site de la seconde campagne qui limite la croissance de cette dernière.

La conductivité électrique (CE) de l'eau d'irrigation était très faible ( $\text{CE} < 0,7 \text{ dS/m}$ ). Même chose pour le ratio d'absorption du sodium (RAS) qui était très faible [ $2,15 \text{ (méq/l)}^{1/2}$ ]. Il n'y a donc pas de lixiviation ou de dispersion éventuelle dans le sol due à cette application d'eau selon les normes de l'OMS (2004) pour l'eau d'irrigation. En somme les caractéristiques chimiques de cette eau ne présentent donc aucune restriction à son utilisation pour l'irrigation.

## COMPARAISON DES DEUX CAMPAGNES

La différence significative obtenue lors de la comparaison générale des deux campagnes est sûrement due à la variation des pluies dans les deux campagnes qui ont contribué au volume d'eau pourvu à hauteur de 354 mm pour 35 jours de pluie en première campagne et 262 mm pour 19 jours en seconde campagne. Comme l'ont observé Mulumba *et al.* (2008), les effets du paillage sur les propriétés physiques du sol peuvent varier selon le type de sol, le climat, le type de gestion, le type de paillage et l'utilisation des terres.

## EFFET DES COMBINAISONS FREQUENCE X VOLUME X PAILLE SUR LE RENDEMENT FRAIS CUMULE DE LA MORELLE NOIRE

L'analyse montre qu'avec le volume d'eau le plus élevé (V2), le rendement frais cumulé se comporte très différemment. Lorsqu'on arrose tous les jours (F1), on récolte plus où 5 t/ha de paille a été appliqué plutôt que 0 ou 10 t/ha de paille ; dans ces conditions l'application de 5 t/ha de paille favorise une meilleure production. Lorsqu'on arrose tous les deux jours (F2), il vaut mieux ne pas avoir paillé son sol, car le rendement est alors meilleur sans paillage.

En fait, le paillage du sol a raison de 5 t/ha de la combinaison F1V2M5 a dû augmenter la profondeur du front d'humectation à une profondeur optimale et conduit à une rétention de l'eau du sol plus importante au niveau racinaire. Cette rétention conduit à une bonne alimentation hydrique en éléments nutritifs dissouts dont dépend la production accrue de feuilles de la morelle noire (rendement). Ces résultats corroborent ceux de Wang *et al.* (2021) qui ont montré qu'une application de 2,5 à 5 t/ha de paille organique favorisait une meilleure rétention de l'eau par le sol. Par contre, le résultat obtenu à une fréquence d'apport d'eau tous les 2 jours pour un même volume cumulé d'eau est dû au fait qu'à cette fréquence, le volume d'eau appliqué a produit un front d'humectation important. Ce front d'humectation associé à la présence de la paille cause des percolations, favorisant l'infiltration profonde de l'eau dans le sol en dessous de la zone racinaire effective et un lessivage des bases réduisant ainsi le rendement sur les parcelles paillées à 5 et 10 t/ha par rapport aux parcelles non paillées (F2V2M0). Ce résultat est similaire à celui rapporté par Zhang *et al.* (2007) qui ont montré qu'au cours d'une année humide (grand volume

de précipitations), l'eau a atteint des horizons plus profonds sous le paillage que sous un sol nu, ce qui s'est traduit par une percolation en profondeur supérieure de 15 %.

L'intrusion des pluies était moindre en deuxième campagne (262 mm pour 19 jours de pluie) par rapport à la première campagne (354 mm pour 35 jours de pluie). Ceci a rendu l'effet de la fréquence d'irrigation nul dans les deux campagnes et l'effet paille x volume est nul en première campagne uniquement. Les résultats obtenus en seconde campagne ont confirmé que, la paille améliore la rétention des faibles apports d'eau (V1) par le sol, un phénomène précédemment trouvé par Wang *et al.* (2021) ainsi que le rendement. L'utilisation de 10 t/ha de paille dans la combinaison F2V1M10 a réduit le volume d'eau appliqué de plus de 60 % et donné un rendement élevé statistiquement identique à ceux des combinaisons F1V2M5 et F2V2M0 obtenu à V2. Ce résultat corrobore ceux de Yang *et al.* (2003), et de Raes *et al.* (2009) qui ont montré que le paillage contribue à la conservation de l'humidité du sol en modifiant les conditions microclimatiques du sol, réduit l'évaporation et augmente l'infiltration de l'eau.

La combinaison significative de la fréquence x volume x paille dans les deux campagnes sur les rendements (Tableau 5), indique l'effet bénéfique conjoint de ces trois facteurs sur le rendement. L'intérêt du paillage varie donc en fonction de la fréquence d'arrosage et du volume d'eau appliqué ; où à M0 c'est F2V2, à M5 c'est F1V2 et à M10 c'est F1V2 qui donnent relativement les meilleurs rendements. Ensuite, l'effet du volume d'eau qu'on apporte dépend de la fréquence d'apport et de la quantité de paille en place ; où à V1 c'est F2M10 et à V2 c'est F2M0 qui donnent relativement les meilleurs rendements. Enfin, les effets de la fréquence d'arrosage sont fonction du volume d'eau apporté et de la quantité de paille mise en place ; où à F1 c'est V2M5 et à F2 c'est V2M0 qui donnent relativement les meilleurs rendements.

## RENTABILITE ECONOMIQUE DES DEUX CAMPAGNES GROUPEES

Lorsque les deux campagnes sont regroupées, la combinaison la plus rentable sur deux hectares a été celle qui a utilisé un apport bicircadien d'eau de 12,0 et 12,4 mm en première et deuxième campagne, respectivement sur un sol paillé à 10 t/ha (F2V1M10) avec un RVC de 3,8. En fait, selon la FAO (1987) reprise par le

consortium africain de la santé des sols (A.S.H.C., 2015), suite à une application d'engrais dans un environnement où l'eau ne constitue pas une contrainte, un  $RVC \geq 2$  est acceptable et diffusable. Ce résultat montre que le paillage a favorisé une économie de l'eau et réduit le coût d'irrigation en augmentant l'efficacité d'utilisation de l'eau par la morelle noire. Des travaux antérieurs conduits par Raes *et al.* (2009) ont trouvé que le paillage favorise la rétention de l'eau par le sol et ceux d'Adekalu *et al.* (2007) ont rapporté que l'infiltration augmente avec la couverture du sol la plus élevée qui améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau par la plante.

Le fait pour les traitements les plus productifs F2V2M0 et F1V2M5 de n'avoir pas été les plus rentables est très probablement dû à leurs coûts élevés d'irrigation (V2 : 1 258 729 FCFA contre V1 : 533787 FCFA) et du désherbage manuel (CMOSD M0 et M5 : 325908 - 786788 FCFA contre CMOSD M10 : 0 FCFA) qui ont réduit les profits. En effet, les paillages à 0 et 5 t/ha ne couvriraient le sol qu'à 0 et 50 %, respectivement, favorisant le développement des adventices et rendant ainsi le désherbage manuel plus difficile et plus coûteux tandis que celui à 10 t/ha recouvrirait entièrement le sol, inhibant ainsi la poussée des adventices.

## CONCLUSION

Le paillage n'est pas forcément la solution si les quantités d'eau sont optimales pour la production de la morelle noire en contre-saison. Cependant, il est toujours possible avec la paille d'obtenir de bons résultats si la quantité de paille est adéquate. Dans l'Ouest-Cameroun où le but recherché est la production familiale maximale, un apport journalier de 8,4 et 10,0 mm/jour associé à 5 t/ha de paille (F1V2M5) ou un apport bicircadien de 16,8 et 20,0 mm sans paille (F2V2M0) améliorerait les rendements. Par ailleurs, si le but recherché est la rentabilité commerciale, un arrosage bicircadien de 12,0 et 12,4 mm associé à 10 t/ha de paille (F2V1M10) est préférable, car rend la production plus profitable ( $RVC = 3,8$ ) grâce aux coûts de désherbage et de l'irrigation considérablement réduits.

Ce travail a montré que les effets du paillage varient non seulement en fonction de la fréquence d'apport d'eau, du volume d'eau appliqué et de la quantité de paille épandue, mais aussi du

climat et du type de sol. Cette information relative à la production de la morelle noire devrait être étendue aux différentes régions du pays correspondantes aux différents environnements pédoclimatiques. La morelle noire étant une plante à cycle court (3 mois), la paille peut être efficace dans la conservation de l'eau du sol et le contrôle des adventices. Il serait aussi utile d'évaluer les effets du paillage sur l'érodibilité des sols et de sa décomposition sur les caractéristiques des sols et la production des cultures subséquentes.

## REFERENCES

- A.S.H.C. 2015. African Soil Health Consortium. Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des sols édité par Thomas Fairhurst, 169 p.
- Abukutsa-Onyango M. O. and J. Karimi. 2007. Effects of nitrogen levels on growth and yield of broad-leafed African nightshade (*Solanum scabrum* Mill.). *Acta Horti*, 745: 379 - 386.
- Adekalu K., I. Olorunfemi and J. Osunbitan. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresources Technology*, 98(4): 912 - 917.
- Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy (FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. 300 p).
- Berinyuy J. E., D. A. Fontem, D. A. Focho and R. R. Schippers. 2002. Morphological diversity of *Solanum scabrum* Mill. accessions in Cameroon. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 131: 42 - 48.
- Boukong A. 2017. Optimisation de la productivité de la morelle noire (*Solanum scabrum* Mill.) sur un oxisol des hauts plateaux de l'ouest Cameroun. Thèse de Doctorat, faculté d'agronomie and agricultural sciences, Université de Dschang, Cameroun, 206 p.
- Boukong A., R. Ghogomu, J. P. Mvondo-Awono, F. O. Tabi and G. Meko. 2018. Effect of plant spacing and use of organo-mineral fertilizers on biomass yield and profitability of *Solanum scabrum* Mill. cultivation on an aquox in the western highlands of Cameroon. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 8(4): 122 - 131.
- Bouyoucos G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis

- of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464 - 465.
- Edmonds J. M. and J. A. Chweya. 1997. Black nightshades (*Solanum nigrum* L.) and related species. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 15. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 115 p.
- F.A.O. 1987. Fertilizer strategies. Food and Agricultural Organization of the United Nation. FAO Land and Water Development series. FAO, Rome, Italy, 148 p.
- Mulumba L. N. and R. Lal. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 98: 106 - 111.
- Mwai G. N., C. O. Ojiewo, P. W. Masinde and S. G. Agong. 2012. Good agricultural practices for African nightshade production in sub-Saharan Africa. *Scripta Horti*, 15: 55 - 73.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 2004. Directives de qualité pour l'eau de l'irrigation, Vol. 1 : 3eme édition. Genève, Suisse, 101 p.
- Pauwels J., E. V. Ranst, M. Verloo and Z. A. Mvondo. 1992. Méthodes d'analyses de sols et de plantes. Manuel de Laboratoire de Pédologie - équipement et gestion des stocks de verrerie et de produits chimiques. Bruxelles, Belgique : G.C.D, 180 p.
- Prasad K. N., G. R. Shiramurthy and S. M. Aradhya. 2008. Ipomoea aquatica, an underutilized Green Leafy Vegetable: A Review. *International Journal of Botany*, 4(1): 123 - 129.
- Raes D., P. Steduto, T. C. Hsiao and E. Fereres. 2009. Aquacrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description, *Agronomy Journal*, 101(3): 438 - 447.
- Schippers R. R. 2000. African indigenous vegetables an overview of the cultivated species. Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Chatham, UK, 214 p.
- Sys C., E. Van Ranst, J. Debavaye and F. Beer-naert. 1993. Land Evaluation. Part III. Crop requirements Agricultural Publication N°7. AGCD. Rue du champ de Mars 05. Brussels, Belgium, 199 p.
- Wang B., J. Niu, R. Berndtsson, L. Zhang, X. Chen, X. Li and Z. Zhu. 2021. Efficient organic mulch thickness for soil and water conservation in urban areas. *Scientific Reports*, 11(1): 6259 p.
- Yang Y. J., R. S. Dungan, A. M. Ibekwe, C. Valenzuela-Solano, D. M. Crohn and D. E. Crowley. 2003. Effect of organic mulches on soil bacterial communities one year after application, *Biology and Fertility of Soils*, 38(5): 273 - 281.
- Zhang S., L. Lövdahl, H. Grip, P. Jansson and Y. Tong. 2007. Modelling the effects of mulching and fallow cropping on water balance in the Chinese Loess Plateau. *Soil and Tillage Research*, 93(2): 283 - 298.