DEREGLEMENT SAISONNIER ET PRODUCTION DU HARICOT (*Phaseolus Vulgaris*) DANS LA PLAINE DU NOUN (OUEST-CAMEROUN)

SEASONAL DISTURBANCE AND BEAN'S PRODUCTION IN THE NOUN PLAIN (WEST CAMEROON)

*Yves Léopold **NONO,** *Chargé de Recherche à l'Institut National de Cartographie, Laboratoire de Recherche en Risques et Catastrophes BP 157 Yaoundé.* nono_yves@yahoo.fr

Aloysious **KOHTEM LEBGA**, *Maître de Recherche à l'Institut National de Cartographie*

Martin **FOUDA,** *Professeur Titulaire à l'Université de Douala, Département de Géographie*

Paul **TCHAWA,** *Professeur Titulaire à l'Université de Yaoundé I, Département de Géographie*

RESUME

Le haricot est une plante potagère présentant diverses variétés améliorées qui se distinguent par la couleur (vert, noir, violet, beige, à filets, rouge, blanc vert, marbré) et le port qui peut être nain ou volubile. Les variétés grimpantes utilisent les tiges de maïs laissées pendant la récolte du mois de juillet comme support pour une production optimale de la campagne d'août à décembre. Dans la plaine du Noun sur les Hautes Terres de l'Ouest du Cameroun, l'année 2022 a connu une production du haricot satisfaisante tandis qu'en 2023 elle a baissé en raison selon certains agriculteurs d'une abondante pluviométrie pendant le dernier trimestre de l'année qui a largement dépassé les besoins hydriques de la plante. Dès lors l'impact négatif de ce dérèglement saisonnier sur la productivité de cette plante potagère mérite d'être élucider afin de rapprocher cette observation empirique des producteurs à une approche plus rationnelle. A partir des données obtenues à la station météorologique du barrage de Bamendjing, une analyse synchrone a été faite entre la hauteur des pluies (P), l'évapotranspiration réelle du haricot (ETR ou ETP x KC), mesurées à l'échelle décadaire et les exigences en eau du haricot à chaque stade de sa croissance qui va des semis à la récolte. Cet exercice portant sur deux années successives ont produit des résultats qui ont été validés par des entretiens semi-directifs auprès d'une centaine d'acteurs du monde rural composés des agriculteurs et le personnel d'encadrement technique. Il en ressort qu'en 2022, les besoins hydriques du haricot ont été comblés à toutes les phases de son développement, donnant lieu à des rendements élevés aussi bien pour ceux ayant semé en août qu'en septembre. Dans ces deux cas les bilans hydriques décadaires P- (ETP x KC) sont négatifs pour un total de -204 mm et -169 mm aux mois de novembre respectivement correspondant aux stades où les exigences en eau sont modestes. Par contre en 2023, au mois d'août qui est la date des semailles habituelles, le prolongement de la saison pluvieuse en fin octobre a entretenu une forte humidité au mois de novembre avec un bilan hydrique positif de +41 mm qui a été préjudiciable à la floraison et à la maturation des gousses. Cependant les semis tardifs qui sont intervenus au mois de septembre ont donné de bons rendements à cause du fléchissement de la pluviométrie intervenu plutôt en décembre avec un bilan mensuel P-(ETP x KC) de -177 mm au moment où la quantité d'eau requise par la plante est limitée. Cette perturbation saisonnière a fait passer les récoltes à l'hectare de 14 sacs de 100 Kg à 9 sacs et s'est répercutée sur les marchés locaux par la flambée des prix de certaines variétés qui ont connu une hausse allant de 4000 frs CFA à 9000 frs CFA pour un seau de 15 litres.

Mots clés : dérèglement saisonnier, haricot, besoin hydrique, synchronie ou compatibilité, rendement, stade de croissance.

ABSTRACT
Beans are a vegetable crop with various improved varieties distinguished by their color (green, black, purple, beige, netted, red, white-green, and marbled) and their growth habit, which can be dwarf or twining. Climbing varieties use corn stalks left over from the July harvest as support, ensuring optimal growth and production during season which run from August to December. Bean production was satisfactory in 2022 but declined in 2023 in the Noun plain on the western highland according to some farmers that attributed it to abundant rainfall during the last quarter of the year, far exceeding the plant's water requirements. Therefore, the negative impact of this seasonal disruption on the productivity of this vegetable crop warrants further investigation to bridge the gap between producers' empirical observations and a more rational approach. Using data from the Bamendjing Dam meteorological station, a synchronous analysis was conducted, comparing rainfall (P), bean evapotranspiration (ETR or ETP x KC), measured over ten days, and the plant's water requirements at each stage of its growth, from sowing to harvest. This exercise, covering two consecutive years, produced results that were validated by semi-structured interviews with around one hundred actors in the rural world, including farmers and technical support staff. The findings indicate that in 2022, the water requirements of the beans were met at all stages of their development, resulting in high yields for both those sown in August and September. In both cases, the ten-day water balances P- (ETP x KC) were negative, totaling -204 mm and -169 mm in November, respectively, corresponding to stages with modest water requirements. However, in 2023, during August, the usual sowing date, the extended rainy season into late October maintained high humidity in November, with a positive water balance of +41 mm, which was detrimental to flowering and pod maturation. However, the late sowings that took place in September resulted in good yields due to the drop in rainfall that occurred earlier in December, with a monthly P-(ETP x KC) balance of -177 mm at a time when the amount of water required by the plant is limited. This seasonal disturbance reduced the yield per hectare from 14 bags of 100 kg to 9 bags and impacted local markets with a surge in the prices of certain varieties, which increased from 4,000 to 9,000 CFA francs for a 15-liter bucket.
Keywords : seasonal variation, beans, water requirements, synchrony, yield, growth stage.

INTRODUCTION

Le « changement climatique » a un impact négatif sur la productivité agricole dans les campagnes africaines depuis au moins les années 2000. Ce terme générique revêt plusieurs dimensions qui se distinguent par le pas de temps d'observation de la série des données météorologiques. Aussi parle-t-on du changement climatique proprement dit, de variabilité climatique et de variabilité saisonnière selon que l'échelle d'observation est respectivement millénaire, séculaire, ou pluriannuelle faisant apparaître des modifications dans la tendance des mesures. En ce qui concerne le premier cas, il a été admis qu'une modification profonde et sensible des éléments du climat sur une très longue période d'observation en Afrique de l'Ouest a réduit de 10 % les rendements par rapport au présent (Sultan B. et als 2015 P. 215) La variabilité climatique quant à elle touche l'Afrique subsaharienne dans son ensemble

faisant apparaître clairement les années humides et les années sèches avec une période de rupture de stationnarité autour de l'année 2000, marquée par un déficit pluviométrique par rapport à la Normale climatique et une baisse des rendements céréaliers (Mballo I. et als. 2019 P.12&13). C'est dans la même veine qu'a été mis en lumière dans la Région de l'Ouest du Cameroun la variabilité pluviométrique interannuelle (1989 à 2018), marquée par 56% d'années excédentaires et 44% d'années déficitaires qui a donné lieu à une variabilité interannuelle des rendements (Tata Nfor J. & Njianga Ndam M.K., 2023 P. 283). En outre l'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) a permis de montrer que dans certaines zones rurales de la Région du Nord-ouest, 53,45 % des épisodes pluvieux pouvaient soutenir la production du riz et du maïs tandis que 46,55% n'en pouvaient pas (Wirgho H.M. & Suiven J.P.T, 2023 P 327). Dans le Littoral la méthode de la normale utilisée pour donner la variation du régime pluviométrique par rapport à la moyenne annuelle a été positive de 1982 à 1997 et depuis lors elles sont tombées en dessous de la moyenne avec pour corolaire la tendance à la baisse des rendements du maïs, du haricot et des arachides (Kadjio Feudjio A.S. et als, 2021 P.5). Par ailleurs les variabilités saisonnières ont permis d'établir les corrélations entre les mauvaises récoltes et les déficits hydriques observés aux différents stades de la croissance des plantes. C'est le cas du maïs à Galim au nord-est du plateau Bamiléké et du coton-graine dans la cuvette de la Bénoué dans la Région du Nord au Cameroun où les comparaisons entre les années de référence à bonne distribution des pluies et à récoltes satisfaisantes avec les années d'écart met en évidence les effets du déficit pluviométrique sur la productivité agricole (Nono Y.L, 2023 P. 303 & 2024 P. 187).

La présente étude porte sur le second aspect de la variabilité saisonnière où les excédents pluviométriques constituent une nuisance pour la production agricole contrairement aux précédentes approches qui imputent la baisse des rendements agricoles au déficit en eau de pluie. De la sorte, on peut s'interroger sur les effets induits que le prolongement de la saison humide a eu sur la production du haricot dans la plaine du Noun au cours du dernier trimestre de l'année 2023. En effet à partir des savoirs endogènes, les agriculteurs ont, sans s'appuyer sur les données climatiques concrètes, évoqué les irrégularités pluviométriques interannuelles pour expliquer la forte productivité du haricot en 2022 quel que soit le mois des semailles et sa productivité faible en 2023 pour ceux ayant semé en août. Dès lors apparaît la nécessité de crédibiliser ces connaissances traditionnelles par une démarche rationnelle en utilisant les mesures fiables des paramètres climatiques pour mettre en exergue les effets néfastes de la variabilité saisonnière sur la productivité sur cette plante. Pour ce faire, il convient d'abord analyser la compatibilité entre la hauteur des pluies et les besoins en eau du haricot sur un pas de temps décadaire au cours de son cycle en année de bonne récolte (2022) considérée comme norme, ensuite faire la même analyse en année de mauvaise récolte (2023) avant de déterminer les écarts à la

norme en termes d'excès en eau expliquant relativement le déficit de production pour les semailles du mois d'août 2023 et enfin analyser l'évolution des prix.

1- MATERIEL ET METHODES

1- 1- Localisation de la zone d'étude

La plaine de la rivière Noun englobe les Arrondissements de Galim, Kouoptamo et de Foumbot et s'étend sur les rives droite et gauche de ce cours d'eau qui prend sa source sur les hauteurs des « High Grassfields », coulant en direction du sud en traversant les Départements de la Mezam, des Bamboutos, du Noun, de la Mifi, du Koung-khi et du Ndé.

Il y règne un climat équatorial unimodal légèrement influencé par le relief, constitué des bouches éruptives des monts Nkogam et Mbapit qui émergent çà et là de part et d'autre de la vallée du Noun, rompant ainsi la monotonie de la plaine volcanique dont la chaleur et le sol sont propices à la culture du haricot. Les pluies s'étendent sur neuf mois allant de mi-mars à mi-novembre tandis que la période sèche qui va de mi-novembre à mi-mars ne dure que trois mois. Vu la longueur de la période humide et sachant que le haricot a un cycle court de 4 mois, il est possible d'en faire deux campagnes dont une en culture pure à partir du mois d'août.

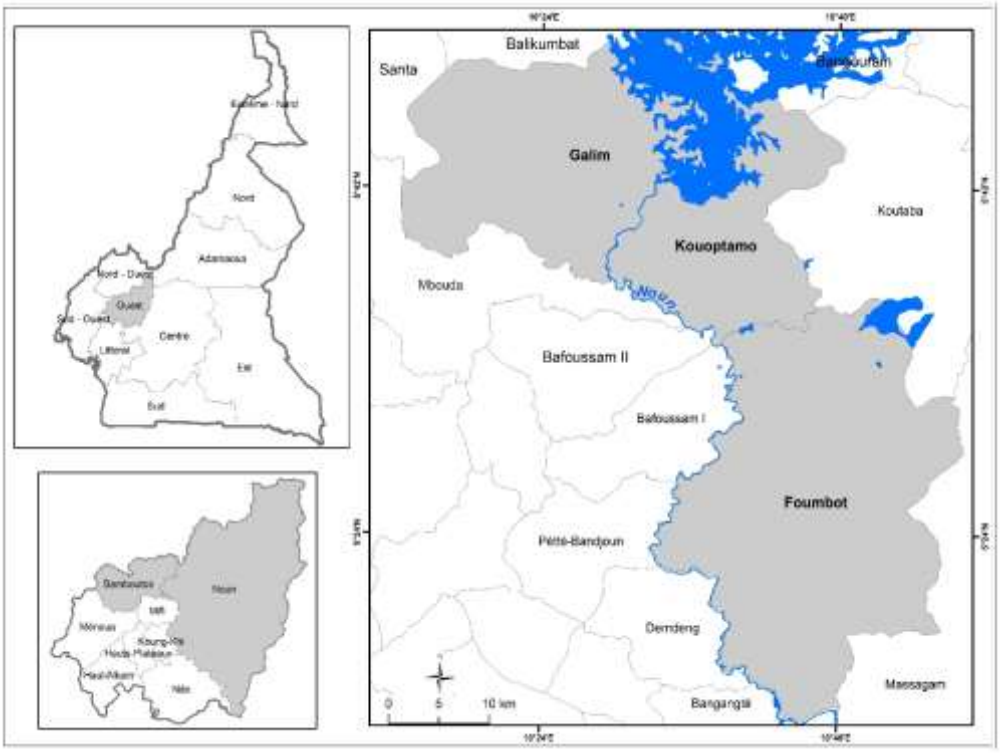


Figure 1 : Localisation de la plaine du Noun dans la Région de l'Ouest du Cameroun
Source : Réalisée à partir de la carte administrative du Cameroun au 1/1000000, édition 1996

1-2- Collecte et organisation des données

Le haricot et le maïs sont deux cultures de rente qui ont remplacé le café dans le paysage agraire des Hautes Terres de l'Ouest où ils évoluent en symbiose pendant la

dizaine de mois que dure la campagne agricole. Les variétés les plus répandues dans la plaine du Noun sont les petits grains noirs, blancs, rouges, tachetés et les gros grains rouges et beige au port nain ou volubile dont le cycle varie de 90 à 110 jours pour les plus précoces et 120 à 130 jours pour les secs nains ou grimpants (MINRESI, 2022). Le respect de la fiche technique, l'utilisation des engrais et un traitement phytosanitaire approprié permet d'obtenir avec les 22 types de semences améliorées introduites et vulgarisées par l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), un rendement de 1,5 à 3 tonnes à l'hectare dans conditions climatiques idéales. Le tuteurage des variétés grimpantes à l'aide des tiges de maïs, plante avec laquelle elles sont cultivées en rotation permet d'augmenter leur productivité de 25 à 40 % et même jusqu'à 400 % selon que le tuteur a une hauteur considérable (MINRESI, 2022). Les graines de haricot sont semées dans un sol dont la température est à plus de 20°C en fin mars pour la première campagne, et début août pour la deuxième campagne, tandis que la quantité d'eau optimale nécessaire pour son plein épanouissement, est évaluée à 300-400 mm. Selon le Memento de l'agronome (2019), une période sèche est préférable au moment de la récolte étant entendu que la sècheresse et l'excès d'eau lui sont néfastes. D'où l'intérêt de mettre en évidence les stades du cycle du haricot qui ont reçu plus de pluie qu'il n'en fallait au cours de la deuxième campagne de l'année 2023 avec comme conséquences les mauvaises récoltes enregistrées par les producteurs. Cette démarche permet de confirmer que le prolongement de la saison des pluies en fin novembre et en décembre qui est une manifestation du dérèglement climatique a été néfaste pour les plantes car intervenant à un moment où elles n'en avaient plus besoin. Ce sont donc ceux ayant semé tard en septembre selon nos investigations qui ont eu des récoltes satisfaisantes en raison d'une bonne répartition des pluies par rapport aux besoins de cette spéculation.

La vérification de l'hypothèse sur la bonne répartition de la pluviométrie en août et septembre 2022 et les bonnes récoltes qui ont suivi, ainsi que celle de sa mauvaise distribution en août 2023 qui a donné des récoltes médiocres a nécessité l'utilisation des données météorologiques obtenues à la station du barrage de Bamendjing. Aussi avons-nous pris en compte les données pluviométriques (P) et d'Evapotranspirations Potentielles (ETP) journalières mesurées en millimètre au cours des mois d'août, septembre, octobre, novembre et décembre correspondant aux 5 mois maximum que dure le cycle du haricot. Pour davantage affiner les besoins de la plante en eau à divers stades de sa croissance, nous avons regroupé les données susmentionnées en décades afin que chacune d'elle évolue de pair avec plus ou moins un Coefficient Cultural (KC) correspondant. Ces phases du cycle du haricot ont été définies sur la base de l'échelle repère universelle appelée BBCH correspondant aux divers stades phénologiques qui déterminent les phases du cycle de cette plante (Syngenta A.G. 2015 P. 52). Par ailleurs, les coefficients culturaux (KC) utilisés ont été tirés de

l'ouvrage intitulé Agriculture et Territoires de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle Aquitaine en France (2022).

Tableau I : Paramètres pris en compte dans la détermination des besoins décadaires en eau du haricot semé en début août

Mois	**A**			**S**			**O**			**N**			**D**		
P décadaire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ETP décadaire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Stade de croissance décadaire du haricot	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8

SL : semis-levée ; FC : feuilles cotylédonaires ; FT : feuilles trifoliées ; BF : boutons floraux ; DF : début floraison ; MF : mi- floraison ; FF : fin-floraison ; FG : maturation des gousses.

Sources : Syngenta (2015) Illustration de l'échelle BBCH pour les haricots et Instituts techniques/ARDEPI/GRCETA SFA (2022)

Par ailleurs, le décalage des semailles pour le début du mois de septembre 2023 par certains agriculteurs, considérés comme retardataires par rapport au calendrier agricole aurait permis d'obtenir des rendements meilleurs que ceux ayant respecté à la lettre les dates recommandées par la fiche technique. Pour ce cas, les paramètres utilisés dans l'évaluation des besoins en eau du haricot tout au long de son cycle ont tenu compte du glissement intervenu dans la période de la mise en terre des graines (Tab II). Ainsi en considérant que les autres facteurs de la productivité sont restés constants, la production n'a été influencée positivement que par la pluviométrie comme vont l'attester les analyses basées sur le dytique besoins et disponibilités en eau.

Tableau II : Paramètres pris en compte dans la détermination des besoins décadaires en eau du haricot semé en début septembre

Mois	S			O			N			D			J	
P décadaire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ETP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

décadaire														
Stade de croissance	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1	0,8

SL : semis-levée ; FC : feuilles cotylédonaires ; FT : feuilles trifoliées ; BF : boutons floraux ; DF : début floraison ; MF : mi- floraison ; FF : fin-floraison ; FG : formation des gousses ; MG : maturation des gousses.

1-3- Traitement des données

Au cours du cycle végétatif du haricot qui dure en moyenne 130 jours, les valeurs de la hauteur des pluies en mm (P), ainsi que l'Evapotranspiration Potentielle (ETP) sont déterminées à chacune des 13 décades par simple addition des données brutes journaliers relevées à la station météorologique. Les phases de croissance (S) de cette plante qui sont calées sur les différentes décades présentent chacun un Coefficient Cultural (KC) dont la valeur est proportionnelle à la densité du feuillage. Le pas de temps décadaire a été choisi car chaque décade correspond au moins à une phase du cycle de la plante ayant chacune son coefficient cultural. En s'inspirant de la méthode de Thornthwaite dans l'organigramme du bilan mensuel d'après Faillat J.P (1979), les calculs ont été effectués comme suit : le produit de l'ETP et de KC permet d'évaluer l'Evapotranspiration Réelle (ETR) dont la différence avec l'ETP traduit les déficits ou les excès par rapport aux besoins du haricot en eau. C'est dire qu'en principe si (ETP x KC) <P, alors les besoins en eau sont comblés avec un surplus qui représente P-(ETP x KC). Par contre, si (ETP x KC)> P il y'a plutôt un déficit hydrique dont la valeur est de (ETP x KC) –P.

Dans cette étude, quatre cas de figure sont envisagés sur la base des entrevues menées auprès des producteurs de haricot qui déclarent qu'en 2022 les rendements ont été satisfaisants dans l'ensemble quel que soit le moment (août ou septembre) où les graines ont été mises en terre. Par contre au cours de l'année 2023, les agriculteurs ont connu des fortunes diverses. Certains qui ont semé en août ont obtenu de mauvaises récoltes en raison selon leur déclaration de l'abondante pluviométrie qui s'est étendue jusqu'en décembre au lieu de s'arrêter en fin octobre comme habituellement. En revanche les semailles faites en septembre, un mois après la date normale des semailles par d'autres agriculteurs ont conduit à l'obtention de bonnes récoltes. Cette situation où les agriculteurs peuvent obtenir de bonnes ou de mauvaises récoltes selon qu'ils ont différé d'un mois la date des semailles mérite d'être élucider à la lumière des besoins en eau du haricot et les disponibilités en eau de pluie selon les stades de croissance sur un pas de temps décadaire.

2- RESULTATS

2-1- Bilan décadaire des précipitations et de l'évapotranspiration en vue de la détermination des disponibilités en eau du haricot en 2022, année de référence à rendement élevé

2-1-1- Cas des semailles de début août

A toutes les phases du cycle du haricot compris entre le début du mois d'août et la fin du mois d'octobre, P> (ETP x KC) traduisant un apport d'eau qui dépasse les besoins de la plante à chacune des stades de sa croissance. A partir de la dernière décade du mois d'octobre qui correspond à la mi- floraison, il y' a un fléchissement des précipitations (67,6 mm) et une augmentation de l'ETR qui passe à (+ 47,7 mm), d'où une baisse substantielle du bilan P- (ETP x KC) qui présente une valeur de près de (+20 mm). Ces chiffres indiquent qu'à ce stade, le haricot n'a plus besoin de grande quantité d'eau pour préparer son entrée dans la phase de la fin-floraison au mois de novembre où P < (ETP x KC) s'élève à -70 mm. Il en est de même pour les phases de maturation des gousses jusqu'à la récolte qui interviennent en novembre et décembre respectivement où les valeurs décadaires du bilan sont toutes négatives (Tab. III). Une telle répartition des paramètres climatiques est idéale pour le bon développement du haricot et présage des rendements élevés en raison de la baisse des précipitations voire son absence à la phase critique de la floraison. Ainsi les fleurs sont à l'abri des gouttes de pluies dont la chute permanente produit l'énergie cinétique qui détruit les fleurs empêchant la formation des gousses.

Tableau III : Récapitulatif du bilan précipitations/évapotranspiration réel du haricot et disponibilités en eau par décade pour les semailles du 1er août 2022

Mois	**A**			**S**			**O**			**N**			**D**		
P décadaire	17,2	64,7	147,2	89,3	119,9	167,7	96,9	112,5	67,6	00	00	00	00	00	00
ETP décadaire	39,6	29,7	33,8	40,7	37,4	35,7	34,6	36,2	43,4	58	56,4	55	55,9	49,7	49,3
Stade de croissancedu haricot	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8

ETP x KC	12	09	17	20,4	22,4	28,6	31,1	36,2	47,7	69,7	67,7	66	56	40	39
P-(ETP x KC)	+5	+56	+130	+69	+97	+139	+66	+76	+20	-70	-68	-66	-56	-40	-39

Le tableau ci-dessus a permis de produire la figure 2 faisant apparaître les différentes courbes illustrant le phénomène susdécrit.

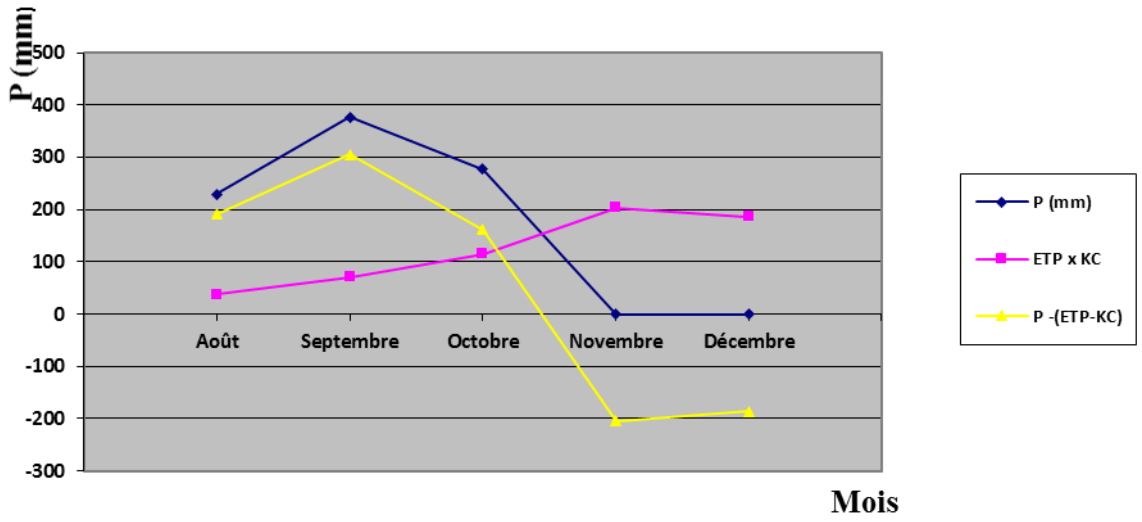


Figure 2 : Evolution des paramètres climatiques au cours du cycle du haricot en août 2022

L'analyse du graphique révèle qu'en août, septembre et octobre, la courbe des précipitations (P) passe au-dessus de celle de l'évapotranspiration réelle (ETR) indiquant ainsi que les besoins hydriques du haricot sont comblés et par conséquent P – (ETP x KC) est positif. Ce qui donne donc un cumul de +191 mm, +305 mm et +162 mm au cours des mois cités plus haut. Par contre lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle de l'évapotranspiration réelle, alors P– (ETP x KC) est négatif. En d'autres termes ETR > P traduit un faible apport en eau et que les pertes par évapotranspiration sont plus grandes coïncidant avec la phase du cycle où la plante n'a plus besoin d'eau, se contentant pour sa maturation des réserves du sol. Il s'agit des mois de novembre et décembre avec un total de -204 mm et -96 mm respectivement.

2-1-2- Cas des semailles de début septembre

Certains agriculteurs ne respectent pas à la date exacte des semis pour diverses raisons. Aussi peuvent-ils semer avec retard soit à la deuxième ou à la troisième décade du mois d'août, soit même en début septembre pour les derniers. Dans le cas d'espèce en 2022, les conditions météorologiques sont restées favorables aux

différents stades phénologiques du haricot permettant aux producteurs d'obtenir des rendements satisfaisants comme a révélé les enquêtes. Cette situation est liée à un apport substantiel d'eau par précipitation (P) et une faible évapotranspiration réelle (ETP x KC) pendant les mois de septembre et octobre où les bilans mensuels sont de +334 mm et +204 mm, nécessaires à la levée (L) et au développement foliaire. En novembre, l'absence totale de pluie au moment où apparaissent les boutons floraux (BF) et la sècheresse qui se poursuit du début jusqu'à la fin de la floraison (DF et FF) ne constituent pas un facteur limitant pour la formation de grosses gousses pour peu que la plante puisse utiliser les réserves du sol accumulées depuis plusieurs mois. Ainsi à partir de novembre jusqu'à la récolte qui intervient en fin décembre ou en janvier, P < (ETP x KC), créant des conditions pour obtenir de bons rendements car cette plante très sensible au manque d'eau au stade de levée (SL) peut résister dans les conditions de sècheresse contrairement au maïs et à l'arachide (Kadjio Feudio A.S. et als, 2021). Ainsi on a un bilan mensuel négatif en novembre avec -169 mm et -186 mm en décembre.

Tableau IV : Récapitulatif du bilan précipitations/évapotranspiration réel du haricot et disponibilités en eau par décade pour les semailles du 1erseptembre 2022

Mois	**S**			**O**			**N**			**D**			**J (2023)**		
P décadaire	89,3	119,9	167,7	96,9	112,5	67,6	00	00	00	00	00	00	00	00	00
ETP décadaire	40,7	37,4	35,7	34,6	36,2	43,4	58	56,4	55	55,9	49,7	49,3	50,8	47	60,7
Stade de croissance du haricot	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8
ETP x KC	12,2	11,2	18	17,3	22	34,8	52,2	56,4	60,5	67	59,6	59,1	51	38	48,6
P-(ETP x KC)	+77	+108	+149	+80	+91	+33	-52	-56	-61	-67	-60	-59	-51	-38	-49

La figure 3 dérivant du tableau IV présente la position de chacune des trois courbes que sont P, ETP x KC et P – (ETP x KC).

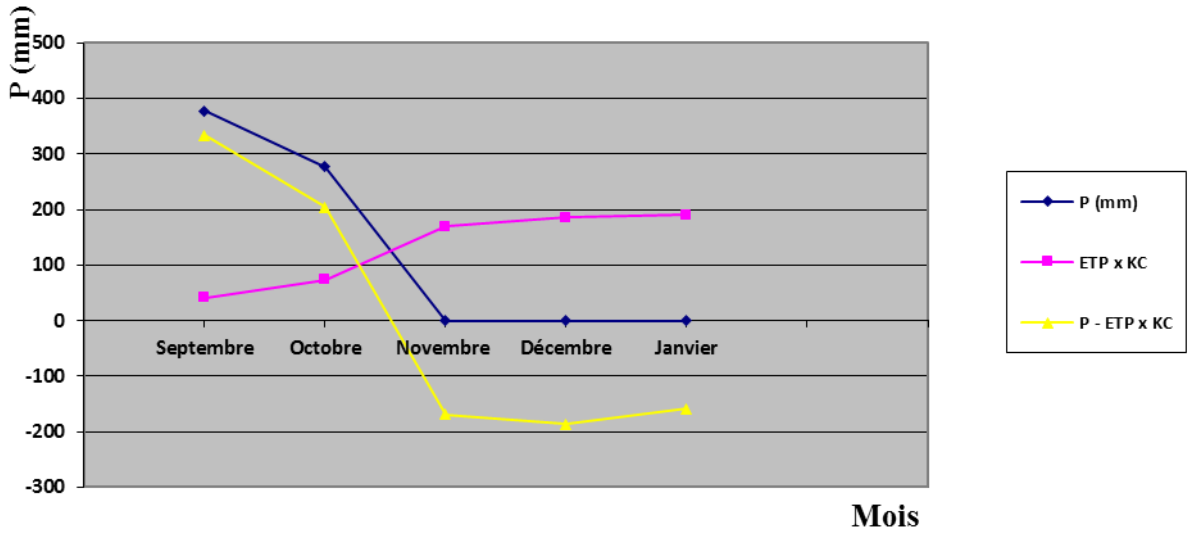


Figure 3 : Evolution des paramètres climatiques au cours du cycle du haricot en septembre 2022

L**a** courbe P (mm) surplombe celle de l'ETP x KC, traduisant un bilan hydrique positif avec P> (ETP x KC) aux mois de septembre et octobre (+ 334 mm et +204 mm) où les eaux de pluies satisfont largement aux exigences de cette plante. En revanche, dès novembre jusqu'en janvier 2023, la courbe de ETP x KC surpasse P (mm) obligeant le haricot à puiser dans la réserve d'eau du sol pour parachever son cycle. Dès lors la courbe P – (ETP x KC) plonge sous celle des pluies car P < ETR et la quantité d'eau disponible dans le sol est suffisante pour soutenir les autres phases du cycle afin de donner des rendements satisfaisants.

2-2-Bilan décadaire des précipitations liquides/évapotranspiration et disponibilités en eau du haricot en 2023

En 2023, la variabilité pluviométrique a fortement impacté sur la production du haricot grimpant qui est la variété la plus cultivée dans la plaine de Noun. En effet plus de 90 % des agriculteurs par respect du calendrier agricole ont semé dès le mois d'août et ont obtenu de maigres récoltes alors que les 10% qui l'ont fait en septembre ont eu une moisson relativement abondante. Le témoignage d'une agricultrice en dit long sur l'avantage d'avoir différé la date des semailles dans la mesure où elle déclare « Je regrette d'avoir semé en août et ce sont ceux l'ayant fait en retard au mois septembre qui se réjouissent au moment des récoltes ». Selon les agriculteurs, le climat est la cause de cette contre-performance agricole avec un doigt accusateur pointé sur la longue période de pluie qui s'est étendue d'avril à décembre au lieu d'octobre comme de coutume (Njiboket M. dans Cameroun Tribune, 2024, P 11). Ces déclarations relèvent de l'empirisme et devraient être validées par des analyses faites à partir des données météorologiques corrélées avec les quantités de haricot produites.

2-2-1- Cas des semailles de début août

Le strict respect du calendrier agricole exige que la seconde campagne de haricot commence en début août, période pendant laquelle la majorité des agriculteurs font les semailles. Mais les récoltes n'ont pas été satisfaisantes en raison d'abondantes pluies au moment de la phase du cycle où le haricot n'avait plus besoin d'eau pour son développement optimal. Selon les producteurs « les cultures ayant respecté le calendrier agricole n'ont rien donné ». En rapprochant ce constat des statistiques qui figurent dans le tableau ci-dessous, on se rend compte que le début de la floraison (DF) intervient au moment où le bilan P- (ETP x KC) est positif (+114 mm), suivi d'un bilan négatif à la mi-floraison (-27 mm) en raison de la baisse drastique des précipitations qui n'est que de 12 mm (MF) en fin octobre. Cette tendance à la baisse du volume des pluies annonce le début de la sècheresse qui logiquement devrait intervenir en début novembre comme de coutume. Le phénomène anormal qui va se produire est plutôt la reprise contre toute attente de la pluviosité qui ne s'achèvera qu'en fin novembre créant des dommages sur les plantes. En effet, les phases de la fin floraison (FF), de la formation et de la maturation des gousses (MG) devraient se dérouler normalement au moment où P < (ETP x KC) pour présager l'obtention de bons rendements. Malheureusement, ces deux phases présentent des bilans Précipitations/Evapotranspirations positifs (+32 et +36 en novembre) où les excès d'apports en eau compromettent la réussite de la phase transitionnelle située entre la fin de la floraison et la formation des gousses de haricot. Les fortes pluies vont alors favoriser la dissémination de plusieurs maladies fongiques et bactériennes infectant les graines et par ricochet réduire la production par la présence d'une importante quantité de déchets (Delhove G., 2023 P.13).

Mois	A			S			O			N			D		
P décadaire	93,5	75,9	119	136	44,7	59,7	135,1	149,3	12	80,9	69,4	25,8	00	00	00
ETP décadaire	33,2	32,6	44,1	37,8	31,5	35,1	35,9	35,6	35,2	40,8	30,2	36,4	48,2	45,6	52,9
Stade de croissance du haricot	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8

ETP x KC	9,96	32,9	22,1	18,9	18,9	28,1	32,3	35,6	38,7	48,96	33,2	43,7	48,2	36,5	42,3
P-(ETP x KC)	+84	+43	+97	+117	+26	+37	+103	+114	-27	+32	+36	-18	-48	-37	-42

Tableau V : Récapitulatif du bilan précipitation liquide/évapotranspiration réelle du haricot et disponibilités en eau par décade pour les semailles du 1er août 2023.

La figure 4 permet d'avoir une meilleure visibilité sur l'apport excessif en eau de pluie au mois de novembre par le positionnement des courbes de P, ETP x KC (ETR) et de P-ETR.

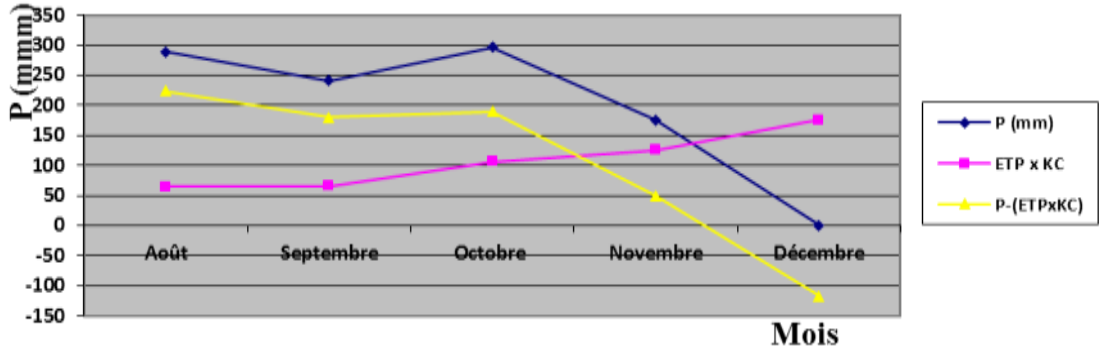


Figure 4 : Evolution des paramètres climatiques au cours du cycle du haricot semé en août 2023

Le graphique ci-dessus montre que les paramètres sont idéals pour le haricot au cours des mois d'août, septembre et octobre, se traduisant par la courbe P (mm) qui passe au-dessus de celle de l'ETP pondérée par le coefficient cultural (KC) pendant les mois sus-indiqués. Dès lors, le bilan P- (ETP x KC) est positif. On a donc +224 mm, +180 mm et +190 mm comme bilans mensuels cumulés pour les mois d'août, septembre et octobre. Les conditions ont commencé à être défavorables pour la plante dès le mois de novembre où il y'a eu regain de la pluviométrie alors que le bilan négatif observé en fin octobre (-27 mm) laissait penser à une entrée progressive dans la période sèche. Aussi va-t-on observer le maintien de la courbe P (mm) au-dessus de (ETP x KC) tout au long du mois de novembre, débouchant sur un bilan hydrique toujours positif (+50 mm) qui conduit à la sursaturation du haricot en eau à une phase où il a besoin d'un environnement plus sec. De la sorte, la floraison a pris un sérieux coup suite à un excès d'humidité au mois de novembre réduisant la quantité des gousses formées, augurant d'une faible production en dépit du bilan hydrique négatif (P < ETP x KC) en début décembre (-85 mm).

2-2-2- Cas des semailles de début septembre

Habituellement ce sont les agriculteurs ayant accusé un grand retard sur le calendrier agricole qui sèment en septembre pour le compte de la deuxième campagne de

haricot. Mais au regard de la distribution des éléments météorologiques du tableau ci-dessus, cette période fut la bonne en 2023 compte tenu des perturbations climatiques car les récoltes ont été acceptables et fort appréciées des producteurs. En effet, au cours des mois de septembre, octobre et novembre, le bilan P-(ETP x KC) est positif (+202 mm, +229 et +69 mm) à toutes les décades à l'exception de la dernière décade d'octobre correspondant au stade trifolié (FT3) où l'excès d'évaporation est compensé par la réserve du mois précédent (+128 mm). La reprise des précipitations en novembre, qui en principe est le début de la saison sèche n'est pas préjudiciable pour la croissance normale du haricot car les pluies sont modérées donnant une ETR assez forte (+ 36,7 mm et + 30,2 mm) au moment du cycle où cette plante n'a pas besoin d'un grand apport en eau. En outre, même si les boutons floraux (BF) et le début de la floraison (DF) se produisent au moment où le bilan P-(ETP x KC) reste modérée (+44 mm et +39, mm) par rapport aux précipitations (80,9 mm et 69,4 mm), les décades suivantes offrent des meilleures conditions pour boucler le cycle de la plante (Tab.VI) C'est ainsi que la mi- floraison (MF), la fin de la floraison (FF), la maturation des gousses et la récolte interviennent aux décades où il y'a baisse des pluies avec un bilan négatif (-16 mm,-14mm, -58mm -64mm et -55 mm) en raison d'une forte évapotranspiration réelle (ETR).

Tableau VI : Récapitulatif du bilan précipitation liquide/évapotranspiration du haricot et disponibilités en eau par décade pour les semailles du 1er septembre 2023

Mois	S			O			N			D			J (2024)		
P décadaire	136	44,7	59,7	135,1	149,3	12	80,9	69,4	25,8	00	00	00	00	00	00
ETP décadaire	37,8	31,5	35,1	35,9	35,6	35,2	40,8	30,2	36,4	48,2	45,6	52,9	46,9	48,5	54,1
Stade de croissance du haricot	SL	SL	FC	FT1	FT2	FT3	BF	DF	MF	FF	FG	MG	R	R	R
KC décadaire	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8
ETP x KC	11,3	9,5	17,6	17,95	21,4	28,2	36,7	30,2	40,0	57,8	54,7	63,5	47	39	43,3
P-(ETP x KC)	+125	+35	+42	+117	+128	-16	+44	+39	-14	-58	-55	-64	-47	-39	-43

La figure 5 ci-dessous met en exergue la synthèse du tableau N° VI faisant apparaître un bilan hydrique positif où P > ETP x KC durant le trimestre septembre, octobre et novembre avec la courbe P (mm) qui domine (ETP x KC). La forte humidité observée

pendant ces trois mois après la mise en terre des graines jusqu'à l'apparition des boutons floraux (BF), permet à la plante de bien se développer étant donné que les bilans mensuels sont très positifs (+202 mm, +229 mm et +69 mm). Le fléchissement de la pluviométrie observée en fin novembre accentue légèrement les pertes en eau par évapotranspiration réelle (-14 mm) et se traduit par la remontée de sa courbe au-dessus de P (mm) entrant progressivement dans la période où le bilan hydrique présente un solde négatif (-177 mm en décembre et -129 en janvier). Ainsi P < (ETP x KC) au moment où le haricot a atteint les phases de son cycle qui ne nécessitent pas de pluie. Cette relative sècheresse est favorable à la mi- floraison (MF), la fin floraison (FF), la formation et la maturation des gousses permettant à cette plante d'atteindre le maximum de son rendement.

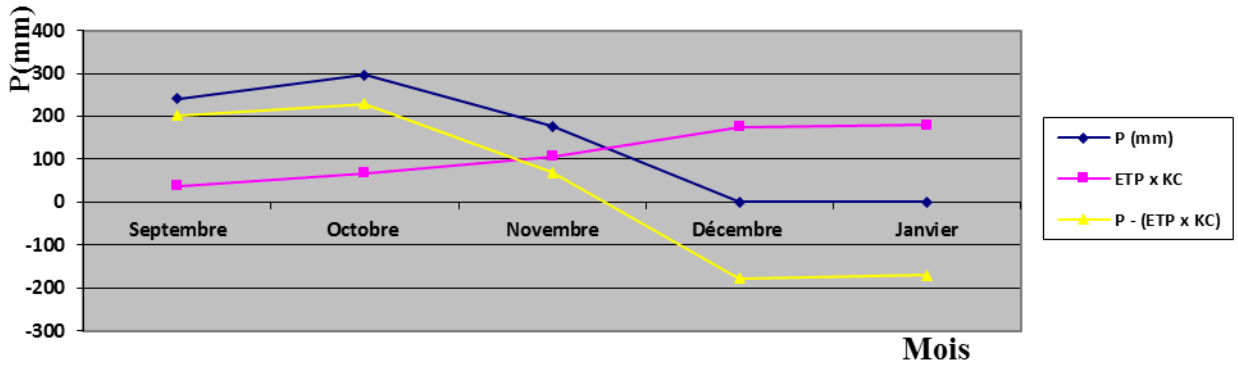


Figure 5 : Evolution des paramètres climatiques au cours du cycle du haricot semé en septembre 2023

2-2-3- Influence de la variabilité pluviométrique sur la production du haricot et l'évolution des prix

Au regard des conséquences des perturbations saisonnières sur le rendement du haricot observées sur deux années, on remarque que par routine, l'implémentation des fiches techniques par les agriculteurs a produit des résultats décevants et c'est la minorité d'entre eux qui, ayant dérogé à la règle ont obtenu de relatives bonnes récoltes. Les témoignages obtenus le confirment ainsi qu'il suit : une agricultrice ayant semé en août 2023 sur une parcelle d'environ 1 ha affirme n'avoir récolté que 09 sacs de 100 kg en 2023 contre 14 sacs l'année précédente en 2022 ; une autre reconnait que la récolte a beaucoup chuté car pour un seau de 15 litres semé, elle a eu moins de 02 seaux au lieu de 05 comme d'habitude ; la dernière déclare que les pluies ont retardé les récoltes jusqu'en janvier 2024, les amenant à ne récolter qu'à peine 01 sac fait d'un mélange avec des graines pourries sur des parcelles qui produisaient autrefois 02 sacs d'environ 100 kg. (Fodouop J. dans Cameroon Tribune, janvier 2024 ; p 11).

La médiocrité des récoltes a créé la rareté du haricot conduisant à la loi de l'offre et de la demande sur les marchés où les prix sont passés du simple au double voire plus selon la variété. Ainsi, à partir de la fin de l'année 2023 le seau de 15 l de haricot nain qui en 2022 se vendait par les agriculteurs aux revendeurs à 4000 frs CFA va coûter à ces derniers 8000 à 9000 frs CFA. Ceux-ci surnommés bayam-sellam, entendu acheteur-revendeurs sillonnent les campagnes pour se ravitailler et en revendant sur les marchés locaux font payer aux consommateurs 500 à 1000frs CFA de plus qui représente le bénéfice. Pour davantage tirer un gain substantiel de la transaction, le haricot est acheté dès la récolte puis bloqué pour être vendu deux à trois mois plus tard plus chers au moment des semailles de la première campagne en mars-avril. Au sujet de la flambée des prix de cette denrée, un commerçant renchérit en soulignant que tel que c'est parti en 2023 avec les mauvaises récoltes, le sac de 100 kg va leur coûter à l'achat 100000 frs CFA au prix bord-champ, ce qui pourrait les amener à faire plus de bénéfices. Les prix d'achat direct des haricots aux producteurs par les revendeurs ont été pris en compte dans cette analyse plutôt que ceux de la vente aux consommateurs sur les marchés pour éviter que le coût d'un seau de 15 l qui est l'Unité Locale de Mesure (ULM) ne soit majoré par d'autres facteurs. Ainsi l'état de la route et la distance séparant les points de collecte par rapport aux marchés périodiques, la double augmentation des prix du litre de carburant à la pompe successivement en début d'années 2023 et 2024 n'auront impacter que relativement les prix de cette denrée. Par conséquent, les prix bord-champs traduisent fidèlement la réalité en mettant en relief l'influence de la baisse générale de la production des haricots indépendamment de la variété, liée aux perturbations climatiques sur la flambée des prix observés sur les marchés de consommation (Fig.6).

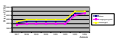


Figure 6 : Evolution des prix bord-champs de trois variétés de haricot dans la plaine du Noun

3-DISCUSSION

Les résultats ainsi obtenus sur les perturbations saisonnières interannuelles qui ont influé sur le volume des récoltes du haricot en 2022 et 2023 n'ont de sens que si tous les autres facteurs de la productivité agricole se sont maintenus au cours de ces deux années. Il s'agit entre autres du respect de l'itinéraire technique hormis la date des semailles et de l'aptitude naturelle du sol à la culture du haricot étant donné qu'il s'agit d'une légumineuse pour laquelle l'usage des engrais est facultatif voire inexistant dans la plaine du Noun.

Certes les observations sont pluriannuelles, mais elles démontrent la corrélation entre la variabilité pluviométrique interannuelle et la production agricole. Ce qui permet sur un pas de temps très court d'apprécier les effets négatifs de la variabilité saisonnière qui est une variante du « changement climatique » et de mesurer son coût socioéconomique par l'inflation. Dans la Bénoué au Nord du Cameroun, la production des cultures maraîchères et des céréales a baissé de 23 % en 2013 suite à une mauvaise répartition annuelle des pluies, ce qui a entrainé une hausse de 14,5 % sac du prix du maïs de 100 kg (Nono, Y L 2017 P. 133). Cette même démarche a été utilisée pour évaluer la variabilité pluviométrique sur la production du maïs dans le bassin agricole de Galim sur les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun où les rendements de l'année 2019 ont été meilleurs en raison d'une pluviométrie régulière et bien répartie. En revanche, ils ont été médiocres en 2021 suite aux déficits hydriques liés aux multiples poches de sècheresse à des phases du cycle du maïs où il avait besoin d'eau pour son développement optimal notamment la phase F/E (floraison-épiaison). Ce qui a fait passer le seau de 15 l de 3000 en 2019 à 4500 frs CFA en 2021 (Nono Y L, 2023 P.322). Le temps d'observation des perturbations saisonnières seulement sur deux années est si court qu'il ne peut permettre aujourd'hui aux agronomes d'envisager de modifier le calendrier agricole en faisant glisser le début de la deuxième campagne de haricot en septembre bien qu'elle fut bonne en 2023. Il n'est pas non plus possible pour l'instant de s'appuyer sur ce résultat obtenu dans cette temporalité pour alerter les généticiens sur la mise au point des variétés de haricots climato-intelligents étant donné qu'en 2024 les conditions météorologiques se sont rétablies, augurant de bonnes récoltes pour la deuxième campagne de haricot.

Une telle approche est contraire aux études qui s'appuyant sur des échelles d'observation centenaires qui donnent lieu à la variabilité climatique et la baisse de la production céréalière en Afrique de l'Ouest. C'est le cas en Haute Casamance (Sud du Sénégal) où (Mballo I, Oumar S., Faye C. 2019 P. 5), ont remarqué l'irrégularité des pluies, les sécheresses récurrentes et la perturbation dans la durée des saisons de l'année à partir d'un moment par rapport à une période de référence considérée comme stable. La tranche de temps durant laquelle on a observé ces modifications

dans les tendances climatiques couvre une durée d'environ 100 ans et a permis de déterminer l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP) adopté par l'OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie) comme un instrument mondial pour mesurer les sècheresses météorologiques. Cet indice indique que la période de sècheresse la plus longue a affecté la Haute Casamance de 1970 à 2000. Dès lors, la détection de rupture de stationnarité intervient au cours de l'année où le volume des pluies baisse dans la série chronologique des précipitations moyennes annuelles. Aussi a-t-on une période d'avant-rupture où la moyenne des précipitations est de 273 mm, supérieur à la période d'avant-rupture, soit un déficit de 75,56% qui confirme l'effectivité de la variabilité climatique.

Lorsqu'on aborde le changement climatique dans sa dimension variabilité saisonnière, on peut évaluer ses effets sur les productions agricoles qui peuvent ne pas toujours être négatifs si on prend en compte les besoins des spéculations en eau aux différentes phases de leur cycle. De la sorte, la pluviométrie observée au cours d'une année, qu'elle soit déficitaire ou excédentaire par rapport à la Moyenne n'est pas significative si on se situe dans la perspective de l'agroclimatologie car la quantité d'eau dont a besoin chaque plante dépend du stade de sa croissance au cours de son cycle. Ainsi, le bilan précipitation/évapotranspiration sur un pas de temps décadaire permet de déterminer véritablement les excès en eau ou les insuffisances en eau afin d'envisager l'irrigation. Une autre spécificité à relever est que la majorité des publications n'ont traité les perturbations climatiques influant sur les rendements agricoles qu'en termes de déficit pluviométrique ne répondant pas aux exigences de la plante en eau. La présente réflexion se démarque ainsi de cette vision communément partagée et se situe aux antipodes de l'habituel. A cet effet, l'excès d'apport d'eau par précipitation qui a compromis la croissance normale constitue la trame de fonds de l'analyse.

CONCLUSION

Tout compte fait les analyses faites à partir des données météorologiques obtenues en 2022 et 2023 donnent des résultats qui confirment les observations empiriques des agriculteurs. Selon ceux-ci, en 2022 la répartition des pluies pendant la deuxième campagne de haricot a permis d'obtenir de bons rendements à savoir 14 sacs de 100 kg à l'hectare quel que soit le mois des semailles (août ou septembre). Dans l'optique de traduire ce constat qui repose sur des expériences vécues en faits rationnels basés sur les données statistiques, les stades phénologiques et les coefficients culturaux correspondants du haricot ont été couplées à la distribution décadaire de la pluviométrie. Il en ressort que par rapport aux exigences de cette plante à chaque étape de sa croissance, les apports en eau ont été satisfaisants, surtout à la levée et à la floraison/formation des gousses où elle est sensible à la sècheresse. Par contre, 2023 a connu des récoltes médiocres à savoir 09 sacs de 100 kg à l'hectare pour les

agriculteurs qui ont respecté l'itinéraire technique prévoyant la période des semailles pour début août alors qu'elles se sont améliorées pour d'autres qui ont semé tardivement au mois de septembre. Rationnellement cette différence s'explique par le prolongement jusqu'en fin novembre de la saison pluvieuse au moment où pour ceux ayant semé en août, la floraison (FF) atteint son paroxysme pour permettre la formation des gousses (FG) alors que la plante doit limiter sa consommation d'eau. En revanche, les graines mises sous terre presque un mois plus tard en septembre n'ont atteint ces phases qu'en décembre avec l'arrêt des pluies. Face à ces perturbations saisonnières qui affectent la production des denrées agricoles, constituant une menace à la sécurité alimentaire et en vue de soutenir le pouvoir d'achat des agriculteurs, les agronomes devraient proposer de nouveaux calendriers agricoles ou des variétés de spéculations en adéquation avec les conditions météorologiques actuelles. A cet effet, on pourrait dans le cadre de l'adaptation mettre sur pied de nouvelles variétés ou fixer une nouvelle date des semailles comprise entre la première semaine du mois d'août à celle de septembre si un tel dérèglement saisonnier perdure. Le préalable à ce travail de recherche serait de procéder à la modélisation du climat par des observations sur une longue durée qui permet de déterminer la fréquence de retour d'un tel dérèglement saisonnier et de déterminer avec exactitude les besoins réels en eau prenant en compte la Réserve Facilement Utile (RFU). C'est sur ces deux aspects que se situent les insuffisances de cette étude qui s'est limitée à traiter les données météorologiques sur deux années et n'a pas pris en compte la réserve du sol du mois précédent dans l'évaluation du bilan hydrique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- DELHOVE GUY., DIOH SOH., Jacques A., Lehman E., Bauw De P., (2023) Guide de production durable du haricot vert, COLEAD, Fit For Market Plus Bruxelles, Belgique, 376 p.

2- INSTITUTS TECHNIQUES/ARDEPI/GRCETA, (2022) Agriculture et Territoire ; Chambre d'Agriculture de la Nouvelle Aquitaine.

3- ISSA MBALLO et als. (2019) « Variabilité climatique et productions vivrières en Haute Casamance (sud-Sénégal) », in Espace géographique et Société Marocaine, CNRST-IMIST, pp.161-178.

4- KADJIO SONIA ANGE., TCHANA CHRISTIAN BRICE, AMOUGOU ARMATHE JOSEPH, (2021) « Impacts de la dynamique des paramètres climatiques sur la production des cultures saisonnières (maïs, haricot, arachide) dans les Arrondissements de Nkongsamba (1983 à 2016). » In revue espace géographique et société marocaine N°50. Pp 5-23.

5- KASONGO NGOMBA YASHELE, MOSOMBO NSOMBO BLANDINE (2017) Perception paysanne des impacts de la variabilité climatique autour de la station de l'INERA/Kipopo dans la province du Katanga en République Démocratique du Congo, vertigo, 17 (3). PP.1-14.

6- MANGA PIERRE., GANOTA BONIFACE (2023) « Faux départ des pluies de 2018 et rendements de maïs à Mbaîki en RCA » In Variabilité climatique en Afrique centrale : Indicateurs, impacts socioéconomique et stratégies d'adaptation. » ; PP 246 -268.

7- MINRESI (MINISTERE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION) (2022) Répertoire des résultats de recherche agricoles au Cameroun, 282 p.

8- NONO YVES LEOPOLD., KANA ETIENNE COLLINS (2017) « Des crises écologiques exacerbées par des pressions anthropiques » In La Benoué : Un carrefour de peuples et des économies PP 127-147.

9- NONO YVES LEOPOLD (2023) « Variabilité pluviométrique et impact sur la production du maïs dans le bassin agricole de Galim (Région de l'Ouest-Cameroun). In Variabilité climatique en Afrique centrale : Indicateurs, impacts socioéconomique et stratégies d'adaptation. PP 303-326.

10- NONO YVES LEOPOLD (2024) « Impact de la variabilité pluviométrique sur la production du coton-graine dans le département de la Benoué, Région du Nord du Cameroun. PP 187-207.

11- SULTAN BENJAMIN et als, (2015) Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest, PP. 209-215.

12- SYNGENTA G., (2015) Illustration de l'échelle BBCH pour les haricots.

13- TATA JULIUS NFOR, NJIANGA NDAM MOUHAMED KABIR., 2023, « Caractérisation et impact de la variabilité pluviométrique sur la production et le prix du maïs à Baîgom » In Variabilité climatique en Afrique centrale : Indicateurs, impacts socioéconomique et stratégies d'adaptation. PP 283-302.

14- TSALEFAC MAURICE (2004) « Variabilité climatique et dynamique des milieux agraires sur les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun », Actes du XVII ème colloque international de climatologie organisé par A/C, vol 17, PP.225-238.

15- WIRGHO HARRY MAIROMI, SUIVEN JOHN PAUL TUME (2023) « Evaluation de l'impact de la variabilité climatique sur la production agricole en Afrique tropicale : approches méthodologiques et écueils » Variabilité climatique en

Afrique centrale : Indicateurs, impacts socioéconomique et stratégies d'adaptation. PP327-348.