

PLUVIOSITE EN REGION SOUDANO-SAHELIEENNE AU NORD DU CAMEROUN : CONSEQUENCES SUR L'AGRICULTURE

M. M'BIANDOUN¹ et J. P. OLINA²

¹Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), BP 415 Garoua, Cameroun.
E-mail : mbiandounm@yahoo.fr

²Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), BP 415 Garoua, Cameroun.

RESUME

Dans le but de montrer qu'en zone soudano-sahélienne du Nord du Cameroun la pluviosité est l'un des principaux facteurs responsables de la variation des rendements en culture pluviale, une étude basée sur des analyses fréquentielles des pluies sur la période 1970-2000 a été menée dans quatre terroirs. Il en ressort que la zone possède une pluviosité caractérisée par une grande variabilité dans l'espace et dans le temps, une forte agressivité des pluies, une mauvaise répartition de la pluviosité annuelle, des déficits pluviométriques pouvant intervenir en juin, juillet et août, et une possibilité d'arrêt précoce des pluies (3^e décennie de septembre). A ces principaux risques, sont associés, les problèmes agronomiques suivants : une faible représentativité des pluies enregistrées, des problèmes d'érosion des sols, des déficits hydriques importants sur les cultures et le non bouclage du cycle des cultures réalisées en semis tardif.

Mots clés : Risque climatique, pluviométrie, variation, rendement agricole, Nord Cameroun.

ABSTRACT

RAIN FALL PATTERNS IN THE SOUDANO-SAHELIAN REGION OF NORTHERN CAMEROON : CONSEQUENCES ON AGRICULTURE

In order to show that in the soudano-sahelian zone of Northern Cameroon, rainfall is one of the main factors responsible for yield variation in rain-fed farming systems, a study of the effects of frequency distribution from 1970 to 2000 was conducted in four selected villages. The results showed that in this zone, rainfall is characterised by a very important variability in both space and time. Aggressive rainfall patterns, inappropriate distribution, a long period of draught, which can occur in June, July and August, and a possibility of an early end of the rainy season (3rd decade of September) were also observed. To these principal risk factors, are associated the following agronomic problems : low representativity of rain fall data, soil erosion, water stress on crops and the non completion production cycle of late sown crops.

Keys words : *Climatic risk, rainfall, variability, agricultural yield, Northern Cameroon.*

INTRODUCTION

Le Nord du Cameroun, outre son appartenance aux zones semi-aride et sub-humide, est soumis à une dégradation du milieu naturel (Donfack *et al.*, 1996). Les sols ferrugineux tropicaux y couvrent environ 2 millions d'hectares (Brabant et Gavaud, 1985). Ils sont principalement utilisés pour les cultures de coton et de vivriers (sorgho, maïs, mil, riz).

Ces sols sont réputés fragiles (Brabant et Gavaud, 1985), avec un faible niveau de fertilité

dû à leur texture très sableuse. Les horizons superficiels ont une capacité d'échange cationique (CEC) faible et un pH voisin de 6 avant la mise en culture ; ils sont pauvres en argile et en matière organique avec un taux de carbone variant de 0,2 à 0,6 % (Vallée *et al.*, 1996). Ces sols, très hétérogènes, possèdent une mauvaise structures, et sont compacts en période sèche et sensibles à l'érosion hydrique.

Dans les régions soudano-sahéliennes où la nécessité de l'intensification s'accroît avec le déficit de production de céréales, la valorisation

des ressources naturelles et, en particulier, de l'eau, est devenue une priorité (Reyniers, 1991). D'après les zonages effectués pour les potentialités du mil, sorgho et maïs, il ressort que les pluies pourraient être mieux valorisées. Ces zonages ont mis en évidence un décalage systématique entre le rendement agronomiquement possible (Reyniers et Forest, 1990) et celui effectivement atteint par les agriculteurs. Pour la filière maïs, une quantification régionale des potentialités (Girard *et al.*, 1991) a confirmé que le décalage entre la réalité socio économique et la potentialité agronomique s'accroît avec le flux pluviométrique.

Un travail similaire au Zimbabwe (Manyowa, 1994) a montré que, même avec une pluviométrie annuelle suffisante, la production de maïs a accusé une baisse moyenne de 15 % en cas de stress hydrique pendant le cycle.

Tous ces travaux tendent à considérer la pluviosité comme facteur direct capable d'expliquer le rendement. De récents travaux ont conduit les bioclimatologistes (Forest *et al.*, 1991) à redéfinir leurs objectifs et à reconsidérer leur démarche ; il ont été amenés à : i) écarter définitivement l'hypothèse trop simplificatrice tendant à considérer la pluviosité comme un facteur explicatif direct du rendement, ii) poser le problème des relations culture et environnement en définissant un schéma d'analyse plus global et fonctionnel, à savoir, l'hydrosystème agricole (Reyniers, 1991), iii) développer les connaissances sur les indicateurs de rendement espéré IRESP2, qui est un indicateur fonctionnel d'estimation du flux hydrique productif. Il repose sur l'identification des facteurs influençant la redistribution des termes du bilan hydrique induite par l'introduction de techniques culturales modifiant le fonctionnement de l'hydrosystème agricole (Forest et Clopes, 1994), iv) analyser les flux hydriques et énergétiques et quantifier le bilan hydrique du système sol-plante-atmosphère dans tous ces termes.

Loin d'embrasser tous ces domaines, cette étude a pour objectif de se focaliser uniquement sur l'alimentation en eau des cultures pluviales en caractérisant la pluviosité de 4 terroirs, afin de mieux comprendre son impact sur la production agricole.

MATERIEL ET METHODES

REGION D'ETUDE

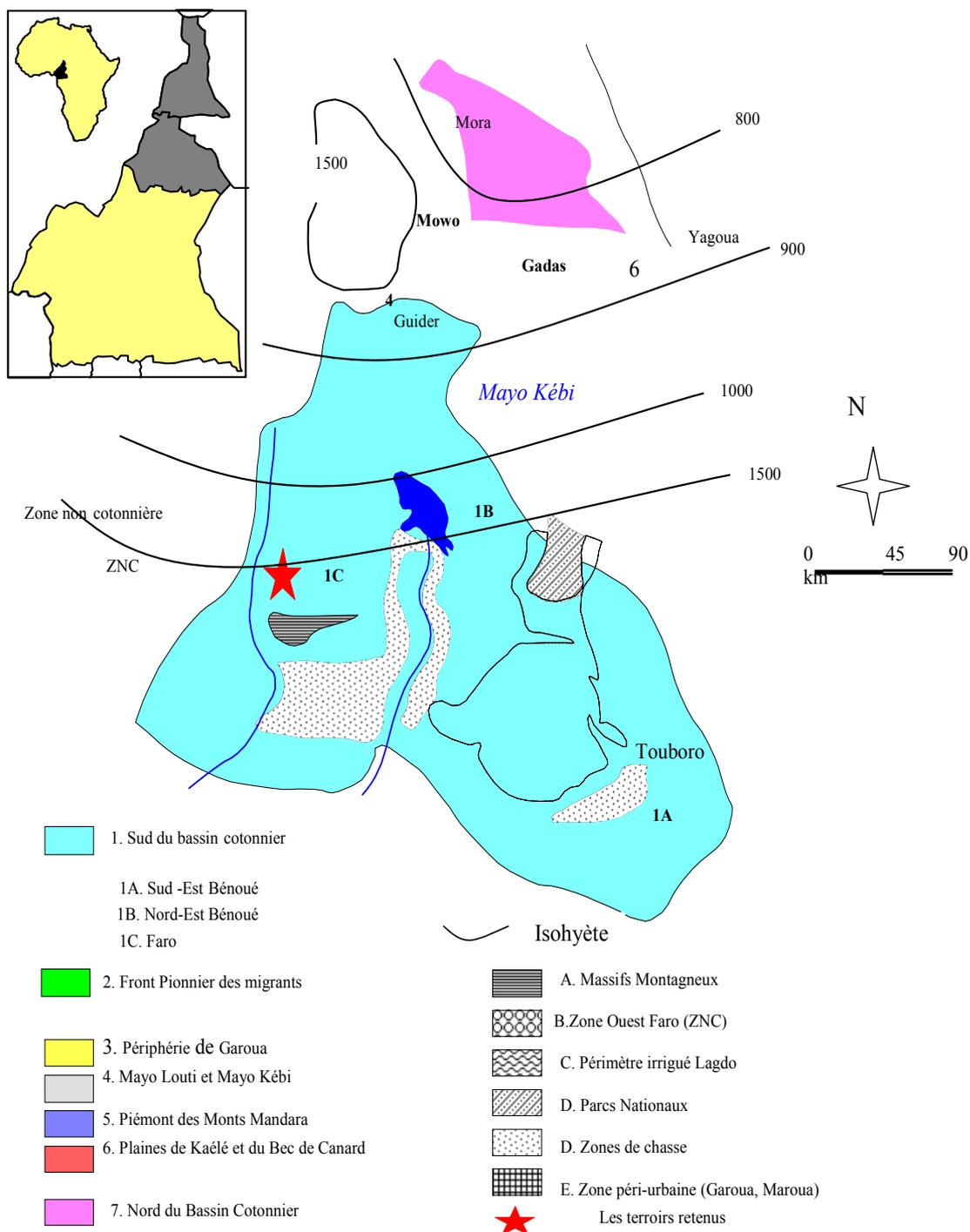
Le Cameroun est sous l'influence de deux masses d'air provenant des anticyclones situés de part et d'autre de l'équateur. La première, située dans l'Atlantique sud, (anticyclone de St-Hélène), apporte sur le continent de l'air frais et humide. La seconde, centrée sur le Sahara, apporte de l'air chaud et sec, (l'harmattan). Ces deux masses d'air se rencontrent le long d'une zone de convergence ou front inter-tropical (FIT) qui change de latitude suivant les saisons.

Le FIT a trois positions au cours de l'année : i) de novembre à février, il se trouve au Sud du 4^e parallèle : l'ensemble du Nord-Cameroun est en saison sèche, ii) de mars à avril, il est au-dessus du 7^e parallèle : de l'Extrême Nord jusqu'au Sud de Garoua, c'est encore la saison sèche, iii) de mai à octobre il est au-dessus du 13^e parallèle ; l'ensemble du pays est en saison pluvieuse.

L'examen des isohyètes montre que la pluviosité moyenne annuelle s'échelonne de 500 mm vers l'extrême Nord à 1500 mm en bordure du 8^e parallèle. La répartition des précipitations soumet toute la région à un climat tropical à deux saisons très contrastées. La saison pluvieuse, d'une durée de 7 mois vers le Sud-Bénoué (d'avril à octobre), est réduite à 3 mois (juin à août) dans la région du Chari.

De façon générale, les hauteurs pluviométriques annuelles et la durée de la saison des pluies augmentent vers le Sud. Les valeurs moyennes qui permettent de définir généralement des grandes zones pluviométriques sont : L'isohyète 650 mm, au-dessus de laquelle s'étend la zone sahélienne et l'isohyète 1000 mm, au Sud de laquelle se trouve la zone Soudano-guinéenne. Entre ces deux repères, on a une zone de transition dite soudano-sahélienne (Figure 1). Cependant, les limites géographiques de ces zones ne sont pas statiques. Elles varient avec la dérive climatique qui s'est accentuée ces dernières années.

Des séries pluviométriques sur 31 ans (1970-2000) des terroirs d'étude ont été utilisées.



Isohyètes : M. M'biandoun Source : Dugué et al., 1994

Figure 4 : Isohyètes du zonage du bassin cotonnier du Nord Cameroun et situation des terroirs villageois retenus par le PRASAC.

Isohete characteristics in the coton bassin zone of northern Cameroon and villages selected by PRASAC.

CARACTERISATION DE LA PLUVIOMETRIE

Deux types d'analyses ont été réalisées sur les séries pluviométriques. D'une part les analyses du régime pluviométrique (moyenne, évolution pluriannuelle, jours successifs avec ou sans pluie, nombre de jour de pluie annuel, totaux pluviométrique annuel) à l'aide des logiciels Excel et Bip (Forest, 1984) et, d'autre part, des analyses fréquentielles pour les occurrences de 8, 5 et 2 années sur 10, à l'aide du logiciel Sarra (Clopes et Baron, 1991).

Le logiciel Bip comprend plusieurs versions et programmes : le programme «Maxima» a été utilisé pour le calcul des jours successifs avec ou sans pluie en vue de déterminer les durées de stress hydrique maximal au cours du cycle de culture, le logiciel «Sarra», qui est la version la plus avancée des logiciels «Bip», comprend plusieurs programmes. Le programme d'analyse fréquentielle de la pluviosité a été utilisé. Ces analyses ont permis de donner les quantités de pluies qu'ont peut espérer atteindre pour des probabilités de 80, 50 et 20 %. Plus la probabilité est élevée (le risque de ne pas recevoir la quantité de pluie attendue est faible), plus la quantité de pluie attendue est faible. Inversement, plus la probabilité est faible (le risque de ne pas recevoir la quantité de pluie attendue est fort), plus la quantité de pluie attendue est forte.

RESULTATS

CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Evolution de la pluviométrie

La figure 2 montre l'évolution de la pluviométrie dans le temps (de 1970 à 2000) à Figlolé. On observe une importante variabilité inter-annuelle, au niveau d'un même site, et d'un site à l'autre. Ainsi, la pluviométrie totale annuelle peut varier du simple au double (Kaélé et Maroua), ou alors, de 300 à 400 mm/an (Figlolé et Sanguéré). Un autre facteur qui témoigne de cette importante variabilité, c'est le nombre de jours de pluie par an. La figure 3 montre, pour cette variable, une importante variation dans le site de Figlolé.

Ainsi, le nombre de jours de pluie au cours de l'année peut varier de plus de 40 j d'une année à l'autre pendant la période considérée. Ceci a pour conséquence, d'accroître de façon significative à pluviométrie annuelle voisine, les volumes pluviométriques journalières, ou alors de diminuer considérablement le volume pluviométrique annuel. Dans les deux cas, la conséquence sur la production est importante. Dans le premier c'est l'érosion qui domine et dans le deuxième le stress hydrique.

Le coefficient d'irrégularité inter-annuelle de la pluviométrie (K3) est le rapport entre les hauteurs des précipitations annuelles de l'année décennale humide et de l'année décennale sèche. Une faible valeur de K3 traduit une pluviométrie inter-annuelle assez régulière, alors qu'une forte valeur traduit le caractère irrégulier de cette pluviométrie au cours de la période. Le tableau 1 donne, pour 3 périodes de 10 ans, et dans 4 sites différents, les différentes valeurs de K3. Deux sites ont eu des comportements similaires et deux autres, des comportements différents ; en effet, K3 a baissé de 2,32 à 1,57 pour Figlolé, et de 2,13 à 1,47 pour Kaélé, montrant une tendance à la régularité des précipitations inter-annuelles de 1970 à 1999 dans ces sites.

A Maroua, K3 a augmenté de 1,54 à 2,16 montrant une tendance à l'irrégularité des précipitations inter-annuelle de 1970 à 1999 dans ce site.

A Sanguéré, l'évolution a été irrégulière. En effet, K3 a augmenté de 1,33 à 2,00 entre les deux premières décennies et ensuite, baissé de 2,00 à 1,43 entre la 2^e et la 3^e décennie. Sur l'ensemble des trois décennies, il y a eu, dans un premier temps, une tendance à l'irrégularité, suivie par une tendance à la régularité des précipitations inter-annuelles.

Agressivité des précipitations

Le tableau 2 montre un important pourcentage des pluies agressives variant de 12 à 18 % selon les sites. Les intensités ont été plus importantes dans les sites à volume pluviométrique élevé (Figlolé et Mafakilda). Ceci a été d'autant plus préoccupant que les sols de la région sont réputés de fragiles. Les premières pluies s'abattent sur des sols dénudés, ayant pour conséquence une importante érosion des parcelles cultivées.

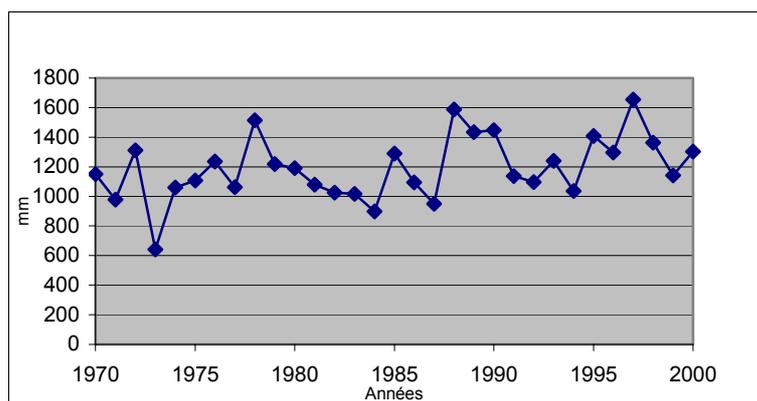


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à Fignolé de 1970 à 2000.

Rainfall patterns at Fignole from 1970 to 2000.

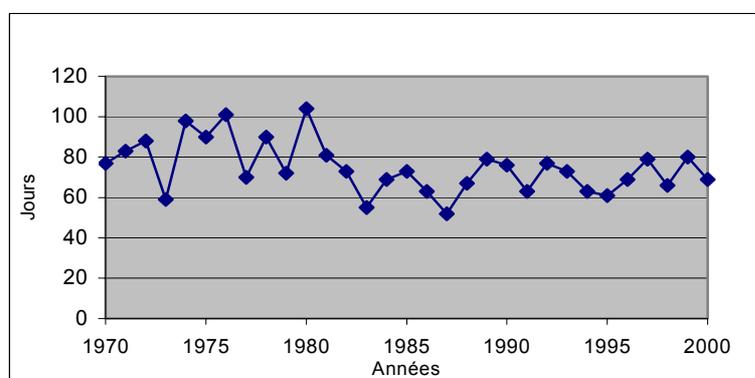


Figure 3 : Nombre de jours de pluies de 1970 à 2000 à Fignolé.

Number of rainy days at Fignolé from 1970 to 2000.

Tableau 1 : Coefficients d'irrégularité inter-annuelle (K3) dans les 4 localités.

Inter-annual irregularity coefficients (K3) at the 4 sites.

Coefficient d'irrégularité (K3)	Sites et années											
	Fignolé			Kaélé			Maroua			Sanguéré		
	70-79	80-89	90-99	70-79	80-89	90-99	70-79	80-89	90-99	70-79	80-89	90-99
	2,32	1,76	1,57	2,13	1,66	1,47	1,54	1,95	2,16	1,33	2,00	1,43

Tableau 2 : Pluies agressives dans les 4 localités.

Agressive rainfall patterns at the 4 sites.

Classes d'intensités mm/h	Terroirs			
	Fignolé	Kaélé	Maroua	Sanguéré
30-40	6,9	6	5,4	8,2
> 40	8,7	6,9	7	9,4
Total	15,6	12,9	12,4	17,6

Analyses fréquentielles

La figure 4 montre, pour la période 1970 - 2000 et pour les probabilités de 80, 50 et 20 %, les totaux pluviométriques décennaux que l'on peut espérer atteindre ou dépasser à Figlolé. L'analyse fréquentielle donne aussi, pour chaque site, le début, la fin et les «trous pluviométriques» pendant la saison des pluies.

Les variables («début de la saison de pluie» et «début effective de la saison de culture») font apparaître le problème de la mise en place des cultures par les paysans (Tableau 3). En effet, aux postes de Kaélé, et Maroua, la première pluie a lieu pendant la première décennie de mai, mais la première pluie utile (celle qui permet de semer en sécurité ou de labourer) n'intervient qu'à la 3^e décennie de juin ! La situation est meilleure dans les postes plus au Sud (Figlolé et Mafakilda), où le décalage n'est que de 2 décades.

Pendant cette période, les paysans passent plus de temps aux semis et resemis, car généralement, à cause du déficit hydrique les plantules éprouvent des difficultés à s'établir, sauf pour les systèmes de culture sous couverture végétale (SCV).

Jours successifs sans pluie, observés dans les 4 sites

C'est un paramètre utile dans l'estimation des périodes à risque dans le calendrier agricole. Le tableau 4 montre, pour les sites étudiés, deux variables complémentaires, la période et la fréquence pour différentes durées de «jours successifs sans pluie». La durée la plus longue, (> 45 j), qui intervient dans tous les sites environ 2 fois/an, correspond à deux périodes précises de l'année : le temps entre la première pluie et la seconde et celui entre l'avant et dernière pluie. En effet, il s'écoule toujours un grand nombre de jours sans pluie entre ces deux dates. Le tableau montre que pour la durée de 26 à 30 j successifs sans pluie, ceci n'intervient en général dans tous les 4 sites qu'une fois tous les 10 ans. Pour la durée de 11 à 15 j, elle intervient environ tous les ans dans les 4 sites.

On constate également rend aussi compte que les périodes les plus longues (en dehors de + 45 j), à savoir, 36 à 40 j et 41 à 45 j interviennent tous les 10 ans dans les sites situés plus au Nord, à climat plus sec, (Mowo et Gadas).

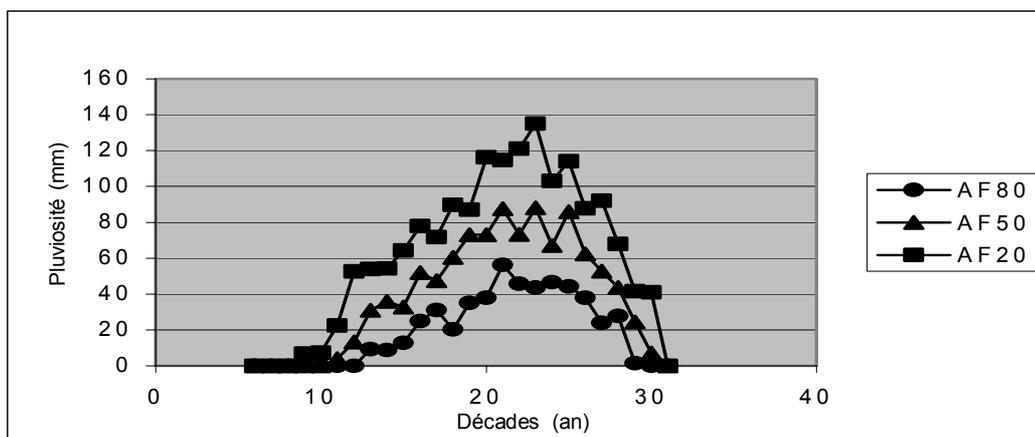


Figure 4 : Analyse fréquentielle des pluies à Figlolé de 1970 à 2000.

Sequential analysis of rainfall data at Figlolé from 1970 to 2000.

AF80, AF50, AF20 : Analyse fréquentielle de la pluviosité à la probabilité de 80, 50 et 20 % respectivement.

Tableau 3 : Début, fin et "trous pluviométriques" de la saison des pluies dans les 4 localités.*Ouset, end and «rain holes» of the rainfall patterns at the 4 sites.*

Variables	Terroirs			
	Fignolé	Kaélé	Maroua	Sanguéré
Début	1 ^{ère} décade de mai	1 ^{ère} décade de mai	1 ^{ère} décade de mai	1 ^{ère} décade de mai
Fin	2 ^e décade de octobre	3 ^e décade de septembre	3 ^e décade de septembre	1 ^{ère} décade de octobre
«trous pluviométriques»	3 ^e décade de juin	1 ^{ère} décade de août	1 ^{ère} décade de août	1 ^{ère} décade de juin
Début effectif de la saison de culture	3 ^e décade de mai	3 ^e décade de juin	3 ^e décade de juin	2 ^e décade de mai

Tableau 4 : Nombre de jours successifs sans pluies observés dans 4 localités, fréquence et période d'apparition sur la période 1970 - 2000.*Number of successive days without rain frequency and periods of rain at the 4 sites between 1970 and 2000.*

Durée (j)	Terroirs, périodes et fréquences							
	Fignolé		Gadas		Mafakilda		Mowo	
	Période	Fréquence	Période	Fréquence	Période	Fréquence	Période	Fréquence
1-2	32	0,0312	23,4	0,0427	27	0,0370	23,2	0,0431
3-5	10,7	0,0934	9,8	0,102	12,6	0,0793	9,6	0,104
6-10	3,6	0,2777	4,2	0,238	3,8	0,263	3,6	0,2777
11-15	0,8	1,25	0,8	1,25	0,9	1,111	1	1
16-20	0,2	5	0,3	3,333	0,2	5	0,3	3,333
21-25j	0,1	10	0,2	5	0	-	0,1	10
26-30	0,1	10	0,1	10	0,1	10	0,1	10
31-35	0	-	0	-	0	-	0	-
36-40	0	-	0	-	0	-	0,1	10
41-45	0	-	0,1	10	0	-	0	-
+45	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5

CONSEQUENCES SUR L'AGRICULTURE

Risques liés au climat

A chaque risque lié au climat, correspond un problème agronomique. La très grande variabilité de la pluviométrie dans l'espace et dans le temps est due au problème de représentativité des données pluviométriques dans l'espace. L'agressivité des pluies est liée à l'érosion des sols. La mauvaise répartition de la pluviométrie annuelle est liée au stress hydrique pendant le cycle cultural. Les «Trous pluviométriques» pouvant intervenir en juin, juillet ou août, sont dûs au stress hydrique pendant le cycle cultural. Une possibilité d'arrêt précoce des pluies (3^e décade de septembre) est liée au problème de non bouclage du cycle des cultures à semis tardif.

Représentativité des données pluviométriques

Dans les sites d'étude, avec une pluviométrie irrégulièrement répartie, les différences de rendement s'expliquent (en l'absence de tout autre facteur limitant) par des différences dans

l'alimentation en eau des cultures. Or, la grande variabilité spatiale de la pluviométrie exige une prudence dans la généralisation des résultats d'un poste pluviométrique à une autre zone. Surtout au niveau des rendements.

Erosion hydrique

L'étude de l'agressivité des pluies dans la zone d'étude a montré, entre autre, que l'intensité de la pluie a augmenté avec la quantité de pluie. Ceci est la preuve que plus on avance dans l'hivernage, plus les pluies sont érosives. Il faut donc couvrir les sols le plus tôt possible avant les grandes pluies de juillet et août ne les trouvent «nus», sans oublier que les pluies d'avril ou mai peuvent être intenses et donc être très agressives vis à vis de l'érosion des sols.

Stress hydrique et cycle cultural

Au cours de son cycle de culture, la plante peut subir des stress hydriques, dont les effets sur le rendement sont plus ou moins importants selon l'époque, et selon les cultures : le maïs, par exemple, est très sensible au stress hydrique durant les 30 à 40 premiers jours, alors que le

coton est plus sensible en fin de cycle de culture. Un arrêt précoce des pluies peut dans certaines zones empêcher les cultures de boucler leur cycle.

DISCUSSION

L'étude a permis de montrer l'impact de la pluviométrie sur l'alimentation hydrique des cultures pluviales.

Dans la zone d'étude, les spéculations réalisées en culture pluviales ont eu une alimentation hydrique inadéquate à cause d'un régime pluviométrique caractérisé par une grande variabilité spatio-temporelle et une importante agressivité.

Cette mauvaise alimentation hydrique a entraîné une mauvaise production (en l'absence de tout autre facteur limitant). En effet, plusieurs études ont montré la relation qui existait entre l'alimentation hydrique et la production : i) sur riz pluvial, l'ETR du cycle simulé, permettait de prévoir sa production à certaines conditions (Forest et Kalms, 1984), ii) sur maïs, mil et arachide un nouvel indice : IRESP (indice de rendement espéré) = $ETR_{\text{cycle}} \times ETR/ETM_{\text{période critique}}$ permet d'estimer le rendement espéré (Forest et Clopes, 1994). Ainsi, le rendement d'une culture s'établit de la manière suivante : $RDT = a \text{ IRESP} + b$. Le terme a est dépendant de l'efficacité de l'eau consommée. En milieu paysan soudano-sahélien, celle-ci est généralement comprise entre 2 et 5 kg/ha/mm

Afin de minimiser l'impact du déficit pluviométrique, il est possible de procéder à la caractérisation fréquentielle du risque de déficit hydrique. Elle prend en compte le cycle de chaque culture et la réserve utile en eau du sol. Elle se fait de la façon suivante : i) calcul de l'indice de satisfaction des besoins en eau de la culture pour un rapport ETR/ETM de 80 %, et ii) calcul de l'indice de rendement espéré, qui permet de déduire la période optimale de semis. Celle-ci correspond à un IRESP maximal, c'est-à-dire à la période où le rapport $ETR/ETM_{\text{période critique}}$ est maximal. Les dates de semis optimales permettent d'obtenir de bons indices de satisfaction des besoins en eau des cultures céréalières au moment des phases critiques de la plante (floraison et remplissage des grains), (Somé, 1989 ; M'biandoun, 1990).

Des études récentes menées sur les systèmes de culture avec couverture végétale (SCV), à Madagascar et au Nord du Cameroun ont montré la supériorité de cette nouvelle technique par rapport au labour vis-à-vis de la disponibilité en eau. Ce qui se traduit par une meilleure production. Cette supériorité est plus importante pendant les années à pluviosité plus faible et/ou mal répartie (Naudin *et al.*, 2003 ; M'biandoun *et al.*, 2005).

Ceci montre l'importance d'une bonne alimentation hydrique dans les rendements des cultures en l'absence de tout facteur limitant.

CONCLUSION

La caractérisation de la pluviosité dans les sites d'étude a permis de montrer qu'en zone soudano-sahélienne du Nord du Cameroun, le planteur travaille dans un contexte de pluviosité aussi aléatoire que déficitaire. Les pluies sont agressives, avec dégradation importante des sols. Les jours successifs sans pluie sont fréquents, entraînant le plus souvent d'importants problèmes d'alimentation hydrique des cultures. La durée de la saison des pluies n'est pas statique. Elle varie d'une année à l'autre allant de quelques années à un arrêt des pluies. Ce qui n'est pas sans conséquences sur les semis tardifs. Le paysan doit tenir compte de ces paramètres dans sa stratégie de gestion et faire en sorte que les cultures soient installées dans de bonnes conditions en vue d'obtenir de bons rendements.

REFERENCES

- Brabant (P.) et (M.) Gavaud. 1985. Les sols et les ressources en terre du Nord Cameroun. Paris, ORSTOM, M.E.S.R.E.S. et I.R.A. Notice Explicative, n° 103, 285 p. et cartes.
- Casenave (A.) et (C.) Valentin. 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Paris, ORSTOM, Collection Didactique 229 P.
- Clopes (A.) et (C.) Baron. 1991. Présentation du logiciel Sarra, système d'analyse régionale du risque agroclimatique. CIRAD/CA, Montpellier, France, 48 P.

- Donfack (P.) et (C.) Seignobos. 1996. Des plantes indicatrices dans un agro-système incluant la jachère : les exemples des peulhs et des Giziga du Nord Cameroun. *Journal Agric.trad. et de bot.appl.* Vol XXXVIII (1) 231 - 250
- Dugue (P.), Koulandi (J.) et (C.) Moussa. 1994. Diversité et zonage des situations agricoles et pastorales de la zone cotonnière du Nord Cameroun. IRA, projet Garoua, Cameroun.
- Forest (F.) et (J. M.) Kalms. 1984. Influence du régime d'alimentation en eau sur la production pluvial. Simulation du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.*, 39 (1) : 42 - 50
- Forest (F.) et (A.) Clopes. 1994. Contribution à l'explication de la variabilité du rendement d'une culture de maïs plus ou moins intensifiée à l'aide d'un modèle de bilan hydrique amélioré. In : bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Paris, John Libbey Eurotext, 3 - 15.
- Forest (F.) 1984. Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilisation du logiciel Bip. IRAT/CIRAD, Montpellier, France, 60 p.
- Girard (X.) et (K.) Adri. 1991. Potentialités de la maïsiculture pluviale en Afrique soudano sahéenne. INSA/R3S/CIRAD, Lomé Togo, 48 p.
- Guibert (H.), M'Biandoun (M.) et (J. P.) Olina. 2000. Diagnostic et amélioration des systèmes de culture au Nord-Cameroun. Fiche technique. PRASAC, N'Djamena, Tchad, IRAD, Garoua, Cameroun, 2 p.
- Krishna (N.) et (N. M.) Manyowa. 1994. Maize production in Zimbabwe. Coping with drought stress in the marginal agro ecological zones. Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Paris, Ed John Libbey Eurotext. 1994, 181-190.
- M'Biandoun (M.). 1990. Zonage agroclimatique du risque de sécheresse régional : le cas du Nord Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en agronomie tropicale. CNEARC/ESAT Montpellier, France. 36 p + annexes.
- M'Biandoun (M.), Guibert (H.) et (J. P.) Olina. 2005. Adaptation des itinéraires techniques de semis direct sur couverture végétale aux conditions du Nord Cameroun. Communication présentée au 3^e congrès mondial sur l'agriculture de conservation. Nairobi, Kenya du 3 au 7 octobre 2005. 15 p.
- Naudin (K.), (O.) Husson, Rollin (D.), (H.) Guibert, Charpentier (H.), (A.) Abou Abba, Njoya (A.), Olina (J. P.) et (L.) Seguy. 2003. Conservation agriculture adapted to specific conditions - No tillage for smallholder farmers in semi-arid areas (Cameroun and Madagascar). En ligne : <http://agroecologie.cirad.fr/index.php>
- Reyniers (F. N.) et (F.) Forest. 1998. Amélioration de l'alimentation hydrique et de son efficacité en agriculture pluviale au sud du Sahara. In : Agriculture irriguée en Afrique, CTA/ILRI : P. 1 - 24
- Reyniers (F. N.) et (F.) Forest. 1990. La pluie n'est pas le seul remède à la sécheresse en Afrique. *Sécheresse* (1) : 36 - 39.
- Reyniers (F. N.). 1991. Esquisse d'hydrosystème céréalier soudano sahéen valorisant les précipitations. Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Paris, Ed John Libbey Eurotext. 1994, 79 - 89.
- Somé (L.). 1989. Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse, Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier France. 312 p + cartes.
- Vallée (G.), M'Biandoun (M.) et (F.) Forest. 1996. Semis direct dans l'aménagement de Sanguéré-Djalingo (Cameroun). *Cahiers Agricultures* 1996 (5) : 161 - 169.