

CHAPITRE XX

ELABORATION DU RENDEMENT DU MIL AU NIGER. JUSTIFICATIONS DU PROGRAMME ET PREMIERS RÉSULTATS

Anneke de ROUW
ORSTOM - B.P. 11416. Niamey ; Niger

L'étude de la culture du mil est réalisée en milieu réel à travers l'analyse des composantes du rendement. L'accent est mis sur le stade végétatif et les techniques culturales qui interviennent sur la structure du peuplement, domaine peu abordé jusqu'ici. Les conditions d'implantation du poquet sont appréhendées par l'étude de l'influence des facteurs densité de poquets, date de démariage, contraintes azotées.

Le site expérimental fait partie du "site central" du programme Hapex-Sahel, à 65 km à l'est de Niamey. Il a également été retenu par les programmes SALT Jachères. Le programme comporte trois volets : caractérisation du système de culture, essai sur l'élaboration du rendement du mil pur en milieu réel (essai principal) et essai sur l'effet parçage.

I - JUSTIFICATIONS DU PROGRAMME DE RECHERCHE

La faiblesse des rendements en mil au Niger peut être attribuée à différents facteurs et conditions : sols naturellement pauvres, difficultés d'adéquation entre les dates effectives des pratiques culturales et les périodes optimales, fréquence et caractère aléatoire des périodes de sécheresse.

En dépit des efforts déployés, l'amélioration variétale du mil n'a pas eu l'effet escompté, à savoir l'augmentation des rendements en mil dans les champs des paysans. Outre la génétique, les innovations généralement testées tentent d'augmenter ou de sécuriser le rendement de mil. Il s'agit, par exemple, de la construction de diguettes, du billonnage cloisonné, de l'utilisation des ressources biologiques d'azote, de la mise en place de brise vents, de l'apport d'engrais, du compostage, de la culture attelée, de techniques d'agroforesterie. Leur réalisation, généralement hors d'atteinte des paysans, demeure peu probable dans un avenir proche.

En réalité, la réponse des paysans aux contraintes a été d'abord d'augmenter les superficies cultivées en diminuant la durée effective de la jachère (Fussel *et al.* 1987, Min. Agric. Environ., 1989). Ensuite, les choix des paysans sur la conduite de la culture portent sur : la densité de semis, le (ou les) resemis, les sarclages, le démariage, la culture associée, et plus rarement, la fumure, le parçage, le labour attelé. Toutes ces pratiques sont concentrées en début du cycle. Elles interviennent sur la structure du peuplement au cours de la période végétative dans le but d'ajuster le mil aux conditions locales. Il paraît important d'étudier ces possibilités d'intervention sur la structure du peuplement du mil en début de cycle, sous les contraintes hydriques et nutritives réelles, à travers les techniques culturales.

Le programme comporte trois volets : Caractérisation du système de culture ; Essai sur l'élaboration du rendement du mil pur en milieu réel ; Essai sur l'effet parcase. Le site expérimental fait partie du "site central" du programme Hapex-Sabel, à 65 km à l'est de Niamey. Ce site, facilement accessible, a également été retenu par les programmes SALT (Savane à Long Terme) et "Jachères", comme représentatif d'une large partie du Sahel. Les essais bénéficient des mesures effectuées par des collègues (caractérisation des sols et de leurs stocks hydriques, variables bioclimatologiques), et fourniront, en retour, des données pouvant intéresser d'autres participants.

II - CARACTÉRISATION DU SYSTÈME DE CULTURE

A - Enquête préliminaire

L'enquête préliminaire concerne environ la moitié des exploitations (60) du terroir de Banizoumbou, village à majorité Zarma (1067 habitants, Recensement général de la population février 1992). L'enquête portait sur : le nombre d'actifs par exploitation et leurs activités principales et secondaires, par âge, sexe et ethnie ; le nombre de têtes de bétail ; le nombre de champs cultivés et en jachère, l'emplacement de ces champs sur le terroir ; les plantes cultivées et les variétés ; l'emploi de fumure, d'engrais, du labour.

Les résultats font apparaître que le village se caractérise par l'absence de culture attelée, un très faible recours à l'engrais. Si le sorgho est peu cultivé, en revanche le mil occupe la quasi-totalité des zones exploitées. La plupart des exploitations comptent, chaque année, entre un et six champs cultivés. Leur variabilité résulte principalement de la pratique ou non du parcase sur un ou plusieurs champs. L'emplacement des champs cultivés et des jachères sera reporté sur photos aériennes, sur la carte du terroir et des jachères (J. M. d'Herbès), ainsi que sur les autres cartes (végétation, sol, états de surface).

B - Enquête approfondie

Par ailleurs, deux autres opérations sont conduites dans le but de préciser les objectifs et contraintes des paysans :

Une enquête approfondie est menée sur les itinéraires techniques de 10 exploitations. Celles-ci ont été sélectionnées à partir des données de l'enquête préliminaire et correspondent à un ensemble de 17 champs de mil. Parmi ces dix exploitations, cinq pratiquent le parcase, cinq ne le pratiquent pas. L'enquête a porté sur les prises de décisions au sein de l'unité de production concernant les priorités de déroulement des travaux.

Sur un de ces 17 champs, plusieurs cartes thématiques sont dressées : d'intensités de parcase (estimation semi-quantitative des quantités de fumure organique) ; des zones à mil pur et à cultures associées (niébé, oseille) ; des zones prioritaires pour le semis, le sarclage, et le démariage. En outre, une parcelle de 100 m² (10 m x 10 m), installée sur la zone la plus représentative du champ a permis d'échantillonner le rendement et ses composantes.

III - ETUDE DE L'ÉLABORATION DU RENDEMENT DU MIL PUR EN MILIEU RÉEL

L'objectif est d'étudier l'intensité de la compétition entre poquets et entre plantes d'un même poquet sous une contrainte azotée et une pluviométrie données, et ses conséquences sur les composantes du rendement.

A - Le site et les facteurs étudiés

1) Le site

Le champ expérimental se situe à quelques kilomètres des villages de Banizoumbou et de Sama Dey. Le site appartient à un piedmont sableux ("jupe"), type de terrain habituellement cultivé en mil (Figure 1). Une dépression périphérique détourne les eaux de ruissellement de sorte que le champ ne reçoit pas d'écoulement superficiel de l'amont l'eau. Le champ est cultivé en mil depuis 6 ans par une famille Peuhl qui demeure sur place. Le Peuhl pratique le parage des boeufs sur une partie de son champ.

Pendant la saison pluviale de 1991, l'humidité du sol a été mesurée jusqu'à une profondeur de 3,5 m. L'analyse des résultats montre que les tubes 2, 3 et 4 (Figure 1) sont très comparables quant à la teneur volumétrique en eau et à la profondeur d'infiltration. L'essai sur le mil a été implanté à proximité de ces tubes. Les sols de cette topo-séquence, non raccordée hydrauliquement au plateau, ont été décrits ainsi que ceux d'une jupe voisine accordée au plateau. Deux fosses pédologiques ont été ouvertes et caractérisées jusqu'à des profondeurs de 7 m et 10 m . Un mât de mesures bioclimatologiques a été testé en 1991 sur une jupe située à proximité et installé ensuite sur le site. A ce dispositif s'ajoutent un pluviographe et une parcelle de mesure du ruissellement et de l'érosion. L'ensemble des dispositifs de mesures devrait permettre d'établir les bilans radiatif, énergétique et hydrique du champ de mil où nos parcelles d'essai ont été implantées.

2) Les facteurs

L'essai comprend trois facteurs :

Densité des poquets : 20.000 poquets/ha ; 10.000 poquets/ha, ceci correspond à la densité préconisée pour les variétés locales et la variété CIVT (HKP) pour les champs fumés ; 5.000 poquets/ha, soit sensiblement à la densité préconisée pour les variétés semées tardivement et CIVT (HKP) pour les champs non fumés ; 2.000 poquets/ha.

Démariage à 3 plantes par poquet : démariage précoce (18 jours après levée) ; démariage tardif (28 jours après levée).

Apport azoté : apport azoté à raison de 50 kg N/ha au tallage et lors de la montaison ; absence de fertilisation.

Ces traitements (16) correspondent à 16 parcelles élémentaires de 12 x 12 m complètement randomisées. Il y a quatre répétitions, d'où 64 parcelles.

La grande majorité des champs au Niger, situés dans la zone comprise entre 450 et 650 mm de pluie annuelle, semés en mil pur ou avec un mélange mil-niébé, fumés ou pas, ont des densités de mil comprises entre 10 000 et 5 000 poquets/ha. Nos résultats sur les composantes de rendement seront complémentaires de ceux obtenus sur station en densités toujours beaucoup plus élevées et avec des poquets très souvent démariés sur 1 plante/poquet (Carberry *et al.* 1985, Diouf 1990, Stomph 1990). Des travaux menés en milieu paysan au Niger suggèrent que la pratique du démariage pourrait constituer une possibilité relativement facile d'améliorer le peuplement du mil. Le sarclage doit être également étudié. En effet, dans la pratique agricole, les deux techniques se trouvent liées. Le facteur azote (N) est pris en compte car, comme l'ont montré beaucoup d'études, il intervient sur de nombreuses composantes du rendement, surtout en interaction avec le facteur hydrique.

B - Choix des variétés et conduite de l'essai

1) Les variétés

Très souvent, les essais en milieu paysan n'ont pas fait apparaître une réelle supériorité d'un cultivar amélioré sur les variétés locales. Toutefois, deux variétés de mil, CIVT et HKP sont largement diffusées au Niger. Elles ont été obtenues par recombinaison de lignées qui sont pour la plupart des variétés locales (IRAT-INRAN). Elles ont des caractéristiques (longueur de cycle, hauteur de paille, forme d'épis) proche de celles des variétés locales mais elles répondent davantage aux engrais que la plupart des variétés non améliorées. Retenir ces variétés présente l'avantage de pouvoir comparer nos résultats avec d'autres essais. La plupart des essais réalisés en milieu paysan au Niger utilisent en effet CIVT et HKP. La variété choisie initialement, CIVT (90 jours) est disponible au Niger depuis 1976. L'installation tardive des pluies (début juillet) a considérablement réduit la durée de la saison. Nous avons utilisé la variété plus précoce (HKP, 80 jours) lors du resemis le 24 juin (Tableau 1). Cette variété a été également été retenue dans les essais sur station (ICRISAT, IRI).

2) Conduite de l'essai

Un engrais de fond (10 kg P/ha) a été enfoui pendant le travail de préparation du sol. Ceci est conforme aux pratiques des essais en milieu réel au Niger où la pauvreté du sol en phosphore peut être telle qu'elle peut masquer toute réponse au traitement (INRAN 1988). En outre, l'apport de P peut réduire l'effet d'un parçage antérieur non visible sur le terrain. Selon Diouf (1990 p. 185), l'effet du parçage ne s'extériorise nettement que sur la richesse minérale du sol en P et K. Une expérience en milieu paysan (essai INRAN 1988 inédit) a montré que l'effet d'un parçage intensif apportait l'azote en grande quantité mais qu'une tonne de fumier/ha ne libérait que l'équivalent de 1 kg/ha de P.

Tableau 1
Calendrier des opérations et observations (1992). Essai principal.

mars	délimitation des parcelles	Carte des états de surface initiaux (J.L. Rajot) : épaisseur de sable, arbustes, activité de la mésofaune, microrelief
25-26 mai	semis à sec	
4-6 juin	pluies, 8 et 7 mm suivies d'une période sèche	
9 juin		Relevé des poquets levés et non-levés
24 juin	resemis à sec	
30 juin	pluie, 33 mm	
5 juillet		Relevé des poquets levés et non-levés
14 juillet		Relevé des états de surface, particulièrement sur les 131 zones où le mil n'a pas levé les deux fois
16 juillet	sarclage à l'hilaire	Biomasse mauvaises herbes
21 juillet	démariage précoce	12 poquets/parcelle, mesures non-destructives pour déterminer LAI, nb mil/poquets, hauteur
22 juillet	50 kg N/ha	
26 juillet		Evaluation de la croissance des poquets (échelle 1...6)
31 juillet	démariage tardif	12 poquets/parcelle, mesures non-destructives pour déterminer LAI, nb mil/poquets, hauteur, nb de talles
4 août		4 poquets/parcelle, mesures destructives pour LAI, nb feuilles biomasse (talles et brin-maitre séparément).
17 août		Relevé des états de surface
18 août		Evaluation du mil, stade, ravageurs, poquets disparus
25 août		4 poquets/parcelle, mesures destructives pour LAI, nb feuilles biomasse (talles, et brin-maitre séparément, épis)
19 août	sarclage à l'hilaire	Biomasse mauvaises herbes
1 sept.	50 kg N/ha	
25 sept.		Hauteur poquets, nb total d'épis/poquet, nb pied de Striga
5 oct.		Relevé des états de surface
5-13 oct.	récolte	Composantes de rendement

L'hétérogénéité spatiale dans les parcelles implantées en milieu paysan constitue un problème non négligeable. Les observations des champs des paysans mettent en évidence une grande hétérogénéité spatiale du peuplement de mil. Deux types d'hétérogénéité peuvent aisément être distingués : celle directement liée aux traces visibles de ruissellement (chemins d'écoulement préférentiel, griffes, zones d'épandage) et celle associée à des processus moins évidents (micro-relief, épaisseur de sable au-dessous d'une croûte superficielle, densité des arbustes à rejets, termites, fourmis).

Le champ d'essai non raccordé au plateau, ne présente pas d'hétérogénéité du premier type. Ceci a facilité l'installation des parcelles. A l'égard du deuxième type, nous avons été amenés à réaliser des mesures annexes pour pouvoir en tenir compte dans l'analyse des résultats (analyse de covariance). Pour cela, il est essentiel de bien caractériser l'état initial du site, puis le développement du mil avant l'expression des traitements. Nous avons noté l'emplacement des souches d'arbustes rejetant. La présence de petites broussailles se trouve souvent corrélée aux endroits productifs (essai en cours ICRISAT inédit, Berrada *et al.* 1992). Puis nous avons caractérisé et cartographié des états de surface par unités parcellaires : type de croûtes, emplacement des activités des termites, micro-relief du sol. Il a été observé que les zones productives étaient souvent situées sur les points hauts de la micro topographie (Berrada *et al.* 1992). Ensuite, les poquets levés étaient recensés quatre ou cinq jours après le semis. Stomph (1990) a démontré la relation entre jour de levée d'un poquet et sa résistance à une sécheresse en début du cycle. Les poquets non levés, manquants et les resemis étaient notés.

En dehors du suivi des bilans hydrique et radiatif (assurés par les équipes de S. Galle et de B. Monteny (ORSTOM,)) les observations agronomiques sont complétées par des données sur l'évolution saisonnière des états de surface (J.L. Rajot, VSN ORSTOM) et des mauvaises herbes (G. Schmelzer, Département de Formation en Protection des Végétaux, Niger).

IV - ESSAI DE PARCAGE

Cet essai est implanté sur le même champ, au niveau du tube 4 (Figure 1). Il comporte deux facteurs : le **parcage**, apport de 5t/ha de fumure organique (bouses) en début de l'hivernage ou absence d'apport. Le **sarclage**, pas de sarclage, deux sarclages (2 et 4 semaines après le semis) ou quatre sarclages (2, 4, 6 et 8 semaines après le semis).

Il s'agit d'un dispositif en split-plot avec comme facteur principal le parcage (parcelle élémentaire 12 x 4 m) et comme facteur secondaire le sarclage à l'hilaire (parcelle élémentaire 4 x 4 m). L'essai comporte 6 répétitions, soit 36 parcelles. Les observations portent sur (Tableau 2), l'élaboration du rendement du mil (A. de Rouw), la compétition mil-adventices (G. Schmelzer, D.F.P.V.) et la dynamique saisonnière des états de surface (J.L. Rajot).

Tableau 2
Calendrier des opérations et observations (1992). Essai parçage.

mars	délimitation des parcelles	Carte des états de surface initiaux (J.L. Rajot) : épaisseur de sable, arbustes, activité de la mésofaune, microfaune
11 mai	apport de fumure organique dans les parcelles "parçage"	Recueil, pesée et apport de bouses à raison de 5 t/ha
28 mai	semis à sec, 1x1m	
4-6 juin	pluies, 8 et 7 mm suivies d'une période sèche	
11 juin		Relevé des poquets levés et non-levés
30 juin	pluie, 33 mm	
1 juillet	resemis en humide, 1 x 1m	
5 juillet		Relevé des poquets levés et non-levés
9 juillet		Relevé des états de surface (J.L. Rajot) Relevé des mauvaises herbes, dans chaque subplot (G. Schmelzer)
13 juillet	1er sarclage à l'hilaire	Biomasse mauvaises herbes
22 juillet	démariage	Nb mil/poquet, hauteur
26 juillet		Relevé des états de surface (J.L. Rajot)
27 juillet	2ème sarclage	Relevé des mauvaises herbes, dans chaque subplot (G. Schmelzer) Couvert du mil et des adventices, biomasse mauvaises herbes
10 août		Relevé des mauvaises herbes, dans chaque subplot (G. Schmelzer)
11 août	3ème sarclage	Relevé des états de surface, avant le sarclage (J.L. Rajot) Couvert du mil et des adventices, biomasse mauvaises herbes
24 août	4ème sarclage	Relevé des états de surface, avant le sarclage (J.L. Rajot) Relevé des mauvaises herbes, dans chaque subplot (G. Schmelzer) Couvert du mil et des adventices, biomasse mauvaises herbes
23 sept.		Relevé des états de surface (J.L. Rajot) Relevé des mauvaises herbes, dans chaque subplot (G. Schmelzer)
28 sept.		Hauteur poquets, nb total d'épis/poquet, nb pied/parcelle de <i>Striga</i>
8 oct.	récolte	Composantes de rendement Biomasse des adventices dans chaque subplot

Dans cet essai, Le mil est semé à raison de 10.000 poquets/ha. Le démariage précoce sur 3 plantes/poquet correspondant au traitement D3E1M1 de l'essai principal. A la fin du cycle, le protocole d'observations sur le mil à été le même. Nous pouvons comparer le développement, d'une part, du mil en compétition avec d'autres pieds de mil, d'autre part le mil en compétition avec d'autres pieds de mil et des mauvaises herbes en quantités variables.

V - PREMIERS RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

Une première évaluation globale de l'activité agricole de Banizoumbou (composantes du rendement, culture associée, détermination des zones de culture préférentielles, ou au contraire délaissées) est présentée dans le Mémoire de fin d'étude de H. Seybou (1993). Ensuite les données seront rapprochées de celles collectées par d'autres collègues au cours de cet hivernage (situations géomorphologiques, types de sol, de végétation, d'états de surface, distribution de la pluviométrie, du bilan hydrique).

Les périodes de sécheresse du début de l'hivernage ont permis d'enregistrer deux séries de levée de mil et des adventices. La levée du mil (72 %) après les deux petites pluies des 4 et 6 juin (8 et 7 mm) a pu être reliée à un effet micro-relief (petites variations de dépôts sableux superficiels) et à un effet bloc. La deuxième levée (moyenne 88 %), après la pluie de 33 mm du 30 juin n'a pas permis de mettre en évidence de relations nettes avec les états de surface, ni d'effet bloc. En revanche, les parcelles à forte densité ont présenté les taux de levée les plus marqués (95 %), associés, peut-être, à un effet poquet : le ruissellement sur la surface du sol serait d'autant plus limité que la distance entre les poquets (qui constituent autant de légères dépressions), est faible. L'évaluation précoce de la croissance du mil (8800 poquets de mil évalués), la cartographie de la micro-variabilité et les composantes du rendement devraient fournir des éléments pour une théorie de la variabilité spatiale, en collaboration avec le groupe de travail de l'ICRISAT sur ce thème.

Nos observations sur le stade de développement, tallage, nombre de feuilles, biomasse aérienne du mil permettent d'évaluer les effets de concurrence intra-poquet (date de démariage) puis inter-poquets (densité de poquets) sur la structure du peuplement et, enfin, sur les composantes du rendement. A court terme, nous allons tester cinq modèles d'estimation de surface foliaire du mil établi par l'ICRISAT (Payne *et al.* 1991), et relier nos estimations de surfaces foliaires aux mesures du bilan radiatif effectué sur nos parcelles (à l'aide du mat micro-météorologique de B. Monteny).

Le parage est une pratique importante dans la région, il s'agit ici d'une première tentative de quantification de l'effet de l'apport de fumure organique sur les composantes du rendement du mil et sur le développement des adventices qui sont plus précoces et produisent plus de biomasse.

BIBLIOGRAPHIE

- BERRADA (A.), GAOH (M.G.) et SCOTT-WENDT (J.), 1992. Causes et effets de la variabilité spatiale de la croissance du mil au centre-sud du Niger. *La revue de la Recherche Agronomique (Niger)* 2 : 1-15.
- CARBERRY (P.S.), CAMPBELL (L.C.) et BIDINGER (F.R.), 1985. The growth and development of Pearl Millet as affected by plant population. *Field Crops Research* 11 : 193-205.
- DIOUF (M.), 1990. Analyse de l'élaboration du rendement du mil (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubb.). Mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes. Thèse de doctorat d'INA-PG, soutenue le 5 janvier 1990, Paris, 271 pp.
- FUSSELL (L.K.), SERAFINI (P.G.), BATIONO (A.) and KLAJI (M.C.), 1987. Management practices to increase yield and yield stability of pearl millet in Africa. Proceedings of the International Pearl Millet Workshop, 7-11 avril 1986, ICRISAT, India, Pantancheru, India: 255-268.
- INRAN, 1988. Manuel de l'expérimentation en plein champ, à l'usage des cadres de développement agricole. INRAN, Niamey, 156 pp.
- Ministère de l'Agriculture et l'Environnement, 1989. Rapport annuel des statistiques de l'agriculture et de l'environnement 1988, Niger. 99 pp.
- PAYNE (W.A.), WENDT (C.W.), HOSSNER (L.R.) and GATES (C.E.), 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agronomy Journal* 83 : 937-941.
- SEYBOU (H.), 1993. Enquête sur les systèmes de culture, cas du terroir de Banizoumbou. Mémoire de fin d'étude, Faculté d'Agronomie, Université de Niamey, Niger, 51 pp.
- STOMPH (T.J.), 1990. Seedling establishment in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). The influence of genotype, physiological seed quality, soil temperature and soil water. P.h.D. thesis, University of Reading, Department of Agriculture. Early Gate, Reading, August 1990, 199 pp.