

Régénération des plaines à *Panicum laetum* dans le Gourma malien

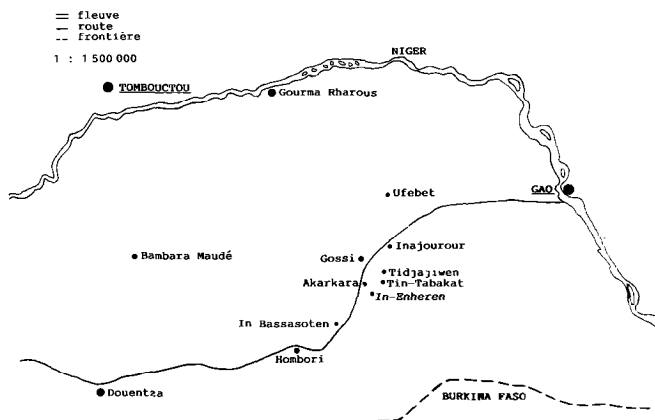
J.B. Aune¹

AUNE (J.B.). Régénération des plaines à *Panicum laetum* dans le Gourma malien. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, 44 (3) : 363-372

Panicum laetum (fonio sauvage) est une graminée annuelle dont les semences sont utilisées comme aliment. Après les années de sécheresse récentes dans le Gourma, au Mali, beaucoup de plaines se sont dégradées. Le but principal de cette étude a été de trouver une méthode pour régénérer les plaines à *Panicum laetum*. Les résultats font apparaître que, sur les plaines dégradées, il reste peu de semences. Les essais sur le terrain ont montré que, techniquement, il est possible de régénérer les plaines à fonio sauvage. La méthode qui a donné le meilleur résultat est celle du semis suivi d'un travail à la houe. Cependant, un travail à la houe seul peut aussi faciliter la régénération. Le travail du sol améliore la levée et augmente la croissance des plantes. Le semis en poquets n'a pas donné de résultats satisfaisants. Bien que la méthode "semis et travail du sol à sec" soit exigeante en main-d'oeuvre, la productivité de 2,0 kg de grains par heure de travail indique que la méthode peut être opérationnelle à grande échelle. **Mots clés :** *Panicum laetum* - Restauration couverture végétale - Travail du sol - Mali.

INTRODUCTION

L'étude fut menée au Mali, dans le Gourma (carte 1). Cette zone est caractérisée par une pluviométrie moyenne de 150 à 350 mm (11), avec une variabilité interannuelle importante. La plus grande partie des pluies tombe pendant les mois de juillet, août et septembre.



Carte 1 : Gourma malien.

1. Department of Crop Science, Agricultural University of Norway, Box 41, 1432 Ås-NLH, Norvège.

Reçu le 10.9.1990, accepté le 4.5.1991.

L'espèce considérée ici, le fonio sauvage (*Panicum laetum* Kunth), croît dans toute la zone sahélienne, du Sénégal à l'Éthiopie (10). C'est une graminée annuelle qui peut atteindre une hauteur de 30 à 60 cm. La panicule de l'inflorescence est longue de 7,5 à 15 cm, le caryopse est elliptique, jaunâtre et long de 1,5 m (10). L'appellation "fonio" dans cet article ne concernera que *Panicum laetum*.

Le fonio pousse en général dans des dépressions limono-argileuses souvent temporairement inondées. Ses besoins hydriques sont satisfaits par les pluies et les eaux de ruissellement. Ces dernières peuvent provenir de bassins versants éloignés de plusieurs kilomètres et constituent l'apport majeur pour le développement de la plante.

Le fonio pousse parfois en peuplement dense, constituant alors des prairies continues et étendues. Il serait capable de fleurir toute l'année selon l'humidité (1) et la pâture ne compromet pas sa reproduction (6).

La récolte du fonio s'effectue en deux étapes. Dans un premier temps, la récolte est effectuée en balançant à la hauteur des inflorescences un panier spécialement conçu pour recueillir les grains détachés par le mouvement (photo 1). Ensuite, lorsque les grains restés sont mûrs et tombent à terre, le sol est balayé après la fauche de la paille (photo 2) pour les récolter. Les grains mêlés à la terre sont ensuite épurés par vannage. Une partie non négligeable reste à terre et sert alors de semence pour l'année suivante. Au Gourma, la récolte peut commencer en août et durer jusqu'en novembre.



Photo 1 : Homme en train d'effectuer la récolte au panier.



Photo 2 : Femme en train de balayer une plaine à fonio.

Les grains sont importants pour l'alimentation de la population du Gourma et le surplus obtenu est vendu sur les marchés locaux (9).

A la demande de l'Aide de l'Église Norvégienne (AEN), le Federal Institute for Geoscience and Natural Resources a fait une étude sur les conditions pédologiques de deux plaines à fonio (tabl. I). En se fondant sur ces informations, on peut conclure que la fertilité du sol à Tin-Tabakat est moyenne et qu'elle est faible à Akarkara. Le pH est faiblement acide. Les caractéristiques physiques de ces deux localités sont moins favorables que les conditions chimiques en raison de la croûte qui se forme en surface, empêchant l'infiltration de l'eau et provoquant

TABLEAU I Analyses chimiques et physiques des sols de deux plaines à fonio. D'après Hoffmann (8).

	Tin-Tabakat		Akarkara	
	0-4 cm	4-35 cm	0-10 cm	10-39 cm
pH (KCl)	5,3	4,8	4,9	6,0
Carbone org. (p. 100)	0,63	0,33	0,83	0,38
P acc. (ppm)	16	13	15	11,1
CEC (mé/100 g)	13,6	12,2	9,6	8,0
Ca ²⁺ éch. (mé/100 g)	6,9	6,7	4,8	5,1
Mg ²⁺ éch. (mé/100 g)	3,5	3,4	2,4	2,9
K ⁺ éch. (mé/100 g)	1,0	0,3	0,7	0,2
Na ⁺ éch. (mé/100 g)	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1
Base saturation (p. 100)	83	86	82	100
Sable (p. 100)	3	18	27	41
Limons (p. 100)	54	35	53	37
Argile (p. 100)	43	47	20	22
Densité du sol	1,40	1,58	1,46	1,63
Porosité (p. 100)	47,0	40,3	44,8	38,4
Texture	Argile limoneuse	Argile	Limons fin	Limons

CEC = capacité d'échange de cations.

le ruissellement. La texture trouvée indique que le sol, dans les deux cas, a probablement une rétention d'eau assez forte (8).

Suite aux dernières années de sécheresse, beaucoup de plaines à fonio se sont dégradées, surtout celles qui ne retiennent pas longtemps l'eau de ruissellement. Cette étude se propose d'analyser les facteurs qui influencent le rendement du fonio afin de mettre au point une méthode de régénération des plaines dégradées.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Un test de germination a été effectué pour évaluer la qualité des semences de fonio utilisées pour la régénération. Des échantillons de semences, d'origines diverses, ont été achetés sur le marché de Gossi. Leur pourcentage de germination a été testé en boîte de Petri. Il a été réalisé quatre parallèles (une boîte de Pétri = un parallèle) par échantillon, chaque parallèle comportant 50 graines. Au début de l'essai, chaque boîte a reçu 2,5 cm³ d'eau, et les jours suivants 2 cm³ d'eau par jour ont été ajoutés, assurant une humidification suffisante pour la germination. L'eau utilisée était bouillie puis refroidie. Le soleil était la seule source de lumière. Les résultats furent relevés huit jours après la mise en germination.

Pour déterminer la quantité de semences présente dans le sol, des échantillons furent prélevés sous forme de 10 carrés mesurant 20 x 20 cm, pris au hasard sur la plaine étudiée. Les deux premiers centimètres du sol furent prélevés à l'emplacement des carrés. A partir de chaque échantillon, 450 et 500 g de sol ont, respectivement, été utilisés pour déterminer la quantité de semences restant dans le sol en 1987 et 1988. A cet effet, une couche de sable fut placée au fond de sachets en plastique et, pour chaque sachet, un échantillon, corrigé par le poids, fut dispersé sur la couche de sable. Les sachets furent placés de manière aléatoire dans une cour et arrosés deux fois par jour. La germination du fonio, ainsi que celle d'autres espèces, a été enregistrée en 1987 et en 1988. Le nombre de jours jusqu'à la floraison fut déterminé en 1987. Pour connaître la précocité du fonio, les sachets ayant plus de 10 plantes par poquet furent démarqués, à raison de 10 plantes par poquet, et le moment où 50 p. 100 des plantes atteignirent la floraison fut noté. La levée naturelle, déterminée par l'observation de 10 carrés mesurant 0,5 x 0,5 m, fut également enregistrée tout près de la localité d'où proviennent les échantillons.

Des essais sur le terrain furent menés pour trouver une méthode de régénération des plaines à fonio. Le dispositif expérimental fut celui du bloc de Fischer à trois répétitions. Pour diminuer l'erreur expérimentale, les blocs furent orientés perpendiculairement à la pente, formant ainsi une seule ligne, de façon à éviter qu'un bloc placé en amont d'un autre puisse influencer les conditions

hydriques du bloc placé en aval par action sur le ruissellement. En 1987, les parcelles contenues dans les blocs avaient une dimension de 2,5 x 8 m. La distance entre les parcelles était de 0,5 m. En 1988, chaque parcelle avait une dimension de 3 x 8 m et l'écartement entre parcelles était de 0,75 m pour l'essai à Tin-Tabakat, et de 0,5 m dans les autres. L'écartement entre les blocs était de 2 m pour les deux années.

Au total, dix méthodes de régénération ont été testées. Lorsqu'une méthode comportait un labour, celui-ci était effectué à la houe. Les méthodes se décomposaient comme suit :

1. Témoin, sans travail du sol et sans semis.
2. Semis en poquets sur un sol sec. En 1987, les poquets étaient distants de 40 cm dans les quatre directions cardinales. En 1988, l'écartement entre les poquets d'une même ligne était de 0,25 m et la distance entre les lignes de 0,5 m. Les poquets ont été confectionnés à l'aide d'une houe à une profondeur d'environ 2 cm. Les semences ont été mises dans les poquets et ces derniers piétinés.
3. Travail à la houe à sec, sans semis.
4. Semis et travail à la houe à sec. Les semences ont été semées à la volée et le semis a été suivi par un labour.
5. Semis et piétinement. Le semis a été effectué sur un sol humide, juste après le retrait d'une inondation. Le sol était à ce moment-là bien meuble et l'enfouissement des semences a été effectué par piétinement humain.
6. Semis dans les fissures du sol. Le sol de quelques-unes des plaines est craquelé à l'état sec. On peut émettre l'hypothèse que les semences sont protégées du ruissellement par le réseau de fissures. Le semis fut réalisé à la volée, suivi par un balayage de la parcelle, pour s'assurer que les grains tombaient dans les fissures.
7. Travail à la houe à l'état humide, sans semis.
8. Semis et travail à la houe à l'état humide. Un semis à la volée a été suivi d'un labour.
9. Semis en cuvettes de 0,5 m de côté et 4 à 6 cm de profondeur, creusées alors que le sol était humide. Les cuvettes étaient distantes les unes des autres de 0,5 m dans les quatre directions cardinales. Les semences furent placées dans chaque cuvette et recouvertes par une couche de sable d'une hauteur de 1 à 2 cm.
10. Semis à la volée sur un sol humide, sans labour.

Les plaines suivantes furent retenues en 1987 et en 1988 pour les essais de régénération (les traitements qui y furent effectués sont indiqués entre parenthèses) :

- In-Enheren, à 20 km au sud de Gossi, 1987 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10) ;
- In-Bassasoten, à 50 km au sud-ouest de Gossi, 1987 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10) ;

- Tin-Tabakat, à 20 km au sud-est de Gossi, 1987 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10) ;

- Akarkara, à 15 km au sud-ouest de Gossi, 1987 (1, 2, 4) ;

- Ufebet, à 50 km au nord-est de Gossi, 1987 (1, 2, 4) ;

- Tin-Tabakat, à 20 km au sud-est de Gossi, 1988 (1, 2, 3, 4, 5, 6) ;

- In-Enheren, à 20 km au sud de Gossi, 1988 (1, 2, 3, 4, 5) ;

- Tidjajiwén, à 15 km au sud de Gossi, 1988 (1, 2, 3, 4, 5) ;

- Inajourour, à 20 km à l'est de Gossi, 1988 (1, 2, 3, 4, 5).

Lorsque la même plaine fut retenue, à la fois en 1987 et en 1988, la localisation de l'essai sur la plaine fut différente. Les semis furent effectués à raison de 15 kg/ha en 1987 et de 40 kg/ha en 1988. La quantité de semences a été augmentée en 1988 pour obtenir une population plus dense que celle de 1987.

Les taux de germination pour les semences utilisées en 1987 et en 1988 sont, respectivement, de 32,7 et 25,5 p. 100. Ces taux sont calculés par un test en boîte de Petri. On note, cependant, que le pourcentage de germination est déterminé plus précisément pour la semence utilisée en 1987 que pour celle utilisée en 1988. Le taux de germination pour la semence utilisée en 1987 a été calculé en se fondant sur sept essais différents s'étalant du 13 mai au 6 août, alors qu'en 1988 il résulte d'un seul essai réalisé le 1er octobre.

La levée dans les essais de régénération fut déterminée par l'observation de dix carrés mesurant 0,5 x 0,5 m pris au hasard dans chaque parcelle ; le nombre de plantes de fonio dans chaque carré fut compté. La hauteur et le tallage des plantes furent déterminés par les mesures effectuées sur 20 plantes prises au hasard dans chaque parcelle.

Les rendements en grains furent déterminés d'abord par récolte au panier, puis deux à trois semaines plus tard par balayage de chaque parcelle. A Tin-Tabakat, seul le balayage fut réalisé car les grains étaient tombés à terre avant la récolte au panier. La paille et les grains ont été séchés avant d'être pesés.

Pour étudier l'influence des méthodes de régénération sur l'humidité du sol, trois échantillons de sol furent prélevés avec des cylindres ayant un volume de 100 cm³, pour chacune des trois répétitions des traitements étudiés. Les échantillons ont ensuite été pesés à l'état humide et à l'état sec.

Pour avoir une indication du nombre de personnes nécessaires à la réalisation des différentes méthodes, une étude annexe fut menée sur des parcelles de 700 m². L'essai fut réalisé sans répétition et avec trois hommes travaillant ensemble.

Les données des différents essais furent traitées avec des analyses de variance et de régression. L'effet des méthodes de régénération pour l'ensemble des sites sur une année fut testé contre l'interaction méthodes-localités, puis contre l'erreur résiduelle. Dans le cas d'une analyse effectuée sur deux années, l'effet des méthodes de régénération fut testé contre l'interaction méthodes-années. Le seuil pour lequel les résultats sont considérés comme significatifs est de 5 p. 100. Les niveaux de probabilité à 0,05, 0,01 et 0,001 sont respectivement indiqués par *, **, ***. L'abréviation n.s. signifie non significatif au niveau de probabilité de 0,05.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Différents aspects de la régénération sont examinés, à savoir la qualité des semences, la quantité de semences dans le sol, l'effet des traitements sur les conditions hydriques du sol, la levée dans les essais, le développement des plantes, les rendements en grains et en paille, le besoin de main-d'oeuvre et les méthodes à préconiser.

Qualité des semences

Avant de commencer les essais sur le terrain, il a été jugé nécessaire de réaliser une évaluation de la qualité des semences. De grandes différences sont apparues en ce qui concerne le pourcentage de germination. Le plus élevé a été de 47,0 p. 100 et le plus faible de 2,5 p. 100 (tabl. II).

Une relation linéaire entre le taux de germination et la date du semis a été recherchée, sans donner une relation significative. Néanmoins, le taux de germination a eu tendance à augmenter au cours de l'essai (tabl. II). Le résultat obtenu pour le premier semis s'est distingué des résultats obtenus pour les autres dates de semis, et c'est pourquoi la corrélation n'a pas été trouvée significative.

Un essai réalisé en conditions de terrain en 1987 indique qu'il existe une dormance dans les semences car la levée en 1988 s'est avérée aussi élevée que celle de 1987. Or, aucun semis n'a été réalisé sur ce terrain en 1988 (tabl. IV). Cette dormance peut contribuer de façon très importante à empêcher la dégradation des plaines à fonio car, même si la production grainière échoue entièrement une année, il restera, normalement, assez de semences pour assurer la germination l'année suivante.

Les résultats de ces essais démontrent qu'il est important de tester le taux de germination avant de procéder à une régénération par semis à grande échelle.

Quantité de semences dans le sol

La levée obtenue sur les échantillons de sol placés en pots et arrosés et celle obtenue sur les terrains d'où proviennent les échantillons ont été étudiées. Les résultats montrent que, sur les plaines dégradées, il reste peu de semences pouvant assurer un rétablissement du fonio (tabl. III). Sur les plaines non dégradées, la quantité de semences restant dans le sol peut être très élevée (429 semences germées par kg de sol). Lorsqu'il y a eu

TABLEAU II Pourcentage de germination des différents « écotypes », semés à des moments différents.

Écotype	Date de semis							Moyenne
	13/5	27/5	11/6	25/6	9/7	24/7	6/8	
Tezé	37,0	15,0	25,4	30,0	29,5	41,5	47,0	32,2
Fintrou	21,5	11,0	24,0	23,5	30,5	31,0	32,0	24,8
Hinené	4,0	2,5	4,5	7,0	8,0	11,5	9,5	6,7
In-Ejeren	27,5							
In-Enheren	36,0							
Betelon	23,5							
Engassivan			6,0					
In-Assin			5,5					
In-Abram			38,5					
Indiaman			32,0					
In-Garo			15,5					
Moyenne*	20,8	9,5	18,0	20,2	22,7	28,0	29,5	21,2
ppds 5 p. 100*	9,2	8,7	6,3	9,3	6,0	9,3	12,2	3,1

TABLEAU III Relation entre le nombre de semences germées par kg de sol sec dans des échantillons et la germination naturelle observée sur les plaines d'où proviennent les échantillons.

	Nbre de semences germées par kg de sol sec	Germination naturelle par m ²
In-Alata	428,9	—
In-Enheren I	297,7	1 541,2
Tin-Tabakat I	28,7	826,4
Tin-Tabakat II	23,3	226,4
Ufebet I	19,7	162,0
Imbassasoten	14,2	194,0
Tin-Tabakat III	6,2	18,0
In-Enheren II	1,1	0,0
Ufebet II	0,6	6,0
Akarkara	0,0	0,0
Tidjajiwen I	0,0	1,7
Tidjajiwen II	0,0	1,3
ppds 5 p. 100	222,7	654,4

moins de 6,2 semences germées par kg de sol dans les échantillons, la germination naturelle n'a jamais dépassé 18 plantes par m². Les plaines ayant moins de 10 plantes par m² peuvent être considérées comme très dégradées. Si le nombre de plantes par m² peut atteindre environ 1 500, la plaine n'est pas dégradée. Celles ayant, dans cette étude, une levée comprise entre 100 et 300 plantes par m² peuvent être considérées comme peu dégradées mais, si plusieurs années de suite se révélaient déficitaires en eau, une dégradation totale pourrait en résulter.

Du fait que peu de plaines aient été étudiées en ce qui concerne la corrélation entre la germination des échantillons et la levée naturelle, il est difficile d'établir une relation fiable entre ces deux paramètres. A la lecture du tableau III, on remarque que la corrélation entre les deux paramètres cités n'est pas totale, mais, malgré tout, relativement bonne ($r^2 = 0,82^{***}$).

Relations entre le fonio et les espèces cohabitantes

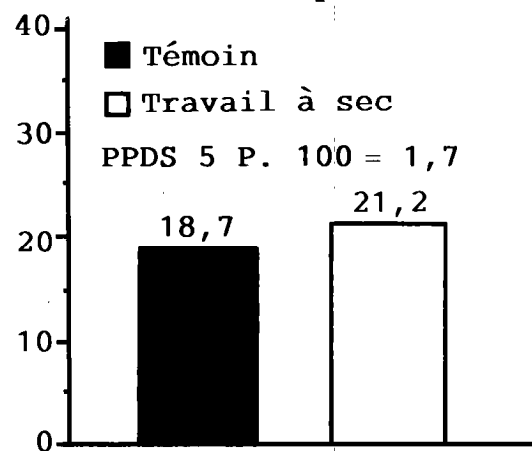
Dans les échantillons arrosés artificiellement, d'autres espèces apparaissent. Parmi celles-ci, les plus courantes furent *Echinochloa colona* L. Link, *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv., *Corchorus tridens* L. et *Alysicarpus ovalifolius* (Schum.) J. Leonard. Des corrélations entre le nombre de plantes de fonio et le nombre de plantes de chacune de ces autres espèces ont été recherchées, sans donner de résultats fiables. Du fait que peu de plaines furent examinées, il est difficile d'établir une telle relation.

Effet du labour sur l'humidité, la densité apparente du sol et l'ensablement des plaines

Le travail du sol a augmenté son humidité et a diminué sa densité apparente dans l'essai mené à Tin-Tabakat en 1988 (fig. 1). Dans un sol à texture limono-argileuse près de Niamey, l'humidité du sol a aussi augmenté suite au travail du sol. Cependant, l'effet du labour a été nettement moins marqué l'année suivante (3).

Différentes hypothèses peuvent être avancées pour expliquer l'augmentation de l'humidité. Tout d'abord, le travail à la houe crée des aspérités à la surface du sol qui augmentent la capacité de stockage de l'eau à la surface, permettant un laps de temps plus important pour l'infiltration (7). Ensuite, le labour peut entraîner une augmentation de la porosité du sol. Les résultats indiquent qu'une

Humidité volumique (P. 100)



Densité apparente du sol (kg/DM³)

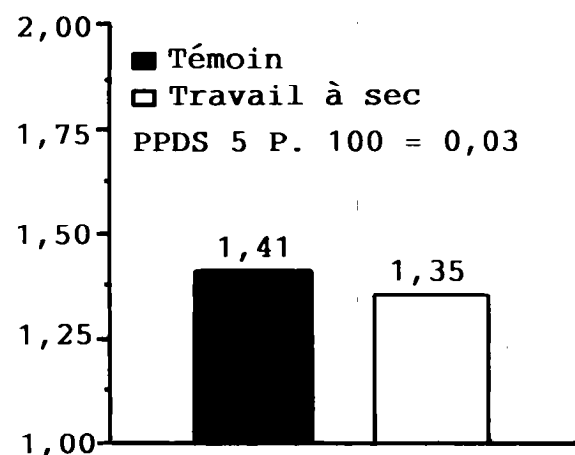


Fig. 1 : Effets des méthodes de régénération sur l'humidité volumique et sur la densité apparente du sol, à Tin-Tabakat en 1989.

telle modification a eu lieu, car la densité apparente du sol a été trouvée plus faible après le labour. Ceci permet au sol d'emmagasiner plus d'eau. Enfin, il existe dans le sol des pores contenant de l'air. Or, quand la surface est submergée d'eau, il faut que l'air dans le sol sorte afin que l'eau puisse y pénétrer. C'est en créant des aspérités à la surface que l'on facilite cette infiltration (5).

En 1987, il a été observé à Ufebet et à In-Enheren une accumulation de sable sur les parcelles labourées. Les aspérités créées par le labour avaient piégé ce sable au moment des tempêtes. Cette accumulation a été la plus prononcée à Ufebet, et la hauteur moyenne de sable atteignit 14 cm sur les parcelles labourées. En 1988, ces dunes avaient disparu.

La formation des dunes de sable sur les plaines à fonio peut rendre le balayage de celles-ci très difficile, car les grains sont mélangés au sable. Cependant, comme ce phénomène s'est produit sur seulement deux des neuf plaines étudiées et que les dunes avaient disparu l'année suivante, il ne représente pas un obstacle majeur à la technique du labour.

La levée dans les essais de régénération

Certaines méthodes de régénération, testées en 1987, ont nettement amélioré la levée des plantes (tabl. IV). Cependant, il faut souligner que l'effet des traitements 1, 2 et 3 n'est pas significatif pour l'ensemble des localités. Dans ce cas, c'est seulement l'interaction méthode (M) x localité (L) qui est significative. Ce résultat est dû à une période de sécheresse intervenue après la levée des plantes, tuant la totalité de celle-ci dans les parcelles semées à sec à In-Enheren avant que le dénombrement n'ait lieu. Sur ces parcelles, aucune deuxième vague de germination n'a été observée.

A In-Enheren, en 1987, la meilleure levée a été obtenue avec les méthodes du semis en cuvettes, du semis et piétinement et du semis et travail à l'état humide. La bonne levée dans les cuvettes pourrait être attribuée à de bonnes conditions hydriques dans celles-ci, car les cuvettes retiennent l'eau reçue après inondation. Aucune levée n'a été observée sur les parcelles semées à la volée. Ceci était prévisible car la surface du sol a séché très vite.

La levée en 1988 sur le terrain expérimental d'In-Enheren de 1987 fut enregistrée. Aucun travail n'avait alors été effectué sur ce terrain en 1988. Il ressort du dénombrement que l'effet des méthodes de régénération persiste encore en 1988 et qu'aucune levée n'a été observée sur le témoin, tout comme en 1987 (tabl. IV). Ce sont des semences qui n'ont pas germé en 1987 qui assurent la levée en 1988, parce que les plantes de ces parcelles, en 1987, n'ont pu atteindre leur maturité. Ce résultat met en évidence que l'effet des traitements peut durer au moins deux années.

Les résultats obtenus à Tin-Tabakat en 1987 sont moins nets que ceux des autres localités (tabl. IV). Le semis et piétinement est la méthode qui a donné le meilleur résultat. La levée enregistrée avec la méthode du semis en cuvettes a été très faible. Ceci s'explique par le fait que les plantes qui se trouvaient dans les cuvettes ont été noyées par une inondation survenue quand elles étaient encore jeunes.

A Akarkara et à Ufebet, le semis dans un sol humide n'a pu être effectué, en raison du manque d'eau. Les résultats sur ces sites mettent en évidence le caractère indispensable du semis pour obtenir une régénération des plaines à fonio (tabl. IV).

Les résultats de 1988 indiquent la même tendance que ceux de 1987 (tabl. V). Les densités obtenues après un semis ont été plus élevées en 1988 qu'en 1987, ce qui peut s'expliquer par de meilleures conditions hydriques et par l'augmentation de la quantité de semences cette année-là. Cependant, la densité la plus élevée notée au

TABLEAU IV Nombre de plantes par m² observées suivant les différentes méthodes de régénération et dans les différentes localités en 1987.

Méthode de régénération	In-Enheren*	In-Enheren**	Tin-Tabakat	Akarkara	Ufebet	Moyenne***
1. Témoin	0,0	0,0	9,7	0,0	7,2	4,2
2. Semis en poquets	0,0	1,6	30,1	0,0	26,8	14,2
4. Semis et travail du sol à sec	0,0	1,6	17,6	26,1	120,9	41,5
5. Semis et piétinement	22,5	30,4	36,5			
7. Sans semis, travail à l'état humide	1,8	3,7	16,0			
8. Semis, travail à l'état humide	25,6	29,5	19,6			
9. Semis en cuvettes****	42,0	10,4	0,1			
10. Semis à la volée	0,0	0,0	18,6			
Moyenne	11,4	9,7	18,5	8,7	51,6	20,0
ppds 5 p. 100	20,1	16,1	10,4	n.s.	n.s.	n.s.
Interaction M x L						*

* Levée en 1987. ** Levée sur le même site en 1988. *** Moyenne de toutes les localités, sauf d'In-Enheren 1988. **** Mesuré dans les cuvettes.

TABLEAU V Nombre de plantes par m² observées suivant les différentes méthodes de régénération en 1988.

Méthode de régénération	Tin-Tabakat	In-Enheren	Tidjajiwen	Inajourour	Moyenne
1. Témoin	22,8	0,5	0,7	49,4	18,4
2. Semis en poquets	77,2	106,1	52,7	156,9	98,2
3. Sans semis, travail à sec	57,3	17,8	6,0	84,4	41,4
4. Semis et travail à sec	97,5	284,5	47,3	240,9	167,6
5. Semis et piétinement	63,1	4,4	36,9	99,8	50,8
6. Semis dans les fissures	25,2				
Moyenne	57,2	82,7	28,7	126,3	75,3
ppds 5 p. 100	35,9	31,0	15,2	n.s.	47,0
Interaction M x L					***

cours des essais est, de loin, inférieure à celle déterminée à In-Enheren, en 1987, sur une partie de la plaine non dégradée où une densité de 1 541 plantes/m² a été enregistrée (tabl. III). Pour l'ensemble des localités, en 1988, la meilleure levée fut celle avec la méthode du semis et labour à sec (167,6 plantes/m²) (tabl. V). On peut noter que la levée avec un semis en poquets (98,2 plantes/m²) a toujours été supérieure à la levée observée avec la méthode "sans semis, labour du sol à sec" (41,4 plantes/m²). Avec cette dernière méthode, la levée a eu tendance à être supérieure à celle du témoin (18,4 plantes/m²), bien que la différence ne soit pas significative. Dans une étude de régénération, avec d'autres espèces, sur sol limono-sableux au Burkina Faso, il a été montré qu'un labour du sol (avec une herse) a augmenté la levée et la survie des plantes (12).

Comme en 1987, l'interaction M x L a été trouvée significative. Il existe deux raisons à cela. D'une part, la quantité initiale des semences dans le sol est différente d'une localité à l'autre. L'effet du semis sur la levée est d'autant plus important que les plaines sont dégradées, comme à In-Enheren et Tidjajiwen. D'autre part, à Tidjajiwen, la levée a été relativement bonne avec le traitement "semis et piétinement" par rapport à celle obtenue avec la même méthode dans les autres localités. Ici, elle a été réalisée avec une humidité suffisante alors que dans les autres localités, en 1988, le sol n'était pas suffisamment humide pour effectuer le travail correctement.

A Tin-Tabakat, on remarque que la plaine n'est pas totalement dégradée car la levée enregistrée sur le témoin a été de 22,8 plantes/m² (tabl. V). La densité la plus élevée a été notée avec la méthode "semis et travail à sec", soit une densité de 97,5 plantes/m². Le semis en poquets a aussi donné un résultat assez bon. Le semis dans les fissures n'a pas entraîné d'augmentation des densités.

A In-Enheren, la méthode "semis et piétinement" n'a pas sensiblement augmenté la densité car le travail n'a pu être effectué en temps voulu. En effet, la réalisation de

cette méthode doit suivre immédiatement le retrait de l'eau. Ceci explique le meilleur résultat obtenu à Tidjajiwen.

Pour indiquer le taux de germination des semences, lors des essais en terrain pour In-Enheren et Tidjajiwen, avec le traitement "semis et travail à sec", on s'est basé sur le poids de 1 000 grains de semences. Le pourcentage trouvé en 1988 a été, respectivement, de 15,6 et 2,6 p. 100. Il est à remarquer qu'en 1988 le pourcentage de germination des semences testées en boîte de Petri, à savoir 25,5 p. 100, est assez proche de celui obtenu sur le terrain à In-Enheren, à savoir 15,6 p. 100.

Aucun effet significatif des traitements 1, 2 et 3 n'est apparu dans l'analyse pour l'ensemble des deux années.

Développement des plantes

La biomasse produite en 1987 sur les plaines étudiées a été très faible, car les pluies ont été insuffisantes. La production en grains a échoué, mais, pour se rendre compte de l'effet des différentes méthodes de régénération sur le développement des plantes, les observations portant sur la levée et le tallage ont été enregistrées (tabl. VI). A Ufebet, les plantes des parcelles travaillées se sont avérées nettement plus longues (25,3 cm) que celles des parcelles témoins (7,9 cm). Le labour a aussi augmenté le tallage, bien que ce résultat ne soit pas significatif. A In-Enheren, les plantes des parcelles travaillées en semis et piétinement ne se sont pas développées autant que celles des parcelles "semis et travail à l'état humide". Ce résultat pourrait s'expliquer par les meilleures conditions hydriques lorsque les parcelles ont été travaillées (fig. 1).

Le fonio sauvage est considéré par les autochtones comme une espèce ayant un cycle court. Un essai réalisé en pot en fait la preuve. En semant le 4 août 1987, le cycle du semis jusqu'à 50 p. 100 de floraison a été de 27 jours. L'hivernage est, au Gourma, de courte durée, et la précocité du fonio fait que celui-ci doit être considéré comme adapté aux conditions sahéennes.

TABLEAU VI Effets des méthodes de régénération sur la longueur des plantes et sur le tallage, à Ufebet et à In-Enheren, en 1987.

	Ufebet		In-Enheren
	Tallage (talles/plante)	Longueur (cm)	Longueur (cm)
1. Témoin	3,5	7,9	—
4. Semis et travail à sec	6,1	25,3	—
5. Semis et piétinement			10,2
6. Semis et travail à l'état humide			15,4
9. Semis dans les cuvettes			10,2
ppds 5 p. 100	n.s.	10,8	4,7

Rendements et indice de rendement

En 1988, un rendement en grains a été obtenu dans toutes les localités sauf à Tidjawiwen (tabl. VII). L'effet des traitements est trouvé significatif dans toutes les localités sauf à In-Enheren. Pour l'ensemble des sites, le meilleur rendement a été obtenu avec la méthode "sans semis, travail à sec" (196,7 kg/ha). Il est à remarquer que la productivité avec le labour sans semis (99,6 kg/ha) est nettement plus élevée que sur le témoin (25,2 kg/ha) et avec le semis en poquets (41,0 kg/ha). Le semis et piétinement a échoué pour les raisons exposées précédemment. On remarque que le rendement total à Inajourour pour le semis et travail à sec a été de 385 kg/ha, ce qui peut être considéré comme satisfaisant. L'interaction M x L trouvée s'explique par les différences initiales de dégradation des plaines, comme expliqué plus haut.

TABLEAU VII Rendement total en grains (rendement en panier + rendement balayé) suivant les différentes méthodes de régénération, en 1988 (kg/ha).

	Tin-Tabakat	In-Enheren	Inajourour	Moyenne
1. Témoin	1,1	0,0	73,2	24,8
2. Semis en poquets	1,4	0,2	121,3	41,0
3. Sans semis, travail à sec	43,6	31,8	223,3	99,6
4. Semis et travail à sec	57,2	147,9	385,0	196,7
5. Semis et piétinement	2,1	0,0	26,1	9,4
6. Semis dans les fissures	0,0	—	—	—
Moyenne	17,6	36,0	165,6	74,9
ppds 5 p. 100	44,9	n.s.	85,9	51,5
Interaction M x L				**

En comparant la levée (tabl. V) et le rendement en grains (tabl. VII), on s'aperçoit que la levée obtenue avec la méthode "sans semis, travail à sec" a été inférieure dans toutes les localités à celle obtenue avec le semis en poquets, et inversement en ce qui concerne le rendement en grains. Ceci pourrait s'expliquer, d'une part, par les meilleures conditions hydriques sur les parcelles labourées et, d'autre part, par la répartition hétérogène des semences sur les parcelles "semis en poquets". Les résultats du traitement "sans semis, travail à sec" montrent que, bien que la levée soit faible, un rendement relativement bon peut être obtenu quand les conditions hydriques le permettent. Il est donc possible que pour ces plaines un labour soit plus efficace qu'un semis pour obtenir une régénération. Dans une autre étude, réalisée au Mali sur d'autres espèces, il a aussi été montré que l'effet d'un semis en poquets a beaucoup varié (4).

Les chiffres concernant les rendements en grains doivent être interprétés avec précaution, car il a été difficile de les déterminer avec exactitude. Pour avoir un chiffre correct du rendement en panier, il faut effectuer plusieurs récoltes au fur et à mesure que les grains arrivent à maturité. Or, dans les essais réalisés ici, une seule récolte en panier a été effectuée pour chaque localité. Les chiffres des rendements balayés sont également incertains car des eaux de ruissellement sont survenues sur toutes les plaines après que les grains soient tombés à terre, en emmenant probablement une partie.

En raison des incertitudes liées aux chiffres du rendement en grains, il est utile d'étudier l'effet des méthodes de régénération en considérant les rendements en paille (tabl. VIII). En 1987, sur la parcelle travaillée à l'état sec, à Imbasassoten, il a été nettement plus élevé qu'avec les autres traitements (tabl. VIII). Le travail du sol à l'état humide n'a pas augmenté le rendement par rapport au témoin, probablement parce que le labour a perturbé la semence commençant à germer et parce que l'humidité du sol n'était pas propice à un bon labour.

Pour l'ensemble des sites, en 1988, les meilleurs rendements en paille ont été obtenus avec la méthode du semis et travail à sec suivie de la méthode du labour à sec, sans semis (tabl. VIII). La seule localité où le semis et piétinement a été effectué de manière convenable est Tidjawiwen, avec un résultat satisfaisant si l'on tient compte du fait que le semis a été effectué 42 jours après celui des autres méthodes. Ceci met en évidence la possibilité d'obtenir une régénération avec cette méthode, si le travail est fait au moment propice. Il en ressort que le semis dans les fissures n'a pas donné un résultat satisfaisant.

L'interaction M x L pour le rendement en paille est significative comme pour le rendement en grains. Les explications de cette interaction sont traitées dans la partie concernant la levée.

L'indice de rendement s'est révélé supérieur pour les parcelles où un labour avait été effectué (fig. 2). Seules celles labourées ont permis aux plantes d'achever leur cycle, en raison des meilleures conditions hydriques.

TABLEAU VIII Rendements en paille (kg/ha).

	1987		1988			
	Imba-sasoten	Tin-Tabakat	In-Enheren	Ina-jourour	Tidja-jiwen	Moyenne 1988
1. Témoin	689,4	119,9	0,0	1 527,2	2,6	410,4
2. Semis en poquets	—	435,5	28,2	1 724,9	69,3	564,6
3. Travail à sec sans semis	1 121,4	777,5	157,6	2 061,3	81,8	769,6
4. Semis et travail à sec	—	865,8	614,0	2 518,5	312,9	1 077,9
5. Semis et piétinement	—	223,8	1,4	509,6	33,8	192,1
6. Semis dans les fissures	—	138,3				
7. Sans semis travail à l'état humide	778,9					
8. Semis, travail à l'état humide	779,0					
Moyenne ppds 5 p. 100	719,6	426,8	160,2	1 668,3	100,1	602,9
Interaction M x L	208,0	281,4	100,3	566,7	152,6	482,3 ***

se fatiguent plus avec le semis et labour à sec, notamment. Cissé (4) donne un besoin en main-d'oeuvre de 450 h/ha pour travailler un sol sec.

Pour évaluer la productivité moyenne, il faut se baser sur le rendement moyen de l'ensemble des quatre localités (tabl. VII) et non sur celui des trois localités où seule une récolte fut effectuée. Il en résulte que la méthode "semis et travail du sol à sec" a augmenté le rendement par rapport au témoin d'environ 129 kg/ha : $(196,7 - 24,8) \times 3/4$. A Inajourour, cette augmentation fut même de 311 kg/ha. Ceci permet de calculer que la productivité a été en moyenne de 2,0 kg de grains par heure de travail (129 kg/ha pour 63 h/ha) et à Inajourour de 4,9 kg de grains par heure (311 kg/ha pour 63 h/ha). Dans le contexte du Gourma, ces chiffres indiquent que la méthode "semis et travail du sol à sec" peut être une méthode rentable. Cependant, il est probable que ce besoin en main-d'oeuvre par hectare soit sous-estimé mais, d'un autre côté, il est possible que la différence de rendement entre le témoin et la méthode impliquant un labour soit également sous-estimée. En effet, certains de ces essais furent menés dans des localités très dégradées où l'augmentation du rendement a été faible ou nulle.

CONCLUSION

Indice de rendement (P. 100)

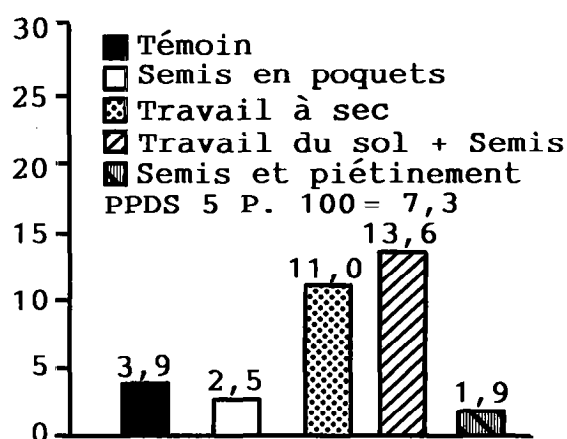


Fig. 2 : Indice de rendement. Moyenne de trois localités.

Besoin en main-d'oeuvre et productivité

Une étude réalisée pour déterminer le besoin en main-d'oeuvre des différentes techniques indique qu'un travail du sol à la houe est une méthode exigeante. Pour semer et effectuer un travail à la houe d'un sol sec, il a fallu 63 h/ha contre 39 h/ha pour le semis en poquets. Cette différence est en réalité plus importante car les hommes

En se fondant sur les résultats obtenus, on peut conclure que la régénération est techniquement possible. L'efficacité des différentes méthodes doit être évaluée en considérant leur rendement et leur besoin en main-d'oeuvre. Les méthodes "semis en poquets" et "semis et piétinement" ont le besoin en main-d'oeuvre le plus faible. Cependant, la méthode "semis en poquets" n'a pas donné de résultats convaincants dans cette étude. La méthode "semis et piétinement" est difficile à mettre en pratique car elle doit être réalisée dans un laps de temps de 3 à 4 heures, ce qui exige une bonne organisation.

Les méthodes impliquant un labour du sol ont donné un rendement bien supérieur aux autres méthodes. La productivité moyenne de 2,0 kg de grains par heure de travail avec la méthode "semis et travail du sol à sec" indique que celle-ci peut être rentable dans le contexte du Gourma, mais l'incertitude liée à ce chiffre nécessite la poursuite de l'étude. Il faut toutefois remarquer qu'une productivité au-dessus de 1 kg de grains par heure de travail doit être considérée comme satisfaisante au Gourma.

Avant d'entreprendre des opérations de régénération, plusieurs facteurs doivent être pris en considération. Tout d'abord, il semble que les plaines partiellement ou entièrement dégradées actuellement ne retiennent pas l'eau plus de un ou deux jours après une grande inondation. Les bas-fonds des plaines, où l'eau stagne plus longtemps, ne sont pas dégradés. Il en résulte qu'une régénération des parties hautes des plaines peut réussir une année de bonne pluvio-

métrie, mais, dans le cas de plusieurs années déficitaires, la dégradation se reproduira. BOUDET (2) a constaté, en étudiant le développement de la végétation au Gourma de 1970 à 1977, que ces parties hautes étaient les plus touchées par la sécheresse, notamment en 1973-1974. La cause principale de la dégradation est probablement le facteur hydrique ; un apport en semences ne le modifie pas. Le labour change les conditions d'humidité d'un terrain, mais son effet ne dure que quelques années, comme cela a été montré lors d'une étude réalisée au Niger sur un sol limono-argileux (3).

Ce sont les années déficitaires en pluie qui constituent un problème pour l'alimentation humaine. De ce fait, les actions entreprises sur le fonio devraient privilégier les rendements

AUNE (J.B.). Regeneration of the *Panicum laetum* plains in the Gourma region in Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, **44** (3) : 363-372

The *Panicum laetum* (wild fonio) is an annual cereal the grains of which are utilised for human consumption. As a consequence of the recent droughts in Gourma, Mali, many *Panicum laetum* plains have been degraded. The principal objective of this research program was to find a method for the regeneration of the degraded plains. The results showed that few seeds were found in the degraded soils. Technically, there are no problems in regenerating the degraded areas. The best method for regeneration has proved to be seed broadcasting followed by hoe tillage. However, a simple hoe tillage without seed broadcasting can also facilitate regeneration. Tillage increases plant emergence and enhances plant growth. Sowing of the seeds into pockets did not give a satisfactory result. Despite the fact that the method of seed broadcasting and hoe tillage has a high labour demand, the labour productivity of 2.0 kg grain per man/hour indicates that this method can be implemented on a large scale. *Key words* : *Panicum laetum* - Regeneration - Tillage - Mali.

dans les plaines qui ne sont pas encore dégradées, à l'aide de diguettes permettant une gestion du ruissellement et/ou par un labour du sol. Les résultats obtenus indiquent qu'un tel travail de la terre peut être opérationnel à grande échelle.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'Église Norvégienne et les Drs Kare RINGLUND, Pierre HIERNAUX, ainsi que Belco OUREIBA pour leur aide.

AUNE (J.B.). Regeneración de los llanos a *Panicum laetum* en el Gourma, Mali. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, **44** (3) : 363-372

Panicum laetum es una gramínea salvaje cuyas semillas se utilizan como pienso. Después de los años recientes de sequía en el Gourma en Mali, muchos llanos se deterioraron. Determinar un método para regenerar los llanos a *Panicum laetum* fue el objeto principal de este estudio. Los resultados demuestran que, en los llanos deteriorados, pocas semillas quedan. Según los ensayos sobre terreno es posible dicha regeneración. El mejor éxito fue obtenido con el método de la siembra seguida por el trabajo con la azada. Sin embargo, un trabajo sólo con la azada también puede facilitar la regeneración. El trabajo del suelo mejora la cosecha y aumenta el crecimiento de las plantas. La siembra de hoyo no dió resultados satisfactorios. Aunque el método "siembra y trabajo del suelo en seco" necesita un mano de obra importante, la productividad de 2 kg de granos por hora de trabajo indica que el método puede ser operacional en gran escala. *Palabras claves* - *Panicum laetum* - Regeneración vegetal - Labranza - Mali.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM (J.G.). Note sur les graminées fourragères de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1954, **7** : 87-101.
- BOUDET (G.). Désertification ou remontée biologique au Sahel. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, 1977, **12** : 293-300.
- CHASE (R.G.), BOUDOURESQUE (E.). A study of methods for the revegetation of barren crusted Sahelian forest soils. In : RENARD (C.), VAN DEN BELDT (R.J.), PARR (J.F.), eds. Soil, crop and water management in the Sudano-Saharan zone. Proceedings of an international workshop, 11-16 Jan. 1987, Niamey, Niger, ICRISAT Sahelian Centre, 1989. P. 125-136.
- CISSÉ (I.B.). La régénération des terrains dégradés. In : PENNING DE VRIES (F.W.T.), DJITEYE (M.A.), éd. La productivité des pâturages sahéliers. Wageningen, PUDOC, 1982. P. 440-449.
- DIXON (R.M.), PETERSON (A.E.). Tiny soil channels determine water infiltration. *Crops Soils Mag.*, 1972, **24** (5) : 11-12.
- GILLET (H.). Étude des pâturages du ranch de l'Ouadi Rimé. *J. Agric. trop. Bot. appl.*, 1960, **7** : 615-708.
- HEINONEN (R.). Soil management and crop water supply. 4th ed. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 1985.
- HOFFMANN (R.). Soils and land capability of Gossi (Mali). Hannover, Bundesanstalt für Wissenschaft und Rohstoffe, 1987.
- MAHMOUD (M.G.). Le cercle de Gourma Rharous ou le haut Gourma central. Directions régionales de Coopération Gao et Tombouctou, Mali, 1980.
- NAEGELE (A.F.G.). Plantes fourragères spontanées de l'Afrique tropicale sèche. Données techniques. EMASAR phase II, vol. 3. Rome, FAO, 1977. 510 p.
- SIVAKUMAR (M.V.K.), KONATE (M.), VIRMANI (S.M.). Agroclimatology of West Africa : Mali. Patancheru (Andhra Pradesh), ICRISAT, 1984 (ICRISAT Information Bulletin n° 19).
- TOUTAIN (B.). Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliers dégradés. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1977, **30** (2) : 191-198.