

Effets des cordons pierreux sur la régénération d'un pâturage naturel de glacis au Sahel

André Kiema¹
Aimé J. Nianogo²
Tinrmegson Ouedraogo³

¹ Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera), Centre régional de recherches environnementales et agricoles du Sahel (CRREA/Sahel), Dori, BP 80, Province du Séno, Burkina Faso
<andre_kiema@yahoo.fr>

² Union mondiale pour la nature (UICN), 01 BP 3133, Ouagadougou 01 Burkina Faso
<aime.nianogo@iucn.org>

³ Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera), Centre de recherches environnementales et agricoles et de formation (CREAF), de Kamboinsé- DPA, BP 476, Ouagadougou Burkina Faso
<tim_ouedraogo@yahoo.fr>

Résumé

Cette étude a eu pour objectif d'évaluer la durabilité des performances de régénération fourragère des cordons pierreux sur les glacis en région sahélienne du Burkina Faso. Les résultats obtenus montrent qu'ils ont augmenté en moyenne de 2,8 fois (+ 697 kg de matière sèche/ha en septembre) le niveau de production fourragère. La valeur pastorale globale du pâturage a aussi été augmentée : i) par l'amélioration de 1 à 1,8 fois de la richesse floristique ; et ii) par l'accroissement de 2,2 à 3,9 fois du recouvrement du sol par rapport au témoin. Cependant, les observations ont montré que l'évolution de la végétation était tributaire de la pluviométrie au cours des années de suivi. Sur les mêmes parcelles, la production fourragère a varié d'au moins 1,5 fois entre la campagne la plus pluvieuse et la moins arrosée. Les caractéristiques édaphiques du site (pourcentage de placages sableux) et le niveau topographique (haut ou bas de pente) déterminent toujours cette variation malgré les travaux d'aménagement. En termes d'évaluation des coûts de production annuelle, les marges nettes s'élèvent à 17 144 F CFA (26,136 euros) pour les parcelles de cordons pierreux et 9153 F CFA (13,354 euros) pour le témoin et montrent que l'aménagement permet d'améliorer les gains du producteur. Par cette étude, il ressort que les principaux paramètres de la production de fourrage sont confortés de façon durable avec la mise en place des cordons pierreux sur ce type d'unité de végétation.

Mots clés : biomasse ; Burkina Faso ; cordon pierreux ; glacis ; pâturages naturels ; régénération.

Thèmes : productions végétales.

Abstract

Effect of rock bunds on the regeneration of the vegetation of a natural pasture on open glacis in the Sahelian region of Burkina Faso

This study was carried out to evaluate the durability of rehabilitation and effectiveness of rock bunds on native pasture and fodder on a glacis in the Sahelian region of Burkina Faso (Yakouta area between Dori and Djibo). The study shows that the application of the technique increases soil coverage (2.2 to 3.9 times) and fodder production (+ 697 kg DM/ha in September). The diversity is improved as a consequence of the technique as the plant species number increases 1 to 1.8 times. Evolution of vegetation appears to be very dependent on rainfall distribution, position in the topography and soil characteristics of the study sites. During the six years of measurements, fodder production varied 1.5 times as a consequence of variation in rainfall. Concerning the evaluation of annual production costs, the profit margin is 17,144 FCFA (26.136 euros) in the trial area and 9,153 FCFA (13.954 euros) for the control, demonstrating that rehabilitation using rock bunds can increase farmer benefits. Through this study, we show that the main parameters of fodder production are improved for a long time by rock bund technology in this type of vegetation unit.

Key words: Burkina Faso; fodder; glacis; natural pastures; regeneration; rock bunds.

Subjects: vegetal productions.

Durant les trois dernières décennies, marquées par les grandes sécheresses de 1973 et 1984, le Sahel a été caractérisé par la sévérité de la dégradation des ressources naturelles. Cette dégradation s'est accélérée sous les effets de diverses actions anthropiques (système de production culturale et pastorale) et climatiques, ce qui se traduit par une diminution de la diversité biologique végétale.

La baisse continue de la pluviométrie et les différentes formes d'érosion hydrique et éolienne ont entraîné la détérioration des ressources végétales qui se caractérise par la dynamique des peuplements herbacés et ligneux selon deux situations extrêmes :

- une régression des espèces végétales sélectives comme *Balanites aegyptiaca*, *Pterocarpus lucens*, *Maerua crassifolia*, *Andropogon gayanus*, *Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata* ;

- une expansion d'autres espèces telles que *Acacia raddiana*, *Cassia obtusifolia*, *Schoenefeldia gracilis*, *Zornia glochidiata*, etc. qui se traduit finalement par une augmentation de l'apparition des terres dégradées.

La dégradation des sols se manifeste par une aggravation des phénomènes d'érosion, ce qui se traduit par une augmentation des surfaces à végétation dégradées particulièrement sur les parcours naturels où les superficies dénudées atteignent les 30 % par endroits (Thiombiano, 2000).

Une telle condition de plus en plus austère exige une amélioration des pratiques de production et d'exploitation des ressources naturelles surtout que les besoins des populations basés sur ces ressources sont constamment en augmentation (Grouzis, 1988).

Face à cette dégradation des terres agricoles et pastorales, différents programmes de recherche ont alors été initiés depuis les années 1976 par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et le Centre international de recherche agronomique pour le développement (Cirad) pour comprendre la sécheresse et ses effets et/ou caractériser le milieu (Toutain et De Wispalaere, 1978 ; Toutain et Piot, 1980 ; Grouzis, 1984 ; Grouzis, 1988 ; Claude *et al.*, 1991).

À la suite de la récurrence des crises de sécheresse après les années 1980, des projets de développement rural (Programme Sahel Burkinabé) ont été définis en vue de contribuer à l'amélioration des conditions de vie de la population. Les principales actions de réalisation de ces

programmes se caractérisent par diverses actions d'aménagement de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, scarifiage, sous solage, digue filtrante, etc.) à travers la région par les différents services étatiques, des organismes et projets de développement, des groupements ou associations de producteurs. Mais l'évaluation de ces actions se résume pour la plupart à un listing des réalisations effectuées comme justificatif aux bailleurs de fonds, le plus souvent sans qu'aucune étude d'impact écologique sur le milieu n'ait été réalisée. Les quelques suivis connus de ces activités se limitent le plus souvent à une vision contemplative de ce qui reste des activités antérieures, sans données chiffrées, ni méthodes rigoureuses d'évaluation. Une telle situation ne permet pas d'indiquer la nature des effets et de prouver la durabilité des actions. La plupart des travaux de recherche concernant les effets des techniques sur les mouvements de l'eau et le bilan hydrique des sols induits et les caractéristiques socio-économiques ont été conduits dans le plateau central du Burkina Faso (Somé *et al.*, 1992 ; Kambou *et al.*, 1994 ; Hien, 1995 ; Kessler *et al.*, 1998). Les travaux analogues concernant la région du Sahel ont été peu développés. Cette étude vise d'une part à comprendre de quelle façon les écosystèmes dégradés typiquement sahéliens, traités aux cordons pierreux, sont susceptibles de régénérer de façon durable à travers la productivité végétale, la reconstitution de la biodiversité et la qualité du sol et du fourrage produit et d'autre part à attirer l'attention des planificateurs du développement sur les performances écologiques et l'efficacité en termes de coût/efficacité pour les terres de glaciais des systèmes de production agropastoraux.

Matériel et méthode

Site d'étude

Le village servant de site d'étude est Yakouta, situé entre les latitudes 14° 3' N

et 14° 10' N et les longitudes 0° 5' W et 0° 11' W à 13 km de Dori, chef-lieu de la province du Séno, sur l'axe Dori-Djibo. Le climat est de type sahélien avec une pluviométrie annuelle moyenne inférieure à 400 mm et le nombre de mois secs recevant moins de 50 mm de pluie supérieure à 7 (Guinko, 1984). Entre 1999 et 2004, années qui furent la période d'expérimentation, la pluviosité a été en moyenne de 407,9 ± 158 mm en 33 ± 9 jours de pluies, soit conforme à la moyenne normale de la région. Les années 2000, 2001 et 2004 ont été déficitaires tandis que 1999 et 2002 ont été normales. Seule 2003 a été une année excédentaire avec 2 à 3 fois plus d'eau tombée par rapport aux années déficitaires. Le nombre de jours de pluie a également été variable, pouvant doubler entre les années déficitaires ou normales et les années excédentaires (tableau 1).

Les températures subissent de grandes variations ; les plus élevées sont enregistrées en saison sèche chaude (mars à mai) et les plus basses en saison sèche froide (décembre à février). Du point de vue pédologique, les sols brun rouge occupent les dunes, les sols hydromorphes sont dans les dépressions et les sols squelettiques sur les affleurements rocheux et les cuirasses fossiles plus ou moins dégradées avec épandage gravillonnaire. Du point de vue botanique, le terroir de Yakouta relève du secteur phytogéographique nord-sahélien. La végétation correspond à des steppes arbustives (Toutain, 1994 ; Toutain et De Wispalaere, 1978).

En matière d'occupation de l'espace, le terroir est constitué à 20 % d'une zone de culture et d'une zone pastorale à 80 %. Cette dernière est établie sur des sols dégradés à hauteur de 50 %, représentés en majorité par des glaciais (Japan Agricultural Land Development Agency/Dori, 2000). Les principales activités socio-économiques sont dominées, à l'instar des autres régions du Sahel, par l'agropastoralisme. L'agriculture est essentiellement basée sur le mil qui concerne 89,5 % des surfaces cultivées et le sorgho 10,5 %.

Tableau 1. Variation interannuelle de la pluviosité en mm de 1999 à 2004 (Yakouta).

Table 1. Inter annual variation of the rainfall in mm from 1999 to 2004 (Yakouta).

Paramètres	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Hauteur d'eau	398,8	269	320,9	404,1	713,2	341,4	407,9 ± 158
Nombre de jours	43	37	26	23	42	25	33 ± 9

L'élevage est le fait des agriculteurs sédentaires. Les principales espèces élevées sont les bovins, les caprins, les ovins et les asins. Ce cheptel tire l'essentiel de ses ressources alimentaires des parcours naturels. Les techniques de production demeurent encore traditionnelles, c'est-à-dire extensives (Conseil international pour la recherche en agroforesterie ; Institut de l'environnement et de recherches agricoles, 1994 ; Poissonet *et al.*, 1997).

Dispositif expérimental

L'étude a été réalisée sur un bassin-versant de glacis avec des revêtements de placages sableux par endroits. Ce bassin peut être subdivisé en deux zones distinctes selon le niveau topographique : la zone de haut de pente et la zone de bas de pente. Ces deux zones forment une même unité avec des variantes liées à l'humidité de la station et au pourcentage de recouvrement de placages sableux relativement plus important en bas de pente.

L'aménagement est fait en cordons pierreux antiérosifs sur sept hectares, dont la moitié sur la zone de haut de pente et l'autre moitié sur le bas de pente. Il a été mis en place en 1999, en début de saison des pluies. Les cordons sont disposés en lignes successives de 140 à 160 m de long, distantes l'une de l'autre de 15 à 20 m en moyenne et sensiblement parallèles aux courbes de niveau. La succession s'étend sur près de 300 à 400 m sur le haut et le bas de pente. Les lignes de cordons ont une hauteur d'environ 15 à 20 cm et une largeur de 30 à 40 cm à la base. En haut et en bas de pente, deux parcelles de 1 hectare chacune ont été délimitées pour le suivi des effets de l'aménagement. Deux autres parcelles témoins de 1 hectare, une par niveau topographique, ont été délimitées lors de la mise en place du dispositif. L'ensemble du dispositif n'est pas mis en défens et la fréquentation du bétail s'effectue de façon aléatoire durant la saison des pluies. Elle intervient surtout de façon régulière à partir de fin septembre après la période active de végétation (*figures 1 et 2*).

Paramètres mesurés et méthodes utilisées

L'évaluation a concerné le recouvrement de la végétation au sol, la composition floristique, l'indice de qualité, la production fourragère et les nutriments.

Relevés de la végétation herbacée

La dynamique de la végétation a été suivie durant six ans (1999 à 2004) sur les

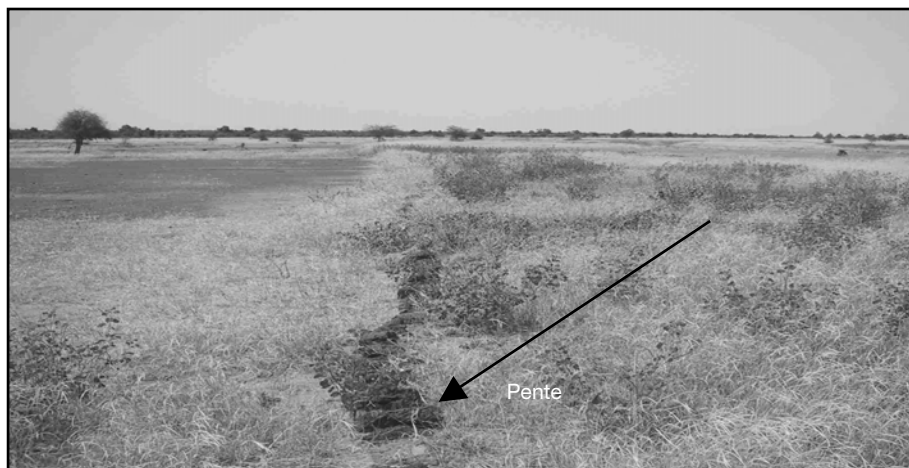


Figure 1. Effets des cordons pierreux sur la dynamique de la végétation de glacis; Yakouta septembre 2003.

Figure 1. Effects of rock bunds on the dynamics of pasture vegetation on an glacis; Yakouta September 2003.

parcelles en cordons avec leurs témoins respectifs en haut et en bas de pente. Le suivi de la dynamique de la végétation herbacée s'est effectué en début septembre par la méthode des points-quadrats (Daget et Poissonet, 1971) suivant un réseau de lignes de 20 m matérialisées par des piquets métalliques. Pour mémoire, cette méthode consiste à tendre un décimètre de 20 m au-dessus du toit du tapis herbacé, et à effectuer une lecture verticale tous les 20 cm tout le long à l'aide d'une tige métallique à bord effilé. À chaque point de lecture et le long du bord effilé de la tige, tous les contacts avec les feuilles ou les chaumes sont pris en compte. Par convention, une espèce ne doit être notée qu'une fois par point

de lecture. Chaque ligne matérialisée permet de faire 100 observations au même endroit chaque année.

Pour les parcelles en cordons, les lignes sont placées successivement à 0 m, 5 m, 10 m, 15 m et 20 m en amont. Pour chaque parcelle (niveau topographique), cette disposition a été répétée sur quatre transects de 5 lignes (*figure 3*). Les observations ont permis d'enregistrer les données relatives à la fréquence relative de présence des espèces sur les points-quadrats, appelée contribution spécifique (CSi). Le recouvrement de la végétation est déduit de la fréquence du sol nu. L'indice de valeur pastorale (VP) des communautés a été calculé à partir des contributions spécifiques de la strate herbacée et des



Figure 2. Glacis dans les conditions de pâturage naturel (témoin en septembre 2003).

Figure 2. Glacis in the natural pasture conditions (control in September 2003).

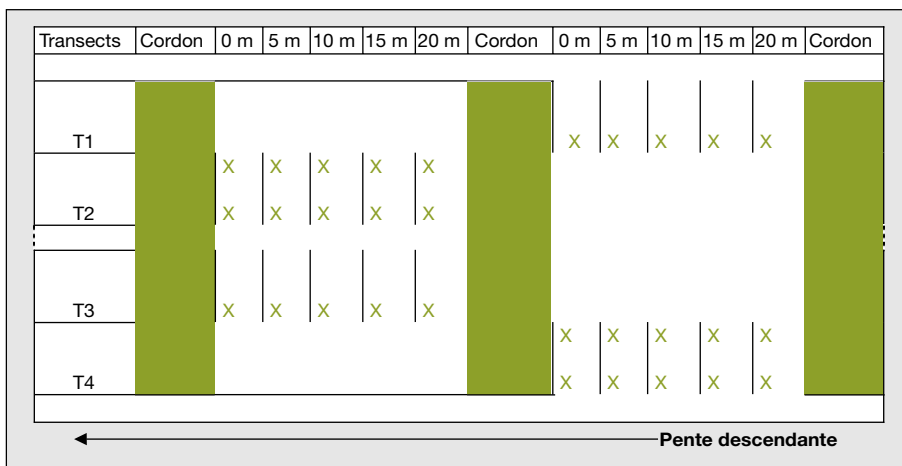


Figure 3. Plan schématique des transects (4), lignes (20 lignes) et placeaux fauchés (30) d'une parcelle de cordons pierreux.

Figure 3. Diagrammatic plan of the transects (4), lines (20) and placeaux mown (30) of a piece of rock bunds.

indices de qualité spécifiques (ISi) selon Daget et Poissonet (1971) établis sur une échelle de notation de 0 à 5.

Pour le calcul, la formule proposée par Daget et Poissonet, (1971) a été utilisée :

$$VP = 0,2 \sum CSi * ISi,$$

Où :

0,2 est un coefficient qui permet d'exprimer VP en %.

Biomasse de la strate herbacée

La biomasse a été évaluée par la méthode de la récolte intégrale sur des placeaux de 1 m² à raison de 30 placeaux par parcelle d'observation (figure 3). Les placeaux fauchés ont été disposés en fonction des lignes de points-quadrats (à raison de deux placeaux pour deux transects et un placeaux pour deux autres). Sur les parcelles témoins, les placeaux, également au nombre de 30, ont été disposés suivant deux transects. Ce nombre permet d'avoir pour les pâturages des taux de précision ou erreur relative (P%) proches de 20 % (Levang, 1978). Les prélèvements ont été effectués chaque année en fin septembre à une période où la biomasse est maximale. Les poids frais des échantillons ont été mesurés immédiatement après la fauche. La teneur en eau a été déterminée sur 1 à 3 échantillons de 500 grammes chacun après séchage à l'étuve. Les précisions des mesures ont été calculées selon la formule de Daget et Poissonet (1971).

Évaluation de la régénération ligneuse

L'évaluation de la strate ligneuse a consisté en un inventaire exhaustif de

cette végétation sur les parcelles aménagées et les témoins, avec identification et dénombrement des plantes dans deux strates inférieures à 1 m et supérieures à 1 m.

Sols et nutriments

Une approche des nutriments a été réalisée par les analyses des échantillons de sols et de fourrage. Les fourrages ont été prélevés dans les placeaux de récolte intégrale de la végétation lors de l'évaluation de la biomasse. Les sols ont été prélevés simultanément dans ces placeaux sur l'horizon 0-20 cm considéré comme le siège du développement racinaire maximal de la plupart des herbacées. Les échantillons composites de sol d'un même niveau de gradient ont été stockés ensemble. Les analyses ont concerné le pH, le carbone, l'azote et le phosphore total pour les échantillons de sol ; ainsi que l'azote et le phosphore dans la biomasse végétale.

Tableau 2. Effet du traitement sur la dynamique du recouvrement du sol par la végétation herbacée (%).

Table 2. Effects of treatments on the soil cover dynamics in % by the herbaceous vegetation.

Traitements	Années d'observation						Moyenne
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Cordons (0 m)	68,5 ^a	90,7 ^a	89 ^a	69,9 ^a	92,5 ^a	93,9 ^a	84,1 ^a
Intercordons	19,4 ^b	32,7 ^c	28 ^b	28,7 ^b	41,5 ^{bc}	49,8 ^b	33,3 ^c
Total cordons	44,3 ^{ab}	59,8 ^b	61,5 ^a	42,5 ^{ab}	58,5 ^b	64,5 ^b	55,2 ^b
Témoin	20,5 ^b	19 ^c	15,9 ^b	15,9 ^b	24,9 ^c	16,9 ^c	18,8 ^d

Les valeurs portant les mêmes lettres (par colonne) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Analyses statistiques

L'estimation de la dynamique spatiale et interannuelle du couvert herbacé sous l'effet du traitement a été comparée suivant le test de χ^2 . Les résultats relatifs aux recouvrements, valeurs pastorales, biomasses et sols (caractéristiques physico-chimiques) ont été soumis à une analyse de variance (Anova, *analysis of variance*) à un critère de classification afin de tester l'effet de l'aménagement en cordons pierreux sur la dynamique de ces paramètres. Le test de Scheffe (1959) a été utilisé pour identifier les moyennes qui diffèrent significativement au seuil de 5 %.

Résultats

Impact des cordons sur la végétation

Entre la campagne de 1999 et celle de l'année 2004, les observations montrent une variation de la végétation en termes de recouvrement, de nombre d'espèces, de composition floristique et de production de fourrage.

Dynamique de la végétation herbacée

Le recouvrement global de la végétation herbacée sur les parcelles a augmenté durant les six années de suivi sous l'effet des cordons. L'effet des cordons est positif dès la première année (tableau 2). Par la suite, cet effet est variable selon les années, sans effet systématique du nombre d'années depuis l'aménagement. L'amélioration du recouvrement par rapport au témoin s'est maintenue au cours des années malgré les déficits pluviométriques enregistrés par rapport aux normales de la région. En moyenne sur les 6 années, le taux de recouvrement du sol par la végétation a été multiplié par 2,9

(statistiquement significatif au seuil de 5 %) (tableau 2).

Entre 1999 et 2004, les cordons pierreux ont permis le doublement du nombre d'espèces par rapport au témoin. Le nombre d'espèces présentes sur la parcelle aménagée augmente de 40 % dès la première année et de 90 % en troisième année (2001), puis n'évolue plus jusqu'en 2004. En considérant la CSi des espèces végétales, on observe une variation à la hausse de *Panicum laetum* Kunth (+ 25 %) aux pieds des cordons et en intercordon. À l'instar de cette dernière, diverses autres espèces ont été favorisées par la mise en place des cordons. Il s'agit surtout d'*Eragrostis tenella* Roem. et Sch. (+ 6 %). D'autres espèces régressent comme *Schoenefeldia gracilis* (- 24 %), *Cenchrus biflorus* Roxb (- 5,9 %), *Digitaria horizontalis* Willd (- 1,3 %) et *Borreria radiata* DC (- 2 %). Le test de χ^2 entre les parcelles traitées et les témoins ont montré chaque année des différences significatives au seuil de 1 %.

La dynamique de la composition floristique sous l'effet des cordons pierreux est régressive pour des espèces telles que *Schoenefeldia gracilis* qui sont plus abondantes à grande distance des cordons tandis que les espèces en dynamique progressive telles que *Panicum laetum* et *Digitaria horizontalis* ont une contribution spécifique plus élevée à courte distance des cordons. D'autres espèces comme *Cassia obtusifolia* sont surtout présentes à une distance située entre 0 et 10 m des cordons pierreux (figure 4).

Évaluation de la valeur pastorale

Les contributions à la valeur pastorale des différentes classes d'espèces selon les ISI ont été modifiées par l'effet des cordons (tableau 3). On constate que les très bonnes espèces s'établissent davantage sur les parcelles aménagées (27,8 %) par rapport aux parcelles témoins (14 %). Dans ces dernières, en revanche, les catégories d'espèces classées moyennes sont les plus importantes. L'ensemble se traduit par une augmentation non significative de la valeur pastorale entre les témoins et les parcelles aménagées ($P > 0,05$).

Impact des cordons sur la biomasse de la végétation herbacée

L'évaluation de la biomasse montre au tableau 4 que les cordons ont permis un développement significatif ($P < 0,05$ %) de la végétation. Cela s'est traduit par une augmentation de la production d'au moins 3 fois pour les cordons (107,9 g de

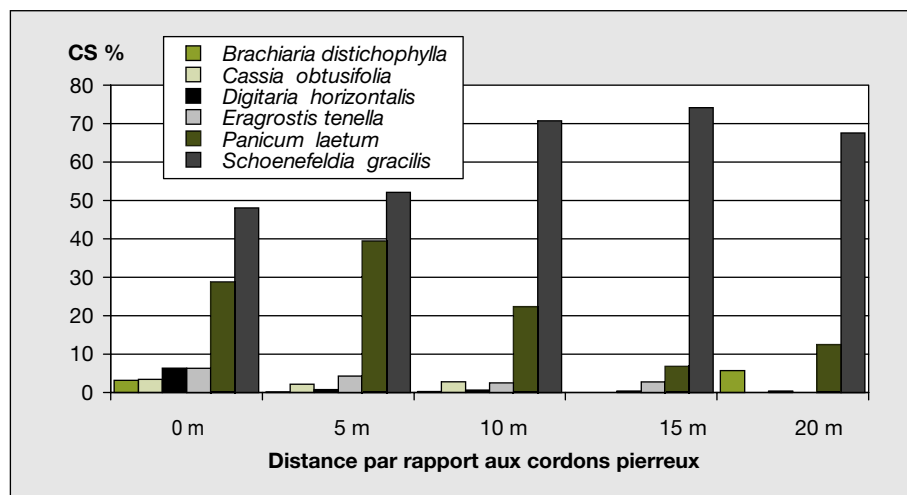


Figure 4. Effet de la distance aux cordons pierreux sur la contribution spécifique (CS %) des principales espèces.

Figure 4. Variation of the specific contribution (CS %) of the main species according to the distance from rock bunds.

Tableau 3. Impact des cordons sur la dynamique de la valeur pastorale en %.

Table 3. Effects of rock bunds on the pasture value.

Classes de valeur des espèces	Composantes de la valeur pastorale	
	Cordons pierreux	Témoin
Excellent	0,9 ^a	0,8 ^a
Très bon	27,8 ^a	14,0 ^b
Bon	1,9 ^a	2,3 ^a
Moyen	20,3 ^a	27,9 ^a
Médiocre	0,6 ^a	0,8 ^a
Nulle	0	0
Indice global de valeur pastorale	51,5 ^a	45,9 ^a

Les valeurs portant la même lettre par ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau 4. Biomasse en g/m² en septembre.

Table 4. Biomass (g/m² in September).

Traitements	Années						Moyenne
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Cordons	245 ^a	122 ^a	120 ^a	134 ^a	123 ^a	100,6 ^a	140,8 ^a
Intercordons	175 ^c	50 ^{bc}	45 ^c	104 ^{ab}	24 ^b	80 ^a	79,7 ^b
Total cordons	210 ^b	86 ^{ab}	82 ^b	111 ^a	73 ^{ab}	84,13 ^a	107,9 ^{ab}
Témoin	57 ^d	29 ^c	26 ^d	62 ^b	38 ^b	17,55 ^b	38,3 ^c

Les valeurs portant la même lettre par colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

MS¹/m² en septembre) en comparaison des témoins (38,3 g de MS/m² en septembre). La végétation s'est particulièrement développée aux pieds des cordons où le niveau de biomasse a augmenté de plus de

4 fois par rapport au témoin. En outre, la biomasse est sujette à une grande variabilité spatiale et interannuelle liée à la pluviosité. Les cordons contribuent fortement à réduire cette hétérogénéité spatiale.

Après six années d'aménagement, les effets sur la biomasse laissent penser que

¹ MS : matière sèche.

les cordons pierreux sont des aménagements durables pour les zones pastorales. Aussi, il ressort que les potentialités d'amélioration par les aménagements sont totalement exprimées dès les premières années. Les variations interannuelles constatées sont surtout le fait de la pluviométrie et de l'exploitation pastorale durant la saison de pluies, le site étant ouvert en toute saison.

Biomasse des principales catégories de fourrage

La production de biomasse suit un gradient selon la distance au cordon (figure 5). D'une façon générale, elle est importante à proximité et diminue significativement ($P < 0,05$) au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. À partir de 20 m des cordons, la production des parcelles aménagées se rapproche de celle des parcelles témoins où les graminées se réduisent pratiquement à une espèce sur ce type d'unité de végétation. Par ailleurs, un grand contraste de présence de *Cassia obtusifolia* au niveau des cordons pierreux par rapport au témoin est à relever. Les lignes de cordons induisent une forte dynamique de la végétation. Même si cette espèce est indicatrice d'une certaine fragilité du milieu, elle contribue en revanche par son port assez élevé et son enracinement plus profond à améliorer la fertilité des sols et à favoriser l'installation de meilleures espèces fourragères.

Nutriments

Caractéristiques physico-chimiques du sol

L'impact attendu en termes de matière organique et de phosphore dans le sol est effectif car des différences au profit des parcelles aménagées sont observées (tableau 5). Après 5 années d'aménagement, ces différences apparaissent également en ce qui concerne la texture du sol. Les sables s'accumulent à proximité immédiate des cordons pierreux, mais l'aménagement a surtout pour effet une augmentation significative ($P < 0,05$) de la teneur du sol en éléments fins (argiles), ce qui traduit une diminution de l'érosion en nappes.

Éléments chimiques dans les fourrages

Il ressort de la synthèse des résultats (tableau 6) que les teneurs en azote (N) et phosphore (P) de la biomasse sont plus élevées dans les parcelles des cordons que dans les témoins.

Suite aux aménagements, l'organisation de l'azote (N) et du phosphore (P) dans la biomasse végétale augmente en relation avec l'accroissement de la production fourragère et de la concentration des nutriments dans la biomasse. Les quantités d'azote accumulées dans la biomasse épigée s'élèvent à 3 180 g/ha sur les parcelles témoins et 10 980 g/ha pour les cordons pierreux. Les quantités de P dans

la biomasse ont également été améliorées de + 320 g/ha (tableau 7). Du fait de la présence de *Cassia obtusifolia* sur les cordons, l'organisation de N et de P y est notablement plus élevée et représente respectivement 45,4 et 38,5 % de l'azote et du phosphore mobilisés dans la biomasse totale.

Impact sur la dynamique de la strate ligneuse

Composition floristique

La strate ligneuse se caractérise par la présence de neuf espèces réparties dans trois familles dont les Mimosaceae (35 à 40 %), les Capparidaceae (17 à 44 %) et les Asclépiadaceae (20 à 40 %). La régénération est plus forte dans les parcelles aménagées que sur les témoins. *Acacia raddiana* (37,3 %), *Maerua crassifolia* (16,6 %) et *Leptadenia hastata* (38,6 %) constituent les espèces les plus abondantes. D'une façon générale, le nombre moyen de pieds par hectare en régénération est égal à 96,5 sur la parcelle aménagée et 61,5 sur le témoin, soit une augmentation de + 35 pieds pour chaque hectare aménagé. La population de régénération représente 94,1 % de la population adulte sur les parcelles aménagées et 86,0 % sur le témoin.

Intérêt fourrager

Pour le site de cordons, il ressort que les espèces très appréciées sont plus importantes sur le témoin (44,7 % du nombre de pieds) que sur les cordons (17,1 %). Les espèces classées appréciées et peu appréciées sont en revanche plus importantes sur les cordons, (+ 23,8 % par rapport au témoin) (figure 6).

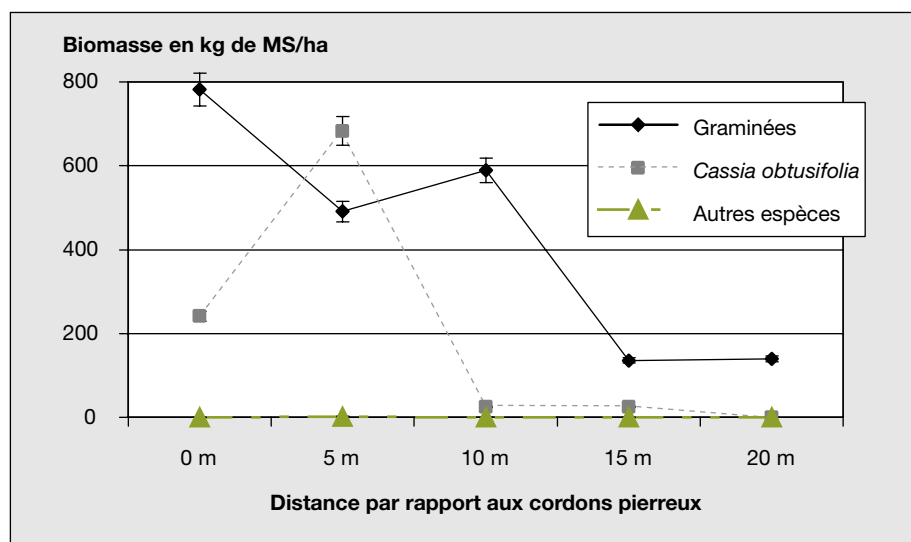


Figure 5. Effet de la distance aux cordons pierreux sur la biomasse herbacée en kilos de matière sèche (MS) par hectare en septembre (moyenne de 2003 et 2004).

Figure 5. Variation of the fodder biomass by type of herbaceous plants in kg of DM /ha in september of 2003 to 2004.

Discussion

Entre 1999 et 2004, les variables de richesse floristique, de recouvrement, de production fourragère, de valeur pastorale et d'organisation minérale dans la biomasse augmentent avec les aménagements en cordons, à la faveur de l'amélioration de l'infiltration et de l'enrichissement du sol en sédiments et en matières organiques (Hien, 1995). Par rapport au témoin, les cordons multiplient les recouvrements par un coefficient de 2,2 à 3,9. Ce résultat est analogue à ceux obtenus par Toutain et Piot (1980), et par Claude *et al.* (1991), selon lesquels des améliorations de 3 à

Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques des sols des cordons et du témoin en cinquième année après l'aménagement.

Table 5. Physical and chemical characteristics of soils (rock bunds and control).

Paramètres	Cordons pierreux	Témoin
Carbone (g kg)	3,42 ^a	1,79 ^b
MO (%)	0,58 ^a	0,33 ^b
Azote (g/kg)	0,32 ^a	0,22 ^a
Phosphore mg/kg	71,6 ^a	67,5 ^b
pH	5,77 ^a	5,74 ^a
C/N	11 ^a	8 ^a
Argile (%)	25,6 ^a	15,6 ^b
Limon (grossier et fin %)	11,2 ^a	6,83 ^b
Sable (grossier et fin %)	26 ^a	33,4 ^a

Les valeurs portant la même lettre (par ligne) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

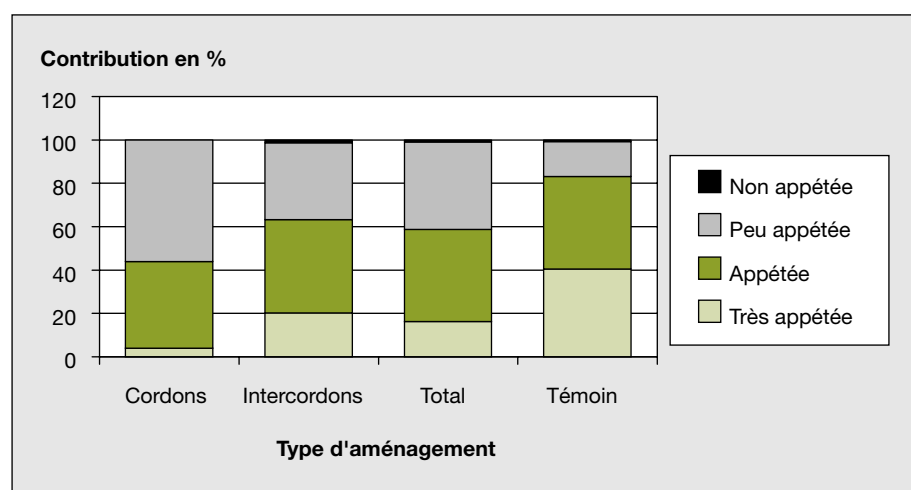


Figure 6. Impact des cordons pierreux sur l'intérêt fourrager de la strate ligneuse.

Figure 6. Effects of rock bunds on the fodder value of ligneous plants.

4 fois sont obtenues en cinq ans sur des parcelles simplement protégées.

Du point de vue botanique, les augmentations se manifestent par un doublement de la richesse floristique par rapport au témoin. Quelques espèces végétales apparaissent régulièrement et en proportion plus importante. Les cordons favorisent surtout l'installation des espèces hygrophiles en conformité avec l'augmentation de l'humidité du sol et des apports en sédiments. Ces espèces s'installent au détriment d'autres espèces plus adaptées à la sécheresse (Hien, 1995).

L'augmentation de la biomasse de fourrages sur pied sous l'influence des cordons est évaluée à 2 à 3 fois celle du témoin. Cette augmentation corrobore les observations faites par certains auteurs sur d'autres types d'aménagement (Hien, 1995 ; Claude *et al.*, 1991). La biomasse exploitable augmente de 173 à 486 kg/ha entre le témoin et la parcelle aménagée. En termes de coûts de production fourragère, compte tenu du prix de vente du kilo de fourrage en saison sèche (60 F CFA²/kg, soit 0,091 euro/kg), du coût annuel de l'aménagement en cordons pierreux (9 000 F CFA/ha/an, soit 13, 720 euros/ha/an) et des coûts de récolte et de transport (3 000 F CFA et 1 200 F CFA, respectivement pour les cordons et le témoin, soit respectivement 4,573 euros et 1,829 euro), la production du kilo de fourrage revient à 24,71 F CFA (0,038 euro) sur les parcelles de cordons et 6,95 F CFA

² 1 euro = 655,957 FCFA.

Tableau 6. Teneurs en éléments minéraux des fourrages dans les différentes parcelles.

Table 6. Mineral contents of the fodder in the different plots.

Traitements	Graminées				<i>Cassia obtusifolia</i>			
	MO (%)	C(%)	N (%)	P mg/kg MS	MO (%)	C(%)	N (%)	P mg/kg MS
Cordons	84,9	51,3	11,4	597	92,1	53,5	23,8	968
Témoin	91,7	53,2	8,45	519	-	-	-	-

MS : matière sèche.

Tableau 7. Organisation de l'azote et du phosphore dans la biomasse des parcelles aménagées et des témoins en septembre.

Table 7. Organisation in the biomass of nitrogen (N) and phosphorus (P) in experimental and control plots in g/ha in September.

Traitements	Azote (N) en g/ha				Phosphore (P) en g/ha				P/N
	Graminée	Cassia	Autre	Total	Graminée	Cassia	Autre	Total	
Parcelle cordon	5 980	4 990	10	10 980	310	200	0	520	0,05
Témoin	3 180	0	0	3 180	200	0	0	200	0,06

(0,011 euro) sur le témoin. Dans l'année, les marges nettes de production s'élèvent à 17 144 F CFA (26,136 euros) pour les parcelles de cordons pierreux et 9 153 F CFA (13,954 euros) pour le témoin et montrent que l'aménagement permet d'améliorer les gains du producteur.

Les effets sur la concentration et l'organisation des minéraux dans la biomasse montrent que les glacis peuvent induire une production de fourrage de bonne qualité si les conditions de conservation des eaux et des sols sont garanties (près de 3,5 et 2,6 fois d'augmentation de N et de P respectivement). Cette amélioration est certainement liée aux propriétés physiques et chimiques du sol (augmentation de la réserve en eau des sols, en relation avec l'augmentation des argiles et des matières organiques), mais surtout due au fait qu'à la date de récolte, les fourrages récoltés le long des cordons et aux voisinages de ceux-ci demeurent plus verts que sur les témoins où ils s'assèchent plus rapidement. L'aménagement permettrait aux producteurs d'allonger leur période de récolte de foin naturel.

Par cette étude, il ressort que l'aménagement en cordons pierreux permet de relever de façon durable le niveau de production fourragère des unités de pâturage de faible productivité. Ils peuvent donc être utilisés comme outil pour améliorer la production dans les plans d'aménagement des terroirs en zone sahélienne. Cependant, le gradient induit par les cordons dans les parcelles montre pour tous les paramètres une disparition des effets à partir d'un éloignement de 20 m des cordons. Ainsi, des cordons rapprochés de 15 m permettraient de maximiser la régénération de la production fourragère.

Conclusion

Dans le domaine de la conservation des eaux et des sols (CES), les cordons pierreux, qui constituent de loin la technologie la plus répandue et la plus accessible techniquement par les producteurs, sont adaptés à la protection préventive des terres de la dégradation et de la remédiation des sols dégradés. Leur impact sur l'installation de la végétation herbacée et ligneuse sur les terres agricoles et pastorales est indéniable. Les conclusions de

cette étude montrent effectivement que cette technique appliquée aux glacis dégradés améliore la texture du sol et le bilan hydrique qui, à leur tour, assurent une augmentation significative du recouvrement et de la biomasse. Cette étude démontre que les effets de l'amélioration sont effectifs dès les premières années et qu'ils sont durables. Cependant, il apparaît également que cette dynamique de la végétation est tributaire de la distribution interannuelle de la pluviosité et de la variabilité édaphique de l'écosystème (distribution des placages sableux, niveau topographique, etc.). Les cordons pierreux constituent au regard des résultats obtenus un outil fiable d'aménagement des zones pastorales. Ces améliorations ont été perçues par les producteurs qui ont réalisé les travaux de construction préalables à cette étude, mais les problèmes de prise en charge des coûts de réalisation des cordons pierreux constituent une contrainte majeure pour leur adoption à l'échelle de tout le territoire. La politique tendant à accroître leur construction et à améliorer la technique pourra permettre d'augmenter l'impact écologique des services de développement sur la restauration des ressources naturelles au Sahel. Des réflexions doivent donc se poursuivre pour identifier les principaux facteurs d'accompagnement des producteurs (acquisition et gestion du matériel, élaboration de modèles de gestion des terres aménagées). ■

Références

Claude J, Grouzis M, Milleville P. *La Mare d'Oursi. Un espace sahélien ; Burkina Faso*. Paris : Orstom éditions, 1991.

Daget P, Poissonet J. Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critère d'application. *Ann Agron* 1971 ; 22 : 5-41.

Grouzis M. *Restauration des pâturages : Synthèse des travaux de reboisement dans la région de Markoye*. Projet Fond européen de développement (FED) : développement de l'élevage dans l'Organisme régional de développement (ORD) du Sahel. Ouagadougou : centre Orstom, 1984.

Grouzis M. *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*. Thèse de doctorat d'État es sciences, université de Paris Sud. Coll. Etudes et thèse. Paris : Orstom éditions, 1988.

Guinko S. *Végétation de la Haute-Volta*. Thèse de doctorat es sciences naturelles, université Bordeaux II, 1984.

Hien FG. *La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel : Une étude de l'effet des mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso*. Document sur la gestion des ressources tropicales n°7. Wageningen (Pays-Bas) : université agronomique de Wageningen, 1995.

Conseil international pour la recherche en agroforesterie, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Icraf/Inera). *Diagnostic de deux villages en région sahélienne de Dori (Katchari et Yakouta)*. Ouagadougou : Icraf ; Inera, 1994.

Japan Agricultural Land Development Agency (JALDA)/Dori. *Étude pour le développement des techniques destinées aux mesures de lutte contre la désertification*. Rapport final. Dori : JALDA, 2000.

Kambou NF, Taonda SJB, Zougmore R, Kabore B, Dickey J. Effet des pratiques de conservation des sols sur l'évolution de la sédimentation, des états de surface et des rendements de mil d'un site érodé à Yilou, Burkina Faso. In : DeBoer JL, Boffa JM, Dickey J, Robins E, eds. *Recherche intégrée en production agricole et en gestion des ressources naturelles : Projet d'appui à la recherche et à la formation agricoles (ARTS), 1990 - 94*. Rapport technique. West Lafayette (Indiana) : Purdue University ; Winrock International, 1994.

Levang P. *Biomasse herbacée de formations sahéliennes. Étude méthodologique et application du bassin versant de la Mare d'Oursi*. DGRST/Orstom, ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan, 1978.

Poissonet P, Sanon HO, Kiema A. *Étude des potentialités agro - sylvo - pastorales d'un terroir comme base de réflexion pour la gestion des ressources naturelles renouvelables dans une optique de développement villageois*. Ouagadougou : Institut de l'environnement et de recherches agricoles, Département production animale (Inera/DPA), 1997.

Somé L, Taounda JB, Guillobez S. *Le milieu physique du Burkina Faso et ses contraintes*. Ouagadougou : Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera), 1992.

Thiombiano L. *Étude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso*. Thèse de docteur d'état ès sciences naturelles, université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2000.

Toutain B, Piot J. *Mise en défens et possibilité de régénération des ressources fourragères sahéliennes*. Montpellier ; Nogent-sur-Marne : Institut d'élevage et de médecine vétérinaire tropicale (IEMVT) ; Centre technique forestier tropical (CTFT), 1980.

Toutain B. Les potentialités pastorales du nord du Burkina Faso. In : Gaston A, Lamarque G, eds. *Les pâturages sahéliens de l'Afrique de l'Ouest*. Wageningen (Pays-Bas) : Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), 1994.

Toutain B, De Wispelaere G. *Étude et cartographie des pâturages de l'ORD du Sahel et de la zone de délestage au Nord - Est de Fada N'Gourma (Haute Volta)*. T I. *Les pâturages naturels et leur mise en valeur* ; T II. *Les plantes, écologie, noms vernaculaires, intérêt fourragère* ; T III. *Cartographie*. Maisons-Alfort : Institut d'élevage et de médecine vétérinaire tropicale (IEMVT), 1978.