

# La signification de la valorisation de l'eau en culture pluviale au Sénégal : gestion du déficit et de l'excès hydrique

M. SENE, P. PEREZ, J. ALBERGEL

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B\*16913 Ex : 1

**Résumé** — Dans le bassin arachidier du Sénégal, la production agricole en culture pluviale fait face à deux contraintes : déficit hydrique lié à la sécheresse et excès hydrique ponctuel causant l'érosion des sols du Sud. Pour sécuriser la production agricole et préserver l'écosystème contre la dégradation, la gestion de cette eau pluviale à différentes échelles devient une nécessité. A l'échelle de la parcelle, la mise en œuvre de techniques culturales appropriées combine le travail du sol et l'apport de matière organique incluant la restitution des résidus végétaux. Ainsi, dans un contexte de sécheresse de début de cycle, le sarco-buttage seul ou en combinaison avec l'apport de fumier permet d'améliorer l'implantation de l'arachide. En effet, la création de la butte au moment du sarclage de prélevée permet de conserver l'humidité du lit de semences du sol. Par ailleurs, pour les sols profonds et drainants du nord et du centre-nord, l'amélioration du taux de satisfaction des besoins en eau lors des phases critiques, obtenue grâce au labour d'enfouissement de fumier permet une augmentation sensible des rendements des cultures. En ce qui concerne la lutte antiérosive dans le sud de la zone d'étude, l'approche à l'échelle du bassin versant permet d'évaluer globalement l'efficacité d'un aménagement où les dispositifs classiques de défense et de restauration des sols et des techniques culturales appropriées sont complémentaires.

**Mots-clés** : *Arachis hypogaea*, précipitation, érosion hydrique, gestion des eaux, pratique culturale, durabilité, Sénégal.

**Abstract** — The significance of use of water in rainfed farming in Senegal. Management of shortages and excess. Rainfed farming in the groundnut belt is

subjected to two constraints, water shortages during droughts and occasional excess water causing soil erosion in the south. Management of rainwater at various scales is becoming a necessity to safeguard agricultural production and to protect ecosystems from damage. At field scale, the implementation of appropriate cultural techniques combines soil management and the application of organic matter, including crop residues. Thus, in a context of drought at the beginning of the cycle, weeding and ridging alone or combined with manure placement improves establishment of groundnut. Ridging during pre-emergence weeding conserves seedbed moisture. In addition, improvement in meeting water requirements in the deep, well-drained soils in the north and centre by ploughing in manure enables a substantial increase in crop yields. In erosion control in the southern part of the study zone, the catchment scale approach enables overall appraisal of the effectiveness of a development in which the classic soil protection and restoration methods are complementary.

**Keywords**: rainfed cropping, erosion control, catchment, manuring, Senegal.

## Introduction

En raison de la configuration climatique dans le Sahel en général et au Sénégal en particulier, l'apport d'eau pluviale pour les productions végétales et animales revêt un caractère très aléatoire. En fait, deux phénomènes, à première vue très contrastés, apparaissent assez souvent à l'échelle d'une saison de pluies : ce sont d'une part le déficit hydrique ou la



sécheresse pouvant intervenir à différentes périodes de l'hivernage et, d'autre part, l'excès d'eau pendant une période relativement courte correspondant aux épisodes pluvieux très intensifs entraînant l'érosion des sols due au ruissellement.

Ces événements sont d'autant plus préjudiciables aux produits agricoles qu'à l'environnement écologique qu'ils interviennent en début de cycle. En ce qui concerne les systèmes de culture actuellement mis en œuvre dans le bassin arachidier du Sénégal, la sécheresse explique assez souvent l'implantation médiocre des cultures. Tout autre facteur n'étant par ailleurs pas limitant, la faible densité de population obtenue est exacerbée par une importante mortalité concomitante au déficit hydrique. A une échelle plus grande correspondant au moins au terroir villageois, l'action érosive des orages de début de cycle est facilitée par l'action de l'homme : dénudation complète des sols suite aux travaux de nettoyage des parcelles de culture et surexploitation de la végétation située sur les formations généralement cuirassées. Les deux contraintes immédiates qui en découlent sont le déficit alimentaire à court terme et la dégradation des ressources naturelles à moyen ou long terme. Il est impératif pour la recherche de trouver des stratégies appropriées et aptes à apporter des solutions viables.

Dans cette perspective, il semble qu'une approche multidisciplinaire et à différentes échelles est plus que nécessaire. En effet, elle doit permettre la caractérisation indispensable du milieu physique et humain afin d'aboutir à la mise en œuvre d'actions efficaces.

L'objectif de cet article est de décrire l'expérience du Sénégal dans ce domaine de la valorisation de l'eau pluviale en vue de sécuriser la production agricole et de la lutte contre la dégradation des ressources naturelles. La zone ciblée en culture pluviale correspond essentiellement au bassin arachidier où l'arachide et le mil en rotation sont les spéculations dominantes. La distinction entre le nord et le centre-nord d'une part, et le sud et le centre-sud d'autre part, permet de traiter les contraintes de façon hiérarchique.

## Approche méthodologique

### Les échelles d'étude

Une importance toute particulière a été accordée aux échelles d'étude et aux organisations hiérarchiques des phénomènes environnementaux étudiés. La valorisation de l'eau pluviale est étroitement liée à la ressource sol. Celle-ci est en effet une composante majeure des systèmes écologiques constituant à la fois une source et un réservoir des constituants du

support au milieu biologique (FOURNIER et CHEVERRY, 1992). A ce titre, le sol, de par ses fonctions de puits ou de source, joue un rôle central dans les transferts d'eau et des produits qu'elle véhicule : particules en suspension, solutés, etc. La pertinence de l'analyse de la valorisation de l'eau en rapport avec le sol est perçue à l'échelle aussi bien temporelle que spatiale. Du point de vue temporel, l'analyse de la valorisation de l'eau se fera suivant un pas de temps plus ou moins long, selon que l'on s'intéresse à l'utilisation agronomique des sols par l'homme ou à l'évolution de l'environnement écologique en général. L'échelle spatiale, quant à elle, est un outil d'analyse indispensable pour l'étude du rôle du sol dans le fonctionnement hydrique ou hydrologique qui est un déterminant majeur du fonctionnement général de systèmes écologiques. A ce propos, FOURNIER et CHEVERRY (1992) distinguent cinq niveaux d'échelles dont chacun se caractérise par des traits essentiels et extériorise les phénomènes et les processus s'y déroulant. Trois des cinq échelles retiendront notre attention dans ce travail :

– l'échelle ponctuelle, ou microsite, où se jouent les mécanismes élémentaires physiques et biologiques pouvant déclencher les transferts des produits. C'est en particulier à ce niveau que seront observés avec des outils appropriés les états de surfaces, les volumes concernés étant de l'ordre d'un centimètre cube ;

– l'échelle stationnelle correspondant au profil de sol dans ses trois dimensions. On y effectue les mesures de fonctionnement (hydrique par exemple) et d'évolution *in situ*. Selon les modèles de type « réservoirs superposés » les transferts d'eau et de matières ayant lieu à cette échelle peuvent être mis en relation avec l'état structural du sol de volume de l'ordre d'un centimètre cube ;

– l'échelle du bassin versant : ce concept concerne une unité hydrologique. A ce niveau, il est possible d'harmoniser des mesures faites aux deux échelles précédentes en passant des flux estimés à partir de moyennes de mesures spatio-temporelles locales à des flux moyens à l'exutoire. Enfin, cette échelle est jugée assez pertinente pour appréhender le déterminisme de l'action de l'homme sur l'amélioration ou au contraire la dégradation de l'écosystème.

### Les objets d'étude

On part d'une analyse fréquentielle de la pluviométrie de début d'hivernage des cinq à sept dernières décennies pour bien décrire les conditions actuelles de productions agricoles en général et d'implantation des cultures dans différents terroirs en particulier. Pour trois sites représentatifs suivant un gradient nord-sud sont considérés : Louga au nord, Bambey au centre et Nioro au sud.

Dans les deux premiers sites, la nature très sableuse des sols profonds, la topographie monotone et la pluviométrie font que le problème de la valorisation de l'eau pluviale se distingue de celui qui prévaut dans le troisième site. En effet, si dans les deux premiers il s'agit essentiellement de gérer un déficit pluviométrique entraînant la sécheresse, dans le troisième, sécheresse et excès temporaire d'eau causant une érosion peuvent coexister. Après avoir montré les conséquences au niveau des systèmes de production que ces différentes conditions pédoclimatiques impliquent, nous traiterons des acquis de la recherche dans le domaine de la valorisation de l'eau pluviale. En spécifiant les échelles d'étude, ces acquis concernent aussi bien la caractérisation et la connaissance du fonctionnement du milieu que la mise au point ou l'adaptation de technologies appropriées ayant des impacts positifs. Aux échelles ponctuelle et stationnelle, l'ensemble du bassin arachidier est considéré. En particulier pour le nord et le centre, en plus de la maîtrise des conditions socioéconomiques, on a essentiellement besoin de la conjonction des efforts dans les domaines de l'agronomie, de la bioclimatologie et de l'hydropédologie pour parvenir à une bonne valorisation de l'eau pluviale. A l'échelle du bassin versant, seul le sud du bassin arachidier est concerné. La multidisciplinarité nécessaire est d'autant plus importante qu'elle concerne aussi l'hydrologie, l'agroforesterie et la zootechnie.

## Résultats et discussions

### Analyse fréquentielle succincte de la pluviométrie de début d'hivernage selon un gradient nord-sud du bassin arachidier

Pour la sécheresse, on peut proposer autant de définitions qu'il existe d'utilisateurs d'eau. Le déficit hydrique lié à la pluviométrie en culture pluviale, qui est le dénominateur commun à toutes les sécheresses est retenu comme critère d'analyse. Les caractéris-

tiques des sécheresses agricoles en Afrique de l'Ouest ont été déterminées à partir d'une analyse de séries historiques de données météorologiques pour mieux comprendre la durée des périodes sèches, leurs fréquences et leurs probabilités (SIVAKUMAR, 1991). Cette méthode probabiliste va plus loin que celle consistant en la description de la sécheresse en fonction des variations par rapport à la moyenne à long terme proposée pour le Sahel.

Suivant un gradient d'aridité sud-nord dans trois localités (Nioro, Bambey, Louga) représentatives du sud, du centre, du nord du bassin arachidier du Sénégal, l'analyse a porté sur l'installation des pluies correspondant à la date de semis des cultures et sur la durée des périodes sèches à partir de cette date, calculée à différentes probabilités. Les caractéristiques géographiques ainsi que la durée des séries de données sont présentées au tableau I.

### Durée des périodes sèches

A la probabilité de 90 %, la longueur des périodes sèches pour différentes hauteurs pluviométriques est déterminée pour les trois localités retenues. Par rapport à la phénologie des différentes cultures, l'étude montre que les périodes sèches sont souvent plus longues du stade de l'émergence au 30<sup>e</sup> jour après semis. Entre le 30<sup>e</sup> et le 60<sup>e</sup> jour après semis (jas) les risques de sécheresse sont réduits. Après le 90<sup>e</sup> jas à Nioro du Rip, le 70<sup>e</sup> jas à Bambey et le 60<sup>e</sup> jas à Louga les périodes sèches augmentent à nouveau. En début d'hivernage, 90 % des périodes sèches au seuil de 10 mm sont terminées à 12, 15 et 20 jas à Nioro, Bambey et Louga, respectivement.

### Fréquences de périodes sèches

Les fréquences de périodes sèches aux hauteurs pluviométriques de 10 mm et 20 mm et aux durées < 5, 5-10 et > 10 j sont montrées au tableau II.

Aux seuils pluviométriques considérés, les fréquences de périodes sèches inférieures à 5 jours jusqu'à 60 jas dépassent 50 % sauf à 20 jas. Pour les périodes sèches de 5 à 10 jours à la hauteur de 10 mm, ces fréquences sont généralement faibles, mais un peu plus élevées au centre-nord et centre qu'au sud du

Tableau I. Caractéristiques géographiques des localités étudiées.

Bassin arachidier	Localité	Coordonnées			Période
		Latitude	Longitude	Altitude	
Sud	Nioro	13°44'	15°47'	18 m	1931-1987
Centre	Bambey	14°54'	16°28'	20 m	1921-1987
Nord	Louga	15°37'	16°13'	38 m	1918-1980

(Source : SIVAKUMAR M.V.K., 1991).

**Tableau II.** Les hauteurs pluviométriques de 10 et 20 mm.

JAS	< 5						5 - 10						> 10 j					
	Lg		BB		NR		Lg		BB		NR		Lg		BB		NR	
	10 mm	20 mm																
10	68	42	68	54	71	49	12	18	14	20	14	16	20	40	18	26	15	35
20	36	28	53	41	57	87	28	22	27	14	29	37	36	50	21	45	14	36
30	58	34	51	32	61	45	12	16	32	36	20	20	30	60	17	32	19	35
40	60	46	56	39	82	55	22	16	29	36	14	27	18	38	16	25	4	18
50	54	40	64	44	73	51	26	18	24	27	16	22	20	42	13	29	11	27
60	52	36	71	58	78	59	12	20	14	15	12	16	36	54	15	27	10	25

Lg = Louga ; BB = Bambe ; NR = Nioro (Source : M.V.K. SIVAKUMAR, 1991).

bassin arachidier. En ce qui concerne les longues périodes sèches (> 10 jours), les fréquences aux seuils de 10 et 20 mm augmentent considérablement de Nioro à Louga, traduisant ainsi le gradient de pluviosité Nord-Sud.

### Le potentiel érosif des pluies

Cette partie ne concerne que le sud du bassin arachidier, où l'érosion hydrique constitue une contrainte majeure. Dans la zone de Nioro du Rip malgré une chute de la moyenne pluviométrique de 800 mm à 654 mm au cours des vingt dernières années, l'agressivité moyenne des pluies a peu diminué.

L'indice spécifique reste élevé ( $I = 112$  pour la moyenne 1970-1990). En effet la probabilité d'occurrence des précipitations journalières maximales est peu affectée par la diminution de la pluviosité (DACOSTA, 1992). Cette étude confirme le caractère erratique des pluies exceptionnelles (ALBERGEL, 1987). La valeur de l'indice d'agressivité climatique annuel moyen (RUSA = 306 pour la moyenne 1970-1990) est influencée par ces événements pluviaux et illustre le maintien du fort potentiel de susceptibilité à l'érosion dans la zone, malgré une hétérogénéité marquée.

### Gestion du déficit hydrique

Pouvant se manifester à toutes les phases phénologiques de la culture, le déficit hydrique constitue la contrainte majeure à la production ; le taux de satisfaction en eau des cultures étant souvent faible. Toutefois, il est possible par le biais de techniques culturales permettant une bonne valorisation de l'eau pluviale de réduire significativement les effets néfastes des déficits pluviométriques. Parmi celles-ci on évoquera à titre d'illustration, d'une part, le sarco-buttage de prélevée appelé « radou baigne » sur l'implantation de l'arachide ; la description de la méthode est faite par RUELLE *et al.*, (1990), et d'autre

part, l'influence durable du binôme labour x fumier sur la rétention de l'eau dans le sol pour répondre aux besoins des cultures.

### Effet du sarco-buttage de prélevée sur l'implantation de l'arachide

Cette technique culturale localement dénommée « radou baigne » (RB) est décrite par ailleurs (RUELLE *et al.*, 1990). Par rapport au sarclage traditionnel de prélevée à plat ou radou simple (RS), communément pratiqué en traction équine ou bovine par les producteurs, le radou baigne se distingue par l'existence de petites buttes de terre fine sur la ligne de semis. Cette opération culturale est une stratégie paysanne de lutte contre la sécheresse de début de cycle en culture arachidière. La butte ainsi créée permettrait de conserver l'eau dans le profil du sol au profit de la plantule. Dans les zones à ruissellement, cette pratique permet, d'une part, de sécuriser l'apport de fumure organique et, d'autre part, de favoriser l'infiltration des eaux pluviales. Aussi l'implantation de l'arachide a-t-elle été étudiée sur trois traitements en trois répétitions : radou simple (RS), radou baigne (RB) et radou baigne + fumier (5 t/ha)(RBF). Pour cela trois pluies de semis ont été retenues pour simuler les types d'hivernage généralement distingués : hivernages précoces, optimum et tardifs. Pour le paysan, plus l'hivernage sera précoce, plus la pluie nécessaire pour semer l'arachide sera importante. En revanche, quand il est tardif, une pluie minimale suffira pour pouvoir semer. La nécessité de contrôler la hauteur de la pluie de semis et l'intérêt d'étudier spécifiquement les effets de ces techniques culturales sur l'implantation de l'arachide en cas de sécheresse de début de cycle justifient la mise en place de l'essai en saison sèche. Le semis fut effectué le 4 février 1993 à la station de Nioro du Rip après irrigation au seuil des hauteurs respectives retenues 37, 30 et 17 mm. La mise en œuvre des traitements a immédiatement suivi.

Pour évaluer l'implantation de l'arachide dans ces conditions, un certain nombre de paramètres ont été suivis depuis le semis jusqu'au 60e jour après semis. Parmi celles-ci, on peut citer l'évolution de la densité de peuplement et l'humidité volumique sous la ligne de semis jusqu'au front d'humectation du sol. Les résultats de ce suivi sont présentés au tableau III en ce qui concerne l'évolution de la densité de peuplement et à la figure 1 pour l'humidité volumique du sol jusqu'à 10 cm de profondeur. Les densités de peuplement de l'arachide obtenues mettent en évidence l'importance de la pluie de semis. Si l'on dispose de semences de qualité et d'un matériel adéquat de semis, les pluies importantes permettent de se rapprocher de la densité optimale. Par rapport aux traitements étudiés, l'analyse de variance pour chacune des pluies de semis est effectuée. Elle montre que pour les semis sur des pluies voisines du minimum utile (< 20 mm), le radou baligne seul ou avec apport de fumier améliore la densité de levée. RB permet d'obtenir une augmentation de 20 000 plants/ha par rapport à RS. Par ailleurs, pour les semis après une forte pluie (> 30 mm), la densité de levée est moins affectée par le type de sarclage. Au cours du temps, une mortalité des plantes plus ou moins importante est constatée, probablement liée aux stress hydriques. En effet, le taux de mortalité des plants déterminée à 30 et 45 jas est d'autant plus important que la pluie de semis est faible. Comme pour la densité à la levée, les types de sarclage de prélevée ont des effets particulièrement distincts sur l'évolution de la densité de population en cas de semis de l'arachide après une pluie de hauteur voisine du minimum utile. Ainsi en cas de sécheresse et par rapport à RS, si RB seul permet d'obtenir une bonne conservation de la densité de population, la combinaison de RB et de l'apport de fumier aug-

Figure 1. L'évolution de l'humidité de surface en fonction du type de sarclage de prélevée, Niore, 1993 (horizon 0-10 cm).

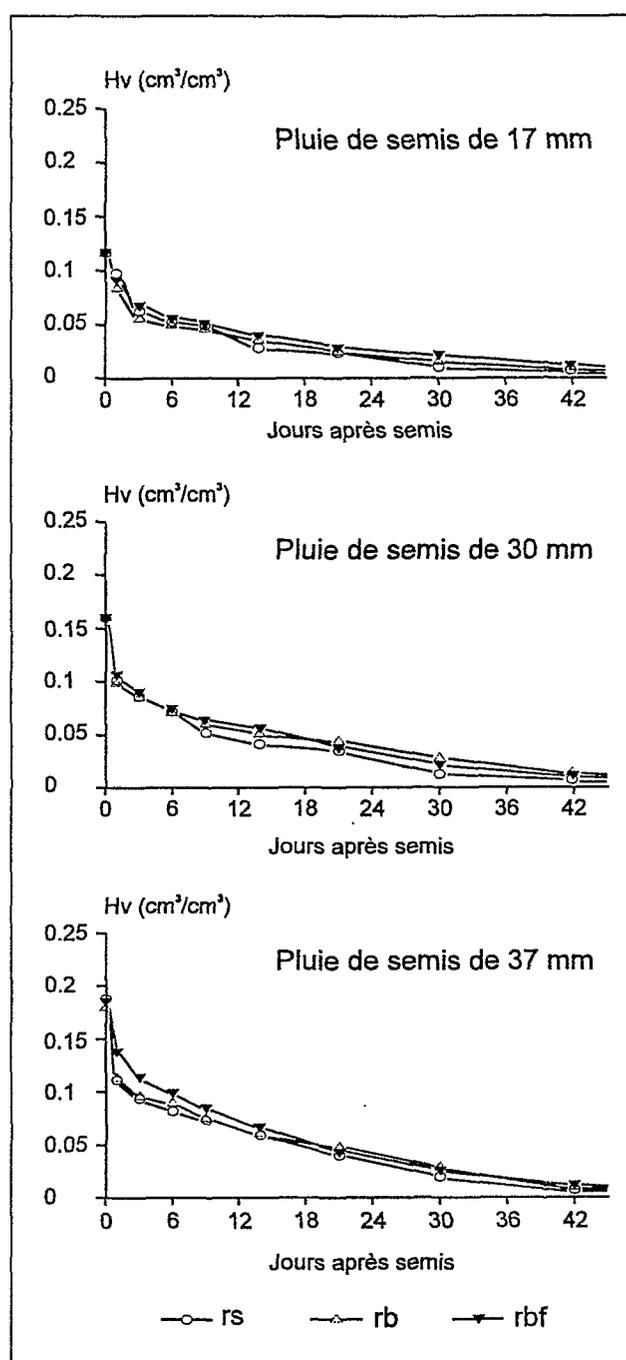


Tableau III. Evolution de la densité de peuplement en fonction du sarclage de prélevée pour trois pluies de semis.

Pluie de semis (mm)	Traitement	Densité à la levée (7 jas)		Taux de mortalité (%) à	
			plants/ha	30 jas	45 jas
17 mm	RS	77 500 ± 12 500	a	5	17
	RB	96 700 ± 3 300	b	8	11
	RBF	88 300 ± 800	ab	13	28
30 mm	RS	96 100 ± 6 800	a	2	12
	RB	100 800 ± 7 200	ab	3	7
	RBF	111 700 ± 500	b	4	9
37 mm	RS	100 000 ± 13 300	a	2	7
	RB	95 800 ± 5 600	a	2	7
	RBF	110 000 ± 10 000	a	2	9

mente considérablement le taux de mortalité des plants.

Pour expliquer ces différences de comportement, l'analyse a porté sur l'évolution au cours du temps des profils de teneurs en eau du sol. Après l'apport d'eau par irrigation, le front d'humectation atteint est en moyenne de 14, 20 et 26 cm respectivement pour les hauteurs de 17, 30 et 37 mm. Le dessèchement du profil au cours du temps s'observe sur tous les traitements. Une nette différence de comportement au cours du temps existe entre RS d'une part et RB et RBF d'autre part (figure 1). Tout d'abord pour la période de 0 à 6 jours concernant la levée, le dessèchement rapide de l'horizon de surface sur RS comparée aux sarclo-buttages semble être à l'origine de la différence de levée, en particulier après la pluie de 17 mm. Le même comportement des traitements est maintenu dans le développement végétatif de début de cycle. Globalement, il apparaît que RB permet de conserver l'eau plus longtemps dans le profil. Il y aurait un blocage de l'évaporation par rupture de capillarité causée par le mulch artificiel créé par la butte. Ceci favorise une meilleure alimentation de la plantule. Ce fait est d'autant plus intéressant pour un semis sur pluie minimale utile qu'il favorise l'imbibition de la graine préalable à la germination.

#### Action du binôme labour x fumier

Cette illustration s'appuiera essentiellement sur des travaux réalisés au centre nord du bassin arachidier (CISSE, 1986). Les études se sont déroulées sur deux ans, 1983, 1984 et 1985 avec respectivement 210, 279 et 301,9 mm. Sur une rotation arachide-mil en

deux séries alternées, on a comparé l'effet direct sur les deux cultures de deux traitements contrastés. Il s'agit du labour en traction bovine à 10 cm de profondeur + fertilisation minérale (To) et du labour + fertilisation minérale + fumier (T1). L'effet de ces deux traitements sur la production de matière sèche totale des deux cultures en relation avec les termes du bilan hydrique est montré au tableau IV.

Il ressort de ce tableau que tous les ans, au cours de la saison des pluies, le front d'humectation descend plus profondément sur To que sur T1. En conséquence, l'apport de matière organique permet de réduire considérablement les pertes d'eau éventuelles par drainage et d'augmenter les consommations en eau (évapotranspiration réelle) des cultures. Il apparaît donc que le binôme travail du sol x matière organique permet une bonne valorisation de l'eau pluviale (au cours du cycle des principales cultures). En ce qui concerne le mil cependant, on remarque que, pour l'année 1984, malgré une consommation en eau (ETR) identique sur To et T1, le rendement de matière sèche varie du simple au double. En 1985, la consommation en eau sur T1 est supérieure à celle sur To de 39 mm entraînant un rendement sur T1 trois fois plus élevé que sur To. Il apparaît donc que l'ETR globale n'est pas une grandeur explicative des différences de rendements. L'examen des consommations hydriques pendant les phases critiques permet en revanche de trouver une interprétation correcte du résultat.

En 1985, les taux de satisfaction des besoins en eau du mil à la floraison et à la formation des grains sont présentés au tableau V.

**Tableau IV.** Effet du binôme labour x fumier sur la matière sèche totale à la récolte de l'arachide et du mil, et sur les termes du bilan hydrique.

Culture	Année	Pluie utile (mm)	Traitement	FH maximum (m)	ETR (mm)	Drainage	Stock à récolte (mm)	Rendement matière sèche (kg/ha)
Arachide	1983	200	To	>3,7	126 ± 17	69	65	600
			T1	2,1	174 ± 4	8	0	1 700
	1984	212	To	2,6	187 ± 6	25	30	1 100
			T1	1	223 ± 3	0	-	2 200
	1985	300	To	2,2	243 ± 27	74	-	2.300
			T1	1,9	258 ± 13	57	-	3 400
Mil	1984	224	To	2,0	228 ± 8	0	0	3 400
			T1	1,0	231 ± 3	0	0	6 700
	1985	301	To	3,7	221 ± 14	90	100	2 000
			T1	2,1	260 ± 13	40	50	5 800

(Source : L. CISSE, 1986).

**Tableau V.** Taux de satisfaction des besoins en eau du mil en 1985.

Traitement	A la floraison (45 <sup>e</sup> jas)	A la formation des grains (60 <sup>e</sup> jas)
To	62 %	30 %
T1	80 %	68 %

On montre ainsi que pendant la période floraison-début de formation des grains l'alimentation en eau du mil est meilleure sur T1 que To. Compte tenu de la très grande influence de l'alimentation hydrique pendant cette phase sur le rendement de matière sèche du mil, la contribution de celle-ci sur l'augmentation de rendement du mil sur T1 serait donc une meilleure satisfaction de ces besoins pendant la phase critique.

### La lutte antiérosive dans le sud du bassin arachidier

Le ruissellement est une contrainte majeure à la production agricole dans la zone. Les processus en vigueur de même que l'ampleur des phénomènes ont été bien mis en évidence (SENE et PEREZ, 1991). La stratégie de lutte antiérosive développée depuis une dizaine d'années privilégie l'approche bassin versant. De tailles variables avec des superficies allant de 2,5 à 760 ha, les sept bassins versants étudiés sont représentatifs de la zone concernée : hétérogénéité morphopédologique, mode de mise en valeur des terres par les agriculteurs, etc. Préalablement aux actions d'aménagements antiérosifs mis en place à partir de

1988, ces bassins versants ont fait l'objet d'études pluriannuelles de leur fonctionnement hydrologique et d'enquêtes sur les systèmes d'exploitation pratiqués. Pour l'essentiel, la lutte antiérosive consiste en un aménagement intégré où les dispositifs classiques de défense et de restauration des sols et les techniques culturales sont complémentaires. L'adaptabilité de la technologie utilisée est un critère déterminant de choix.

Pour les trois bassins versants concernés actuellement par les aménagements antiérosifs, le dispositif en place est constitué par les éléments suivants :

- un maillage du paysage faisant 4 500 mètres de haies vives multisécifiques de 9 500 plants répartis en 13 lignes isohypses ;
- une stabilisation des ravines par plantation de végétaux et enrochement en zone cultivée ;
- un cordon pierreux isohypse complété par des ouvrages filtrants ponctuels en haut de toposéquence ;
- un itinéraire technique sur les parcelles de cultures : travail de préparation du sol en sec, semis isohypse, sarco-buttagé, restitution des résidus végétaux sous forme de compost.

L'impact de l'aménagement réalisé est évalué au niveau de l'exutoire du bassin versant en analysant les paramètres de sortie tels que le ruissellement et la quantité de terre perdue par l'érosion.

Le bilan hydrologique présenté au tableau VI et concernant le bassin de 2,5 ha indique un abattement de 25 % du coefficient du ruissellement et une nette diminution du charriage, après aménagement. L'objectif de réduction de l'énergie cinétique de la lame ruissellée est donc atteint. L'examen individuel des pluies démontre un effet régulateur sur les événements moyens (Kr = 10 à 15 %) mais souligne également l'inefficacité de l'aménagement pour les événements exceptionnels.

**Tableau VI.** Bilans hydrologiques du bassin versant S4 (2,5 ha), sol sableux de terrasse.

Période 1985 - 1987 : conditions naturelles

Période 1988 - 1990 : bassin versant aménagé

(Source : ORSTOM, UR2B).

Année	Lp (1) en mm	Lr (2) en mm	Kr (3) en %	Charriage (tonnes)	Evénements exceptionnels
1985	631	34	5,4	-	Lp = 73 ; I <sub>5</sub> = 150 (19/7)
1986	722	38	5,2	11,8	Lp = 112 ; I <sub>5</sub> = 170 (2/8)
1987	719	16	2,2	1,0	Aucun
1988	935	39	4,2	1,0	Lp = 83 ; I <sub>5</sub> = 166 (13/7)
1989	772	4	0,5	0,1	Aucun
1990	488	27	5,5	0,3	Lp = 53 ; I <sub>5</sub> = 175 (17/7)
1985-1987	2 072	88	4,2	-	
1988-1990	2 195	70	3,2	1,4	

(1) Lp = Lame précipitée

(2) Lr = Lame ruissellée

(3) Kr = Coefficient de ruissellement

(4) I<sub>5</sub> = Intensité en 5 mn

L'analyse de l'efficacité d'un tel dispositif antiérosif est d'autant plus pertinente qu'il est possible de comparer avec un témoin non aménagé. Cependant, le problème à ce niveau concerne la différence de taille ou de forme pour les bassins à comparer. Une étude récente a été réalisée dans ce sens (A. BANCOLE, 1993). Le bassin de Keur Djanko aménagé en 1988 et celui de Ndiarguène, laissé à l'état naturel, sont comparés en ce qui concerne leurs évolutions. Ce travail s'est appuyé sur les données hydrologiques de 1983 à 1992 et sur les résultats de prélèvements de transports solides. Les caractéristiques de ces bassins versants sont présentées au tableau VII.

Le bassin de Keur Djanko est de forme plutôt allongée alors que celui de Ndiarguène est de forme plus ou moins arrondie. Le réseau hydrographique à Ndiarguène est plus ramifié qu'à Keur Djanko. Cependant, cette différence fondamentale peut être considérée comme une constante au cours des expérimentations. L'analyse de l'évolution des paramètres de crues s'appuie sur les données de base que sont les hauteurs limnimétriques enregistrées et les jaugeages effectués lors des crues (ALBERGEL, 1989 ; DACOSTA, 1992).

Afin de faciliter l'interprétation des résultats d'analyse statistique et graphique, seules les crues communes aux deux bassins versants ont été considérées.

**Tableau VII.** Caractéristiques des deux bassins versants.

	Keur Djanko	Ndiarguène
Superficie	0,58 km <sup>2</sup>	0,90 km <sup>2</sup>
Périmètre	3,57 km	4,66 km
Longueur	1,44 km	1,84 km
Largeur	0,346 km	0,489 km
Ip	0,117	0,071
Ig	12,4	5,7
K	1,43	1,38

Ip et Ig sont des indices caractérisant respectivement la pente et la géométrie du bassin, alors que K est un indice de forme.

Les statistiques des paramètres de crues comparant les bassins versants avant et après aménagement sont présentées aux deux tableaux VIII et IX. Les événements pluvieux (P moyenne) donnant lieu à un ruissellement sont semblables sur les deux bassins versants. Avant l'aménagement, les crues sont plus fortes à Ndiarguène.

Après aménagement de 1989 à 1992, les épisodes pluvieux donnant lieu à un ruissellement restent équi-

**Tableau VIII.** Résultats des statistiques de crues de 1983 à 1986 (d'après A. BANCOLE, 1993).

	Keur Djanko		Ndiarguène	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Pluviométrie moyenne (mm)	30,33	17,8	30,65	19,5
Lr (mm)	1,4	2,63	2,24	2,89
Kr (%)	3,37	3,97	5,65	6,09
Qmax (l/s)	372,3	482,2	576,27	756,6
Tm (mn)	15	14	25	19
Tb (mn)	115	72	127	66

**Tableau IX.** Résultats des statistiques de 1989 à 1992, après aménagements (d'après A. BANCOLE, 1993).

	Keur Djanko		Ndiarguène	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Pluviométrie moyenne (mm)	27,4	13,02	29,94	13,9
Lr (mm)	0,74	1,25	2,16	3,96
Kr (%)	2,00	2,75	5,7	8,94
Qmax (l/s)	178,4	264,9	567,7	1 087
Tm (mn)	20	36	22	15
Tb (mn)	137	81,5	155	74

Lr = lame ruisselée, Kr = coefficient de ruissellement, Qmax = débit maximum, Tm = durée d'écoulement de montée, Tb = durée d'écoulement de base.

valents sur les deux bassins et sensiblement du même ordre de grandeur que ceux de la période en fonctionnement naturel. Sur le bassin non aménagé de Ndiarguène cependant  $K_r$ ,  $Q_{max}$ ,  $T_m$  et  $T_b$  restent comparables sur les deux périodes d'étude alors que sur le bassin aménagé de Keur Djanko les paramètres ont évolué. En effet, il y a une diminution sensible de  $K_r$  et  $Q_{max}$  et un allongement sensible des temps caractéristiques. Les écarts-types importants des différents paramètres considérés expliquent la grande variabilité des crues observées, ceci compte tenu de la diversité des facteurs impliqués : la pluie moyenne et son intensité, l'état d'humectation du sol, la rugosité du sol, le couvert végétal. Globalement on montre à travers cette étude, sur les deux périodes caractéristiques, qu'il existe d'une part une stabilité des épisodes pluvieux et d'autre part une diminution du ruissellement et un étalement des crues sur le bassin versant.

## Conclusion générale

Deux phénomènes extrêmes caractérisent la production agricole en condition pluviale dans le bassin arachidier du Sénégal : déficit hydrique lié à la sécheresse et excès hydrique causant l'érosion. La gestion de cette eau pluviale devient une nécessité pour sécuriser la production et préserver l'environnement physique contre la dégradation. Ainsi le sarclage-butage de prélevée permet de parvenir à une amélioration significative de l'implantation de l'arachide. En effet, la butte créée sur la ligne de semis favorise la conservation de l'humidité des horizons superficiels du sol. Pour les sols profonds et drainants du nord et centre-nord du bassin arachidier, l'amélioration du taux de satisfaction des besoins en eau lors des phases critiques est nécessaire pour une augmentation des rendements des cultures. L'utilisation du binôme travail du sol-fumure organique permet d'atteindre cet objectif.

En ce qui concerne la lutte antiérosive dans le sud de la zone d'étude, l'approche bassin versant permet d'évaluer globalement l'efficacité d'un aménagement où les dispositifs classiques de défense et de restauration des sols et les techniques culturales appropriées sont complémentaires. La comparaison avec un

bassin versant non aménagé met en évidence une diminution du ruissellement causant l'érosion et un étalement des crues.

## Références bibliographiques

- ALBERGEL J., BERNARD A., DACOSTA H., PEPIN Y. Action de recherche DRS. Economie de l'eau. Rapport hydrologique bassins versants de Thyssé-Kaymor : 1989, 1990, 1991 et 1992. Dakar, Sénégal, ORSTOM.
- BANCOLE A., 1993. Observation des bilans hydrologiques et des transports solides sur bassin versant expérimental. Influence d'un dispositif antiérosif à Keur Dianko. Rapport de stage. Dakar, Sénégal, ORSTOM, 35 p. + annexes.
- CISSE L., 1986. Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-Nord du Sénégal. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, INPL, 184 pages.
- DACOSTA H., 1992. Economie de l'eau. DRS sur les bassins versants de Thyssé-Kaymor. Synthèse hydrologique 1983-1988. Dakar, Sénégal, ORSTOM.
- FOURNIER F., CHEVERRY C., 1992. Les échelles spatiales d'étude du rôle du sol dans l'environnement. In: AUGER *et al.*, 1992 : hiérarchies et échelles en écologie, p. 21-41.
- RUELLE P., SENE M., JUNCKER E., DIATTA M., PEREZ P., 1990. Défense et restauration des sols. ISRA/CIRAD, collection Fiches techniques. Dakar, Sénégal, UNNAL.
- SENE M., PEREZ P., 1991. Contraintes et possibilités de valorisation des ressources naturelles dans le sud du bassin arachidier (Siné-Saloum, Sénégal). Une voie de réduction du « Gap » technologique de l'agriculture tropicale. Actes du Séminaire International de Bamako 9-13 décembre 1991. AUFELF/UREF. Montrouge, France, John Libey, 20 p.
- SIVAKUMAR M.V.K., 1991. Durée et fréquence des périodes sèches en Afrique de l'Ouest. Bulletin de recherche n° 13. Niger, Niamey, ICRISAT, 181 p.