

C 10101604
NY 51
A c g

Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal

Jean Albergel*, Malaïny Diatta**, Yannick Pépin*

La dégradation des terres cultivées en Afrique de l'Ouest se manifeste par une érosion hydrique intense, une baisse de la fertilité des sols (Pieri, 1989 ; Richard, 1990 ; Poulsen & Lawesson, 1991 ; Pontie & Gaud, 1993). On l'associe aux effets conjugués de facteurs naturels, climatiques essentiellement (Le Borgne, 1990 ; Sircoulon, 1992 ; Le Houerou, 1994) et anthropiques (Grouzis & Albergel, 1989 ; Lericollais, 1990 ; Floret *et al.*, 1993).

Cette dégradation des systèmes écologiques soudano-sahéliens réduit les potentialités de production des terres et affecte les conditions de vie des populations. Ces systèmes doivent donc être régénérés si l'on veut y maintenir durablement une activité socio-économique. De grands programmes de lutte contre la dégradation des terres ont été mis en œuvre dès les années soixante-dix, mais ils ont le plus souvent échoué (Rochette, 1989 ; Sali *et al.*, 1991 ; Tybirk, 1991). Au cours des années quatre-vingt, de nombreux programmes de recherches ont été initiés pour étudier la gestion des ressources naturelles et la durabilité des systèmes de productions en milieu rural.

Dans ce cadre, un programme de recherche sur la gestion des eaux et du sol et sur la durabilité des exploitations agricoles dans le bassin arachidier du Sénégal a mobilisé plusieurs instituts (Isra, Cirad, Orstom...) de 1983 à 1995. Il a été soutenu par plusieurs programmes internationaux (S.T.D. de la Commission des Communautés européennes, Programme international géosphère biosphère).

Le bassin arachidier, première région agricole du Sénégal, assure près de la moitié de la production nationale en arachide et en mil. Ces deux cultures occupent plus de quatre-vingt-dix pour cent des quelque deux millions d'hectares cultivables. La jachère est de moins en moins pratiquée.

Le travail que nous présentons concerne un test mené en vraie grandeur sur l'efficacité d'un aménagement en bocage d'un bassin versant de soixante hectares. Après un bref rappel sur les caractéristiques de la zone d'étude et une présentation de la méthodologie utilisée, nous montrons les impacts de l'aménagement de versant sur le ruissellement et l'érosion en comparant les observations réalisées avant et après aménagement et par comparaison avec un bassin versant non aménagé.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude et de sa problématique

La zone d'étude, qui s'étend sur environ deux mille kilomètres carrés, est située dans le sud du Sénégal. Elle est limitée à l'ouest et au nord par le Bao-Bolon, affluent du fleuve

* Institut de recherches pour le développement (I.R.D., ex-Orstom), B.P. 434 1004 Tunis El Menzah (Tunisie).

** Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra), I.R.D., B.P. 1386, Dakar-Hann (Sénégal).

Gambie; à l'est, par le réseau hydrographique du Naniji Bolon et, au sud, par la frontière avec la Gambie.

Elle est sous la dépendance d'un climat soudano-sahélien, caractérisé par l'alternance d'une longue saison sèche (7 à 9 mois) et d'une saison pluvieuse courte en été (3 à 5 mois). La moyenne annuelle des précipitations sur la période 1930-1990 est de huit cent vingt millimètres; elle n'est que de six cent soixante-quatre millimètres pour les deux dernières décennies (1970-1990) et de six cent quarante-neuf millimètres sur notre période d'étude de 1983 à 1995. Cependant, ce déficit pluviométrique s'accompagne d'un maintien de la fréquence d'apparition des événements pluvieux les plus agressifs (Dacosta, 1992).

Le modelé général de la région est un ensemble de vastes plateaux tabulaires de trente à soixante mètres d'altitude, entaillés par un réseau de larges vallées à faible pente (Michel, 1973). Au quaternaire, les pédogénèses successives sont imprimées sur les facettes de ce modelé (Bertrand, 1972; Angé, 1991).

La zone centrale des plateaux, dépourvue de cuirasse, présente des sols ferrugineux tropicaux. Leur bordure, indurée à faible profondeur, est limitée par un talus discontinu. Les terres des plateaux, anciennement couvertes d'une savane arborée dense, sont soumises à un défrichement massif. Sur les talus, la forte charge en éléments grossiers, rencontrée dès la surface, rend les sols impropres aux cultures. Une brousse arbustive plus ou moins dégradée y subsiste, constituée principalement de combretacées auxquelles s'ajoutent divers acacias.

Au pied des talus, les versants se composent d'un glacis amont et d'une terrasse très étendue. Les glacis sont caractérisés par la présence de sols peu évolués, d'apport colluvial, sur gravillons et cuirasse ferrugineuse. De défriche récente, ces sols se dégradent très rapidement dès la mise en culture. La terrasse présente des sols ferrugineux tropicaux, lessivés, remaniés, sur colluvio-alluvions. Elle constitue le lieu d'occupation humaine traditionnelle. Depuis quelques années, l'absence chronique de fumure, le désouchage intensif, la mise en culture continue et le raccourcissement du temps de jachère provoquent une baisse rapide de la fertilité (Sene & Perez, 1994).

Les berges qui relient la terrasse au bas-fond ont une pente qui varie de trois à quatre pour cent. Elles sont formées de sols peu évolués, d'apport alluvial. Sableux et pauvres chimiquement, ces sols sont pourtant mis en culture; faciles à travailler, ils offrent de bonnes possibilités d'enracinement pour les cultures. Leur situation topographique est favorable à l'érosion régressive. Dans les bas-fonds proprement dits, les sols sont peu évolués, d'apport alluvial, hydromorphes sur alluvions récentes. Les principales contraintes de leur mise en valeur agricole sont les crues violentes qui les balayent et les apports de sables générés par l'érosion intense des versants (Albergel & Perez, 1993; Albergel *et al.*, 1993).

La densité de population est estimée à soixante-cinq habitants au kilomètre carré. En dix ans, la population, principalement composée de Wolofs, a presque doublé. L'arachide, principale culture de rente, et le mil constituent la base du système de production local qui tente d'intégrer agriculture et élevage (Faye *et al.*, 1985). Sous la pression foncière, les agriculteurs mettent en culture des zones de plus en plus marginales et pratiquent une culture continue sans jachère (Sene & Perez, 1994).

La dégradation s'exprime dans toutes les unités de paysage par une érosion hydrique importante, plutôt sous forme de ruissellement généralisé diffus dans les parties hautes des toposéquences, sous forme de ravinements aux ruptures de pentes et de dépôts de sables localisés dans les bas-fonds ennoyant les couches fertiles. Elle entretient la chute du statut organique du sol et interdit toute amélioration de la productivité végétale naturelle ou cultivée (Sene, 1995).

La réhabilitation du paysage passe obligatoirement par une stabilisation des phénomènes érosifs et une diminution du ruissellement le long des versants, préalables à toute innovation en matière de remontée de la fertilité et d'intensification agricole (Perez, 1994).

Dispositifs expérimentaux, données et méthodes

En vue de réhabiliter le milieu et d'améliorer les termes du bilan hydrique des cultures ou des zones de végétation naturelle, des techniques simples de gestion de l'eau ont été mises en œuvre. Elles sont adaptées à chaque unité géomorphologique et répondent à trois objectifs :

- cloisonner l'espace agricole en vue de traiter le ruissellement diffus (haies vives, cordons de pierres) et les écoulements concentrés (seuils filtrants) ;
- améliorer l'infiltration par l'adoption de techniques culturales adaptées, en zone cultivée, et par la mise en défens d'espaces de parcours;
- assurer le développement d'un couvert végétal homogène et protecteur grâce à des apports de matière organique produite en bordure des champs.

Ces techniques ont fait l'objet d'expérimentations destinées à préciser leur mode de fonctionnement et leur efficacité. Trois niveaux d'observation ont été retenus : le suivi localisé, la parcelle agricole et le bassin versant, C'est ce dernier qui fait l'objet de cette communication.

Pour discuter de la pertinence d'un aménagement d'embocagement comprenant : des reboisements et des mises en défens sur le plateau, un cordon pierreux en bordure du talus, des haies vives sur les glacis et les terrasses et le traitement des ravines qui entaillent les berges de raccordement terrasse-bas-fond, nous avons choisi de suivre l'évolution des paramètres hydrologiques mesurés à l'exutoire.

Les critères d'efficacité ont été limités aux paramètres hydrologiques mesurés à l'exutoire. Pour ce faire, on a utilisé la méthode des bassins versants appariés : deux bassins de ravines, drainant l'ensemble des unités de la toposéquence, ont été suivis en conditions naturelles pendant une période initiale (1983-1988), puis l'un des deux a été aménagé en cours d'étude (1989-1990). Les observations se sont poursuivies jusqu'en 1995. Cette méthode repose sur l'hypothèse implicite de constance d'autres facteurs évolutifs sur le domaine d'étude.

Les deux bassins étudiés sont ceux de deux petites ravines, affluents de premier ordre, démarrant en bordure de plateau et entaillant les glacis de raccordement au marigot : Keur Dianko et de N'Dierguène (Figure 1) et distants de quatre kilomètres environ. Leurs principales caractéristiques sont consignées dans le tableau I. D'amont en aval, ces deux ravines traversent sur des distances comparables les unités géomorphologiques décrites précédemment. L'aménagement en bocage sur le bassin de la ravine de Keur Dianko qui intègre une toposéquence complète de sols ferrugineux lessivés a débuté en 1988. En 1991 il comprenait (Perez *et al.*, 1991) (Figure 2) :

- une zone de reboisement sur le plateau et en bordure de talus ;
- quatre zones de mise en défens (0,5 ha) en bordure du plateau ;

Tableau I. Caractéristiques des bassins versants de l'étude.

	B. V. de Keur Dianko	B. V. de N'Dierguène
Latitude de l'exutoire	13° 46' 43" N	13° 45' 29" N
Longitude de l'exutoire	15° 33' 17" O	15° 32' 20" O
Surface du BV	0,58 km ²	0,90 km ²
Périmètre	3,6 km	4,7 km
Indice de compacité	1,32	1,39
Altitude Mini/Maxi	16/34 m	29/40 m
Dénivelée spécifique	10	6
Aménagement	réalisé en 1988-89	Sans

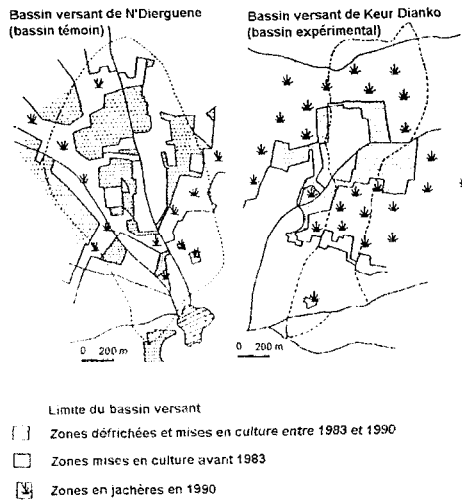


Figure 1. Bassins versants appariés (Perez *et al.*, 1997).

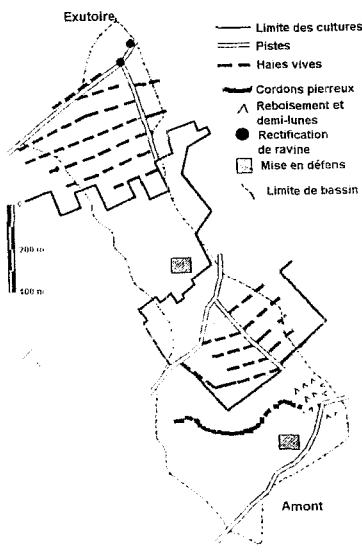


Figure 2. Aménagement du bassin versant de Keur Dianko (Perez *et al.*, 1997).

- neuf mille plants répartis en treize haies vives, totalisant quatre mille mètres linéaires;
- un cordon de pierre complété par des ouvrages filtrants ponctuels en haut de toposéquence;
- rectification et stabilisation de ravines par végétalisation et empierrements en zone cultivée;
- introduction progressive des itinéraires techniques améliorés.

De 1983 à 1987, un suivi du bilan hydrologique complet a été réalisé dans les conditions antérieures à l'aménagement. Un même suivi a été effectué sur la ravine voisine de N'Dier-

guène dont le bassin est un peu plus grand (0,9 km²). Ces observations hydrologiques se sont poursuivies jusqu'en 1995 ; la ravine de N'Dierguène sert de témoin.

Résultats

Bilans annuels en eau et en matière transportée

Les bilans hydrologiques annuels comparés des deux ravines (Tableau II ; Figure 3) montrent des coefficients de ruissellement supérieurs sur le bassin témoin. Après la mise en place des aménagements (1988- 1991), la différence d'aptitude au ruissellement diminue nettement sur le bassin expérimental. En séparant la période d'observation en trois parties :

- avant aménagement (5 années) : la lame ruisselée de Keur Dianko est égale à cinquante-deux pour cent de celle du bassin témoin ;
- durant la période de mise en place de l'aménagement (3 années), ce rapport passe à cinquante-six pour cent et semble montrer une perturbation du milieu sur le bassin versant expérimental, avec une légère hausse du ruissellement (mais non significative) ;
- après la mise en place de l'aménagement (5 années) : la lame ruisselée du bassin aménagé n'est plus que de trente-six pour cent de celle du bassin témoin. L'aménagement a un rôle d'autant plus fort sur le bilan en eau et en matières solides transportées que l'année comporte des ruissellements importants : en 1991, les transports solides sont équivalents sur les deux bassins (environ 650 kg.ha⁻¹) ; en 1993, ils sont de quatre cent quatre-vingt-huit kilogrammes à l'hectare pour le bassin aménagé et de plus d'une tonne à l'hectare sur le bassin témoin : en

Tableau II. Bilans hydrologiques comparés ravine de Keur Dianko (KD). Ravine de N'Dierguène (ND).

Période	Pluie mm		Lame ruisselée mm		Coefficient de ruissellement %	
	KD	ND	KD	ND	KD	ND
1983-1987	2 757,2	2 899,1	67,9	129,7	2,5	4,5
1988-1990	2 037,3	1 919,6	11,9	74,8	2,1	3,8
1991-1995	2 996,9	2 970,1	82,1	226,1	2,7	7,6

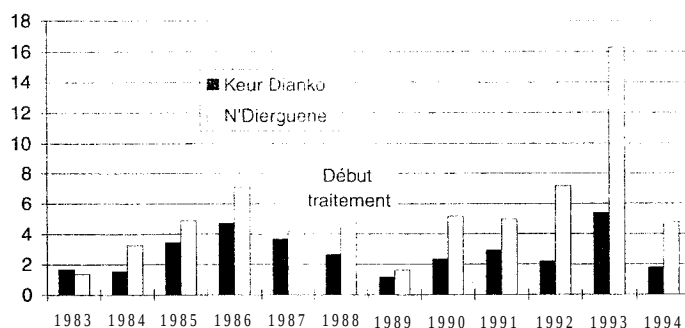


Figure 3. Comparaison des coefficients de ruissellement de 1983 à 1995 sur les ravines de Keur Dianko (KD) et de N'Dierguène (ND).

1993, où l'événement exceptionnel des 4 et 5 août (179 mm en 24 heures) est à l'origine de près de cinquante pour cent de l'érosion annuelle, les transports solides sont de 1,5 tonne par hectare sur le bassin aménagé et de 3,5 tonnes par hectare sur le bassin témoin : en 1994, année de faible pluviosité, ils sont légèrement plus faibles dans le bassin aménagé (320 kg.ha⁻¹ pour 380 kg.ha⁻¹).

Comparaison des bilans hydrologiques et d'érosion à l'échelon d'un événement exceptionnel

L'impact de l'aménagement est bien mis en évidence par l'événement des 4-5 août 1993. Sur la figure 4, on a représenté les débits ramenés à un hectare pour les deux ravines. Les crues résultantes de la première averse sont équivalentes sur les deux bassins avec un coefficient de ruissellement de neuf pour cent pour le bassin aménagé et de onze pour cent pour le témoin. Les crues provoquées par les deux averses suivantes (conditions d'infiltration très faibles) sont beaucoup plus fortes et plus pointues sur le bassin témoin. Les coefficients de ruissellement sont respectivement de dix et quatorze pour cent sur le bassin aménagé et cinquante et quarante-deux pour cent sur le témoin. Cette différence dans le ruissellement se traduit par un écart encore plus important des matières transportées. L'objectif de réduction de l'énergie cinétique de la lame ruisselée est donc atteint. L'examen individuel des pluies démontre un effet régulateur de l'aménagement pour les événements moyens et forts.

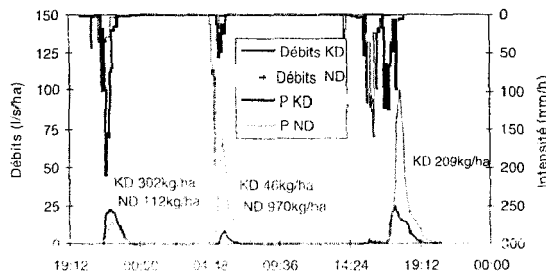


Figure 4. Débits rapportés à un hectare pour l'événement des 4 et 5 août 1993. Comparaison ravine de Kouroum et de N'Diarguène.

Effet de l'aménagement sur les crues

Toutes les crues observées ont été discrétisées sur un pas de temps de cinq minutes : au maximum de la crue, est arbitrairement attribué le temps zéro. Afin d'obtenir deux périodes sensiblement comparables, nous avons choisi les années : 1983 à 1988 avant aménagement, 1989 à 1994 après aménagement, où les pluies sont proches de trois mille six cent cinquante millimètres pendant ces six années. Les crues sur une même période homogène sont superposées sur un même graphique et trois crues caractéristiques sont calculées, les crues médianes, les crues de centile dix pour cent et quatre-vingt-dix pour cent. Le tableau III compare les caractéristiques de ces crues pour les deux bassins et sur les deux périodes.

Le tableau III nous montre que l'impact des aménagements se fait principalement sentir sur les événements pluviométriques relativement importants.

Tableau III. Paramètres des crues caractéristiques.

KD : Ravine de Keur Dianko ND : Ravine de N'Dierguène		Volume ruisselé m ³	Débit Max. m ³ /s	Temps de montée mn	Temps de base mn
KD Crue centile 90%	1983-1988	1 100	0,562	35	190
	1989-1994	1 691	0,640	50	205
	Crue médiane	152	0,110	15	100
	1983-1988	158	0,090	15	135
	1989-1994	11,5	0,012	5	35
	1983-1988	11,1	0,007	5	55
ND Crue centile 90%	1983-1988	5 330	1,370	50	230
	1989-1994	5 100	2,825	65	230
	Crue médiane	468	0,158	20	125
	1983-1988	536	0,178	20	145
	1989-1994	50,1	0,044	10	50
	1983-1988	32,4	0,030	10	75

Crue de centile quatre-vingt-dix pour cent

Le volume ruisselé est multiplié par 1,5 durant la seconde période, à Keur Dianko (expérimental) et par 1,7 à N'Dierguène (témoin) ; les débits de pointe passent augmentent de 1,1 pour le premier et de 2,1 pour le second ; les temps de base s'allongent pour le bassin aménagé et restent identiques pour le témoin. *Pour les fortes crues, l'aménagement a réduit légèrement le volume ruisselé, a écrêté le débit de pointe et allongé le temps de base.*

Crue médiane

L'augmentation du volume ruisselé est de 1,03 à Keur Dianko et de 1,14 à N'Dierguène ; le rapport des débits de pointe diminue pour le premier (0,81) et augmente pour le second (1,13). *Pour les crues moyennes, l'aménagement réduit très sensiblement le volume ruisselé et écrête fortement les débits de pointe.*

Crue de centile dix pour cent

Pour cette crue type, on note une diminution du ruissellement plus nette sur le bassin témoin et des débits de pointes diminuant plus fortement sur le bassin aménagé. Les pluies les plus faibles ne donnent plus d'écoulement sur le bassin aménagé. *L'aménagement écrête les débits de pointe des petites crues que l'on compare sans modifier le volume ruisselé.*

La figure 5 montre sur la crue type « médiane » comment l'aménagement hydraulique et bocager du bassin versant de Keur Dianko a modifié la forme des crues, pour un volume sensiblement égal, la pointe de crue est abaissée de vingt pour cent et le temps de crue rallongé de trente-cinq pour cent.

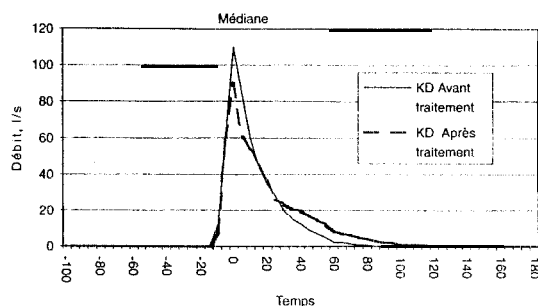


Figure 5. Crue médiane type à Keur Dianko, avant et après aménagement.

Discussion

En vue de stabiliser les phénomènes d'érosion hydrique à travers une maîtrise du ruissellement, divers aménagements ont été appliqués aux éléments d'un paysage dégradé du bassin arachidier au Sénégal, en tenant compte de leurs spécificités écologiques et de leur utilisation par les populations.

Ces aménagements relèvent de la restauration (allègement de la pression ou suppression de la perturbation), d'une part, et de la réhabilitation (amélioration du bilan hydrique, réintroduction d'espèces végétales...), d'autre part. Dans le premier cas, une mise en défens du plateau résiduel a été réalisée afin de favoriser la régénération et le développement de la végétation, pour rétablir ses fonctions de protection du sol et de conservation de l'eau. Dans le second cas, la construction de cordons pierreux et l'introduction de haies vives d'espèces largement autochtones ont été retenues pour ralentir le ruissellement et provoquer la sédimentation des particules fines. Enfin, des techniques culturales adaptées ont été testées afin de favoriser l'infiltration et d'améliorer les rendements agricoles dans les terres cultivées qui constituent l'essentiel du paysage actuel.

À l'échelon du bassin versant, qui intègre l'ensemble des opérations et reflète l'utilisation de l'espace par les villageois, une meilleure gestion des ressources naturelles est donc possible. Un cloisonnement raisonné du paysage visant à réguler les processus qui caractérisent l'hydro-système apparaît d'une bonne efficacité pour réduire le ruissellement et l'érosion. Cependant, cette démarche doit tenir compte, à chacune de ses étapes, de la capacité d'adoption de l'innovation par les exploitants et de sa capacité d'intégration dans les stratégies paysannes. Enfin, certains facteurs doivent être considérés à des échelons qui dépassent le bassin versant, voire le terroir villageois : c'est le cas de l'élevage dont l'influence sur la phytomasse et la fertilité des sols est essentielle, mais dont la gestion relève de territoires beaucoup plus vastes.

Le cloisonnement du bassin versant a une conséquence très nette sur la fonction de production, ruissellement et matières en suspension. La diminution des volumes ruisselés et des quantités de terre charriée est conséquente à l'échelle de la saison des pluies comme à celui de l'événement relativement exceptionnel. Il a également un impact sur la fonction de transfert avec une modification sensible de la forme des crues : aplatissement et allongement des temps caractéristiques, déposition des particules de terre à l'amont du cordon pierreux ou des haies vives enherbées.

Conclusion

L'aménagement hydraulique et bocager des bassins versants soudano-sahéliens fortement cultivés apparaît comme la première étape à conduire avant l'adoption de techniques cultu-

rales visant une intensification de l'agriculture. Il remplace les mises en jachère longues dans leur fonction de protection des sols et de réhabilitation des aptitudes hydriques. Il ne permet pas la régénération de la fertilité qui doit alors être assurée par des intrants et (ou) par une rotation des cultures avec jachères de courtes durée améliorées.

Les haies vives qui sont constituées d'espèces arborées doublées de lignes herbacées produisent du bois, des petits fruits et un complément de fourrage pour le bétail. Dans un espace agricole stabilisé, ce type d'aménagement n'est pas plus consommateur d'espace que la jachère de longue durée, il peut avoir aussi un rôle dans la pérennisation du foncier.

Remerciements

La tenue du séminaire internationale « la Jachère en Afrique tropicale », (Dakar, 13-16 avril 1999) a été un plaisant prétexte pour travailler sur des données et des notes de terrain d'un programme de recherche achevé en 1995. Les auteurs ont dû faire appel aux différents membres de l'équipe aujourd'hui dispersée sur trois continents. Pour leur contribution à ce travail et en souvenir des travaux réalisés en commun, nous tenons à lui exprimer nos plus vifs remerciements. Nous remercions Alain Bernard, hydrologue de l'I.R.D. qui a réalisé les campagnes hydrologiques; Modou Sène, agronome de l'Isra, responsable des études agronomiques; Pascal Pérez, agronome du Cirad, qui a pensé et mis en place l'aménagement en haies vives; Honoré Dacosta, enseignant chercheur de l'Université Cheikh-Anta-Diop de Dakar, qui a participé aux études en hydrologie et géographie.

Références

- Albergel J., Pérez P. (1993). « Fonctionnement hydrologique et aménagement des bas-fonds des formations sédimentaires du continental terminal : exemple du bassin arachidier du Sénégal », in Raunet (éd., 1993) : pp. 155-164.
- Albergel J., Lamachère J.M., Lidon B., Mokadem A.I., Van Driel W. (1993). *Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, Fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles*, rapport final d'un projet Coraf-R3S, Ouagadougou, C.I.E.H., 335 p.
- Augé A. (1991). « Gestion de la fertilité des sols et stratégies de mise en valeur des ressources naturelles. Exemple du mil dans les systèmes de culture du sud du bassin arachidier sénégalais », in *Terres de savane, terres fertiles ?* Montpellier, Cirad-CA : pp. 155-164.
- Bertrand R. (1972). « Morphopédologie et orientations culturales des régions soudaniennes du Sine-Saloum (Sénégal) », *Agron. Trop.*, vol XVII, n° 11 : pp. 1115-1190.
- Dacosta H. (1992). *Économie de l'eau et DRS sur les bassins versants de Thyssé Kaymor*, synthèse hydrologique 1983-1988, Dakar, Orstom, 67 p. + ann.
- Eldin M., Milleville P. (éd.) (1989). *Le risque en agriculture*, Paris, Orstom, 620 p.
- Faye A., Niang L., Sarr D.Y., Thiam A. (1985). *Étude monographique de la communauté rurale de Thyssé Kaymor*, Dakar, Isra, 100 p.
- Floret Ch., Pontanier R., Serpantié G. (1993). *La jachère en Afrique tropicale*, Dossier Mab 16, Paris, Unesco, 86 p.
- Grouzis M., Albergel J. (1989). « Du risque climatique à la contrainte écologique. Incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso », in Eldin & Milleville, (éd., 1989) : pp. 243-254.
- Le Borgne J. (1990). « La dégradation actuelle du climat en Afrique, entre Sahara et Équateur », in Richard (éd., 1990) : pp. 17-36.
- Le Houerou H.N. (1994). *Climate change drought and desertification*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève, Weather Mundial Organization (W.M.O.), 28 p. + ann.
- Lericollais A. (1990). « La gestion du paysage ? Sahélisation, surexploitation et délaisement des terroirs sereer au Sénégal », in Richard (éd., 1990) : pp. 152-169.

- Michel P. (1973). *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Étude géomorphologique*, t. I. Paris, Orstom, n° 63, 365 p. (coll. *Mémoires*).
- Pérez P. (1994). *Genèse du ruissellement sur les sols cultivés du Sud Saloum (Sénégal)*, th. doct., Montpellier, Ensam, 250 p.
- Pérez P., Albergel J., Diatta M., Grouzis M., Séné M. (1997). « Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. Experiments at the hillside scale », *Agriculture, Ecosystem and Environment* n° 65 : pp. 95-106.
- Pieri C. (1989). *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara*, Cirad-ministère de la Coopération, 443 p.
- Pontie G., Gaud M. (éd.) (1992). *L'environnement en Afrique, Afrique contemporaine*, n° 151. Paris, La Documentation Française, 294 p.
- Poulsen E., Lawesson J.E. (éd.) (1991). *Dryland degradation. Causes and consequences*, Wageningen, D.L.O.
- Poulsen E., Lawesson J.E. (1991). *Dryland degradation. Causes and consequences*. Danish Sahel Workshop. Aarhus, Aarhus University Press, 134 p.
- Raunet (éd.) (1993). *Bas-fonds et riziculture*, Actes du Colloque international, Antananarivo, Montpellier, Cirad-CA. 9-14 déc. 1991, 517 p.
- Richard J.F. (1990). *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*, Paris, ministère de la Coopération et du Développement, 130 p.
- Richard J.F. (éd.) (1990). *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. Paris, ministère de la Coopération et du Développement, 130 p.
- Rochette R.M. (1989). *le Sahel en lutte contre la désertification, Leçons d'expérience*, Margraf, Weikersheim (All.), CILSS-Pac-G.T.Z., 592 p.
- Sall P.N., Aussenac G., Dreyer E., Garnier A. (1991). « Limitation par la sécheresse de la croissance d'Eucalyptus camaldulensis Dehn. en climat sahélo-soudanien au Sénégal », *Rev. For. Fr.*, vol. XLIII : pp. 309-316.
- Séné M., Pérez P. (1994). « Contraintes et possibilités de valorisation des ressources naturelles dans le sud du bassin arachidier (Siné Saloum, Sénégal) », in *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*, Paris, John Libbey Eurotext : pp. 217-233.
- Séné M. (1995). *Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide*, th. doct., Montpellier, Ensam, 127 p.
- Sircoulon J. (1992). « Évolution des climats et des ressources en eau », in Pontie & Gaud (éd.) (1992) : pp. 55-76.
- Tybirk K. (1991). « Planting trees in Sahel - doomed to failure ? », in Poulsen & Lawesson, (éd.) (1991) : pp. 22-28.