

**Le PSI, une recherche d'accompagnement  
pour un développement durable  
de l'agriculture irriguée**

**par**

**J.C. LEGOUPIL**

**C. DANCETTE, P. GODON, I.M. MAIGA, M.K. NDIAYE**

**PSI - CORAF**

**Bureau régional**

**B.P. 8680, Dakar Yoff, Sénégal**

**Téléphone : (221) 825.39.65 ; Fax : (221) 825.39.63**

**E-mail : [psicoraf@sonatel.senet.net](mailto:psicoraf@sonatel.senet.net)**



## LE POLE REGIONAL DE RECHERCHE SUR LES SYTEMES IRRIGUES SOUDANO-SAHELIENS, UNE REPONSE DE LA RECHERCHE POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE DE L'AGRICULTURE IRRIGUEE

Face à la croissance démographique et à la stagnation de la production agricole en culture pluviale, le développement de l'agriculture irriguée dans les régions soudano-sahéliennes est un recours possible. En Afrique subsaharienne, les surfaces irrigables sont estimées à près d'un million d'hectares. En fait, l'irrigation n'est pratiquée que sur environ 300 000 hectares et contribue très peu à l'équilibre alimentaire.

Les grands programmes d'introduction et de développement de l'irrigation dans la zone sont relativement récents. Ils correspondent pour l'essentiel à une volonté politique des États mais se sont heurtés à de nombreuses difficultés : non-compétitivité, avant la dévaluation du franc CFA, de la filière du riz local face au riz d'importation ; mode de gestion centralisée des périmètres irrigués, généralement peu compatible avec les dynamiques propres des producteurs ; dégradation rapide des ouvrages et des sols ; manque d'efficacité dans la gestion de l'eau et absence de souplesse technique des aménagements. Aujourd'hui, les programmes d'ajustement structurel récemment adoptés par la quasi-totalité des pays de la région remettent en cause ce type d'intervention. La viabilité socio-économique et la durabilité des projets, avec le désengagement des États et la libéralisation des marchés agricoles, sont les nouvelles conditions d'un financement public. De nouveaux acteurs émergent et les initiatives privées, individuelles ou collectives se multiplient.

Pour accompagner cette dynamique et assurer une gestion conservatoire des ressources du milieu, plusieurs états de la région ont décidé d'unir et de coordonner leurs efforts de recherche. C'est ainsi que le Sénégal, le Niger, la Mauritanie et le Mali ont créé en 1995, le pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens (PSI), sous l'égide du Conseil ouest et centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles (CORAF), en partenariat avec le CIRAD et l'IRD et avec le concours du ministère français de la coopération.

Quatre grands axes d'intervention, ou composantes de recherche, ont été identifiés par les partenaires du pôle et reconnus comme importants pour apporter aux États, aux opérateurs du développement et aux bailleurs de fonds, des réponses pour un développement durable de l'irrigation (cf. schéma sur l'organisation régionale du PSI). Ces quatre composantes sont les suivantes :

- la diversification des cultures irriguées, animée par l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA) au Sénégal ;
- l'intensification de la riziculture irriguée, animée par le Centre national de recherche agronomique et de développement agricole (CNRADA) en Mauritanie ;
- la gestion technique, sociale et foncière de l'irrigation, animée par l'Institut national de recherches agronomiques du Niger (INRAN) au Niger ;
- la lutte contre la dégradation des sols irrigués, animée par l'Institut d'économie rurale (IER) au Mali.

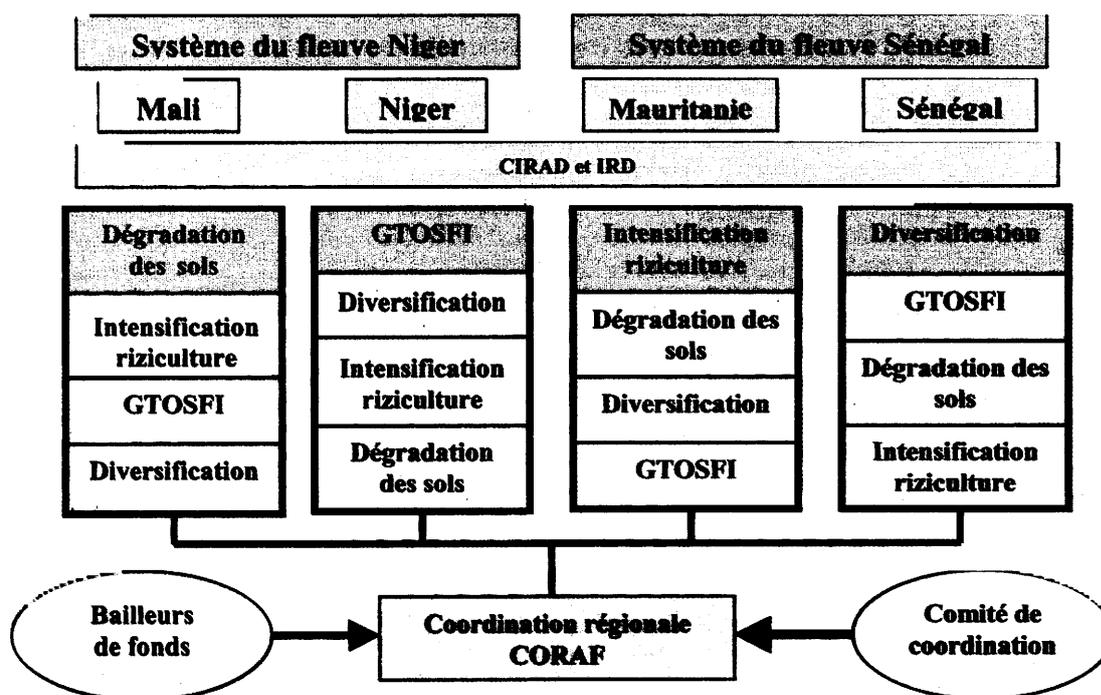
Une cellule de coordination régionale, basée auprès du secrétariat exécutif du CORAF, assure l'animation du pôle qui est un lieu privilégié de coopérations scientifiques avec les centres du CGRAI, les réseaux de recherche et les universités ainsi qu'avec les organismes de développement et les organisations professionnelles agricoles.

### LA PROBLEMATIQUE D'UN DEVELOPPEMENT DURABLE DE L'IRRIGATION

Le développement de l'agriculture irriguée en Afrique soudano-sahélienne de l'Ouest est aujourd'hui marqué par :

- des projets d'aménagement parfois mal préparés et exécutés (surestimation des capacités productives, minimisation des charges d'exploitation...);
- des coûts très élevés d'aménagement de 10 à 30.000 US\$ par ha ;
- un partage « pas encore très opérationnel » des rôles et des responsabilités entre les différents acteurs de l'irrigation ; un environnement « légal » de l'irrigation très insuffisant où le statut des organisations paysannes, où les régimes fonciers des terres et où l'accès aux ressources et leur utilisation ne sont pas encore bien définis ;
- des filières de production, de transformation, de commercialisation qui ne sont pas encore très bien organisées.

## L'organisation régionale du PSI



### LE PSI-CORAF, UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT

« Un Pôle régional de recherche c'est une forme d'organisation communautaire répondant à un enjeu régional important du développement rural, avec une gestion en commun de moyens propres à chacun des partenaires pour constituer une réelle capacité régionale de recherche, ce qu'aucun des partenaires, pris isolément, ne pouvait faire ».

Le Pôle Systèmes Irrigués du CORAF c'est :

- une approche régionale, qui permet, dans le cadre d'une institution inter-africaine (CORAF), la constitution d'une capacité régionale de recherche pour répondre aux questions que pose le développement durable de l'irrigation en Afrique sub-saharienne ; une programmation concertée avec les opérateurs du développement pour réellement répondre aux attentes du développement ; un partenariat contractuel, qui présente les garanties d'une bonne coordination des actions et d'une gestion technique et financière transparente des programmes et des financements ;
- une forme d'organisation qui permet de valoriser les acquis et d'asseoir la crédibilité de la recherche agronomique Africaine.

### LE PSI-CORAF EN QUELQUES CHIFFRES

Le PSI, c'est la mobilisation de quelques 47 chercheurs provenant de 6 institutions différentes et répartis sur 4 pays en fonction des 4 composantes régionales de recherche (cf. tableau sur le dispositif de recherche).

Pour sa première phase (1996-1999), le PSI c'est un budget de 14,2 millions de francs français financés par la Fonds d'aide et de coopération français, qui est venu en complément des moyens propres des différents partenaires (salaires des chercheurs, fonctionnement partiel...). La coordination régionale a représenté en fonctionnement une charge d'environ 5% de la subvention et les charges régionales d'animation scientifique environ 8% de cette même subvention. Le financement des actions de recherche dans les 4 pays du PSI a absorbé environ 86% du montant global de la subvention.

## Dispositif de recherche

Composantes	Partenaires	Mali		Mauritanie		Niger		Sénégal		Total	
Intensification	SNRA	1	1	2	3	1	1	2	3	6	8
	Coopération			1				1		2	
Diversification	SNRA	1	1	4	4		0	1	6	6	11
	Coopération							5		5	
GTOSFI	SNRA	3	4	1	1	4	4	2	4	10	13
	Coopération	1						2		3	
Dégradation	SNRA	4	6	2	2	3	3	1	4	10	15
	Coopération	2						3		5	
<b>Total</b>	SNRA	9	<b>12</b>	9	<b>10</b>	8	<b>8</b>	6	<b>17</b>	32	<b>47</b>

GTOSFI : Gestion technique – Organisation sociale et foncière de l'irrigation

En 1999, les quatre composantes de recherche du PSI ont continué à conjuguer leurs efforts pour toujours mieux répondre à la problématique de la culture irriguée dans la zone d'intervention du PSI.

La fin d'année s'est soldée par l'organisation, du 30 novembre au 3 décembre, d'un séminaire portant sur le bilan des travaux et des résultats de ce programme régional. Ce séminaire marquait le terme de la première phase (1996-1999) du PSI.

Il a permis de :

- débattre avec les opérateurs du développement, partenaires du PSI, des résultats du programme, de leur cohérence et de leur impact par rapport aux attentes pour un développement durable de l'irrigation ;
- présenter et discuter de la programmation régionale des activités qui feront l'objet de la deuxième phase du PSI (2000-2003).

Fort de la réussite du séminaire en terme de qualité scientifique des interventions, le présent rapport décrit, sous forme de synthèse pour chaque composante, les résultats les plus marquants obtenus au cours des quatre années d'activités du PSI.

## LA COMPOSANTE REGIONALE DE RECHERCHE « INTENSIFICATION DE LA RIZICULTURE IRRIGUE »

d'après une synthèse régionale  
de Claude Dancette

La composante régionale CORAF/PSI « Intensification de la riziculture irriguée » intervient, depuis 1996 au Mali, en Mauritanie, au Niger et au Sénégal, en collaboration avec les instituts nationaux de recherche agronomique partenaires du PSI et avec l'ADRAO.

Les choix relatifs aux systèmes de culture caractéristiques de ces quatre pays sont très différents. C'est sur la base d'une meilleure connaissance des systèmes rizicoles irrigués, d'une estimation comparée des coûts et des revenus attendus pour chaque système de culture, des contraintes identifiées et des demandes des acteurs de la production, qu'une recherche

appliquée a été conduite par le PSI. Les travaux ont porté en priorité sur la réduction des coûts de production, l'utilisation plus rationnelle d'intrants adoptés, l'amélioration des niveaux de rendement pourtant déjà très honorables, la production d'un riz de qualité et l'obtention de revenus monétaires plus importants.

### LA SITUATION DE LA RIZICULTURE DANS LES PAYS PARTENAIRES DU PSI

Il est intéressant de situer la production rizicole des 4 pays PSI par rapport à leur bilan céréalier global. Pour ce faire, l'exemple récent de bilan prévisionnel, établi par le CILSS (AGRHYMET/DIAPER) à l'issue de la campagne agricole pluviale de 1998, a été choisi (tableau 1).

**Tableau 1.** Exemple de bilan céréalier prévisionnel pour les quatre pays du CILSS concernés (campagne agricole 1998 -1999)

Rubrique	Pays			
	Mali	Mauritanie	Niger	Sénégal
Populations (millions d'habitants)	11	2.5	9.5	8.5
Production céréalière nette (milliers de tonnes)	1 990* (220 paddy irrigué) 1780 en moyenne sur 5 années antérieures	120 (70 paddy irrigué)	2 580* (70 paddy irrigué) 1755 en moyenne sur 5 années antérieures	810 (140 paddy irrigué)
Besoins céréaliers nets, (consommation et stocks prévus) (milliers de tonnes)	2 210	530	2 590	1 870
Taux couverture production/besoins (%)	90* * 81 % en moyenne sur 5 dernières années	23	99* * 68 % en moyenne sur 5 dernières années	43
Stocks initiaux (milliers de tonnes)	138	52	25	181
Importations et aides prévues pour 1999 (milliers tonnes)	85 (15 de riz)	270 (91 de riz)	200 (40 de riz)	770 (400 de riz)
Consommation indicative de riz par tête et par an (kilos)	33	40	17	75

Données sur les céréales, extraites du bulletin spécial d'AGRHYMET de novembre 1998 (CILSS/ DIAPER) ; les données sur le riz sont tirées de notre documentation et sont indicatives des 2 ou 3 dernières années. Il convient de préciser que les productions de la campagne 1998 étaient dans l'ensemble très représentatives de la moyenne des 5 dernières années, sauf au Niger où la production était en hausse de 47% et au Mali de 12%.

\* Production nette : production brute - 15% de pertes et semences, pour toutes les céréales. Pour le riz, le rendement à l'usinage varie selon les pays entre 55 et 70%.

Le tableau 1 met en évidence la situation critique de la Mauritanie dont la situation pluviométrique très défavorable (situation sahélienne et désertique) fait que la production céréalière nette ne couvre que moins du quart des besoins vivriers. La situation est préoccupante aussi au Sénégal dont les besoins vivriers ne sont couverts que pour moins de la moitié par la production locale. Au Mali, les besoins céréaliers sont couverts à 90% par la production essentiellement pluviale de sorgho, mil, maïs et riz, en raison des conditions pluviométriques favorables de la partie soudanienne du pays. Le bilan vivrier du Niger a été exceptionnellement bon en 1998, en raison d'une excellente production pluviale de mil. Compte tenu d'une partie soudanienne très réduite, les conditions pluviométriques y sont cependant plus aléatoires qu'au Mali et le recours à l'irrigation est vital.

### LES DIFFERENTS SYSTEMES RIZICOLES IRRIGUES

La riziculture irriguée se pratique surtout pendant la saison des pluies. Cette saison peut démarrer vers fin mai à l'est de la zone du PSI (Niger) et vers fin juillet à l'ouest (Sénégal et Mauritanie); elle se termine le plus souvent vers fin octobre. La culture peut aussi se faire en saison sèche chaude à partir de fin février. On peut ainsi distinguer les pays (Mauritanie, Sénégal et Mali) qui font essentiellement une seule culture annuelle (le plus souvent pendant la saison des pluies et moins souvent pendant la saison sèche chaude) et le Niger où se pratique la double culture annuelle sur les mêmes parcelles.

**Une seule culture de riz par an - motorisation importante (Mauritanie et Sénégal au niveau de la zone du delta du fleuve Sénégal).** En Mauritanie, le Trarza est la zone par excellence des périmètres privés (petits à moyens, souvent sommaires et de type endogène). Les grands périmètres collectifs, exogènes, dépassant 500 hectares, sont peu nombreux. Les petits périmètres villageois, collectifs, sont de même peu nombreux. Au Sénégal, dans le delta et la basse vallée, les grands et moyens périmètres sont nombreux. Ils sont de type exogène, collectifs, encadrés par la SAED et leur gestion est de plus en plus transférée aux groupements villageois. Les moyens et petits périmètres, sommairement aménagés, privés, de type endogène, y sont moins nombreux qu'en Mauritanie.

Le semis direct, à la volée, de paddy pré-germé est courant. La culture motorisée pour les travaux de préparation, pour la récolte et pour le battage, est très généralisée. La pré-irrigation qui permet de faire un bon travail du sol (offset) et de maîtriser plus facilement les herbes, est de plus en plus adoptée en Mauritanie, mais encore peu répandue au Sénégal. La prolifération du Typha, mais aussi des cypéracées pérennes et des riz sauvages, sont de graves problèmes. Le désherbage chimique est de plus en plus répandu pour des raisons de manque et de coût de main d'œuvre. Les problèmes de planage et de drainage sont nombreux et se répercutent sur l'enherbement. Pour ceux qui utilisent les prestataires de service, il est difficile de disposer à temps des moissonneuses batteuses, d'où des retards de récolte très préjudiciables. Les rendements habituels moyens sont voisins de 4 t/ha.

**Une seule culture de riz par an - culture atelée (au niveau de l'Office du Niger au Mali).** A l'Office du Niger (Kala inférieur et Macina), la riziculture est pratiquée principalement pendant la saison des pluies et elle est encore rare pendant la saison sèche chaude. Une forme originale mais encore limitée de double culture est à mentionner (2,5 % des surfaces dans la zone de Niono) avec du riz pendant la saison des pluies et une culture maraîchère pendant la saison sèche fraîche (échalote, tomate...). On utilise le plus souvent des variétés de cycle moyen, type BG 90-2. Couvrant autour de 60 % des surfaces, cette variété, sensible aux viroses, est en régression en faveur de la variété Kogoni 91-1, très appréciée des consommateurs et valorisée par un prix de vente supérieur. Les rendements moyens en paddy sont en moyenne de l'ordre de 5 t/ha.

Cette riziculture est surtout caractérisée par : i) une irrigation gravitaire avec une disponibilité permanente et un niveau de redevance relativement faible (48 000 Fcfa/ha) ; ii) la traction animale (bovine) qui permet d'effectuer les travaux du sol et d'utiliser une quantité non négligeable de fumure organique ; iii) des surfaces cultivées par exploitation familiale, relativement grandes, (5 hectares en moyenne avec 2 actifs par hectare) ; iv) un repiquage manuel systématique ; v) une utilisation générale du phosphore (DAP) et un apport modéré d'azote et vi) une grande diffusion des petites batteuses et décortiqueuses privées.

**Deux cultures de riz par an - culture attelée (au niveau des cuvettes du Niger).** Les périmètres rizicoles irrigués, petits et moyens, sont de conception moderne avec une bonne maîtrise de l'eau et la présence d'un réseau de drainage efficace. La double culture est pratiquée sur plus de 7 000 hectares et la culture de saison sèche est réalisée en saison froide. Le virus de la marbrure jaune est très présent, ce qui conduit progressivement à remplacer les variétés IR 15 29 et BG 90-2, qui occupent respectivement 65 et 25% des surfaces, par de nouvelles variétés. Les niveaux de rendement sont élevés et dépassent le 10 t/ha/an.

Cette riziculture est surtout caractérisée par : i) une préparation des parcelles en culture attelée et le reste des opérations culturales en manuel (semis des pépinières, repiquage, désherbage, récolte) ; ii) des surfaces attribuées qui sont de l'ordre d'un demi-hectare, l'objectif visé étant surtout l'autosuffisance alimentaire familiale ; iii) une main d'œuvre familiale abondante et disponible.

#### **LES COÛTS DE PRODUCTION ET LES REVENUS COMPARES SELON LES SYSTEMES DE RIZICULTURE**

Ils ont été établis à partir de nombreuses références bibliographiques et observations de terrains. Ils ne prétendent pas refléter entièrement la grande diversité des types de périmètres et de gestion existant dans chaque pays, mais plutôt de donner une idée de ce qui est le plus couramment observé et de ce qui correspond aux itinéraires techniques recommandés.

Les résultats sont résumés dans le tableau 2. Ils montrent des différences importantes entre les pays, particulièrement sur les coûts de production (hors main d'œuvre familiale et hors amortissement des infrastructures). Les coûts les moins élevés sont ceux du Mali, suivi par le Niger, par la Mauritanie et en dernier par le Sénégal. La prise en compte d'une rémunération de la main d'œuvre familiale réduit de façon très sensible les différences de coûts d'un système à l'autre.

C'est au Mali que le prix du paddy est le plus rémunérateur, suivi par la Mauritanie, puis par le Sénégal et enfin par le Niger. Si on tient compte des rendements moyens, les marges brutes de revenu à l'hectare les plus intéressantes sont, dans l'ordre décroissant, de 450 000 Fcfa au Mali (330 000 avec la rémunération de la main d'œuvre familiale), de 215 000 Fcfa au Niger (125 000 avec le coût de la main d'œuvre familiale), de 150 000 Fcfa en Mauritanie et de 130 000 Fcfa au Sénégal. Il faut relativiser cette analyse par unité de surface, car les impacts de ces performances économiques sont loin d'être les mêmes, selon qu'il s'agit de producteurs travaillant sur 0.5 ha, ou sur 5 ha, ou sur une vingtaine ou enfin sur 300 ha.

#### **LES ACTIVITES DE RECHERCHE CONDUITES ET LES RESULTATS**

Les activités du PSI sur les principaux systèmes rizicoles des pays ont été choisies pour actualiser les connaissances et amener les chercheurs et les développeurs au même niveau de perception des problèmes.

**Connaissance et compréhension des pratiques agricoles.** Les activités en vue d'une meilleure connaissance et compréhension des pratiques agricoles ont été importantes dans chaque pays. Elles se sont maintenues de façon continue au Sénégal (diagnostic permanent) notamment au niveau de l'analyse économique des systèmes de production (économie familiale, accès au crédit). Ces études ont pris de l'importance en fin de projet en Mauritanie.

**Sélection variétale.** Les producteurs attendent en général de la recherche qu'elle puisse mettre à leur disposition une gamme de variétés performantes répondant à leurs exigences. Il n'était pas dans le mandat du PSI d'introduire et de sélectionner de nouvelles variétés, mais il devait contribuer à faire connaître, diffuser et adopter de nouvelles variétés provenant des instituts de recherche internationaux (IRRI, ADRAO) et nationaux. Les travaux dans ce domaine ont été développés principalement au Mali et au Niger (contrainte du virus de la mosaïque jaune, contrainte de calendrier pour la double riziculture) et en Mauritanie (contraintes de qualité : usinage, cuisine, goût et contraintes de calendrier, de climat et de sol).

### **Amélioration des itinéraires techniques.**

Dans le cadre des itinéraires techniques, il importait de s'orienter vers une fertilisation plus efficace et moins coûteuse, surtout après le choc économique de la dévaluation du franc CFA. Le PSI a contribué à la prise de conscience de l'intérêt du phosphore sur les sols cultivés. Une grande importance pratique a été donnée aux modalités d'application de l'urée et surtout au respect des consignes d'épandage et des dates d'apport.

Les effets résiduels de la fertilisation chimique ont été étudiés au Mali dans le cadre de la double culture riz-échalote ou riz-tomate en vue d'économies possibles. De même, le problème de la volatilisation de l'azote a été abordé au Sénégal. Enfin le rôle de la matière organique a été démontré et a donné lieu à des opérations de vulgarisation de la technique du compostage (Mali, Mauritanie).

**Lutte contre les adventices.** Compte tenu du système de culture avec semis direct, les travaux sur la lutte contre les adventices et plus particulièrement sur le désherbage chimique, ont été très développés en Mauritanie (où la demande des producteurs est très pressante) et au Sénégal. Ce problème de la maîtrise des mauvaises herbes a été abordé d'une façon intégrée, en liaison avec la pratique de la pré-irrigation, avec le type de travail du sol, avec la qualité du planage et le drainage, avec les densités de semis, avec les modalités de fertilisation, etc... La prolifération très inquiétante du typha (Mauritanie et Sénégal) a justifié quelques travaux et surtout l'élaboration de projets de lutte.

**Mécanisation de la culture.** La demande est très forte sur les travaux de préparation des parcelles : planage, travail du sol, de récolte, de transformation post-récolte. Des actions ont été menées au Sénégal (analyse de la qualité du travail du sol, motorisation intermédiaire pour la récolte, le battage et le décortilage, en liaison avec l'IRD et l'ADRAO).

**Double riziculture annuelle.** Bien que la double riziculture annuelle soit encore très peu répandue dans tous les pays à l'exception du Niger, il convient de signaler les résultats très intéressants de la recherche du PSI-Sénégal (synthèse et travaux sur la faisabilité et l'adoption de cette pratique en milieu paysan). De même, la mise au point de systèmes de rotation entre le riz et les autres cultures a été abordée (cultures maraîchères du Mali, cultures fourragères et repousse de riz en Mauritanie...), en collaboration avec la composante de la diversification du PSI.

**Organisation des producteurs et des chantiers de travaux agricoles.** Même si le problème n'est pas encore bien perçu, ni la demande bien exprimée par les producteurs, les spécialistes du développement et de la recherche s'accordent pour identifier de très graves carences organisationnelles tant chez les producteurs collectifs que privés. Les travaux PSI conduits au Sénégal (et plus récemment en Mauritanie) sur une méthodologie d'intervention en milieu paysan, en vue d'améliorer l'organisation de la campagne agricole et notamment le respect du calendrier agricole et de l'itinéraire technique adopté, ont conduit à la conception d'un logiciel d'aide à la prévision et au suivi des opérations culturales (Cal-Cul).

**Systèmes de production rizicole.** Des enquêtes relatives aux systèmes de production rizicole et plus spécialement aux problèmes économiques de coût des intrants et de production en général, de revenus, d'accès au crédit etc... ont été faites dans chaque pays. De nombreux résultats concernent le Mali, le Niger, le Sénégal, et plus récemment la Mauritanie (AGETA, PSI...).

Tableau 2. Comparaison agro-économique des principaux itinéraires techniques proposés en riziculture irriguée dans les quatre pays PSI : Mali, Mauritanie, Niger et Sénégal (1999)

Rubriques		Pays			
		Mali Office du Niger	Mauritanie Trarza (gros privés)	Niger Cuvettes du fleuve	Sénégal delta, basse vallée
Préparation des parcelles : travail du sol, reprise du planage, mise en boue...	Option technique	Traction animale : lab., hers., puddl.	Motorisation : 1 lab. ou réamén./4ans 1 offsetage annuel	Traction animale : lab., hers., puddl.	Motorisation : 1 lab. ou réamén./4ans 1 offsetage annuel
	Coût/ha en cfa	5 000	42 000	16 000	32 000
	Objectifs conjoints R/D	En motorisation, mieux valoriser l'énergie, pour les opérations les plus utiles : amélioration du planage, offsetage en humide, en liaison avec une meilleure maîtrise de l'enherbement. Tirer parti des acquis maliens et nigériens en culture attelée et manuelle.			
Mise en place de la culture	Option technique	Pépinière et repiquage manuel	Semis direct (volée) de paddy prégermé	Pépinière, repiquage manuel (en ligne)	Semis direct (volée) de paddy prégermé
	Variétés et dose	BG 90-2, IR 15, R10... 50 kilos/ha	Jaya, TN1, Sahel 202, 108...120 k/ha	IR 1529, BG 90-2, Wita 8 et 9:50 k/ha	Jaya, Sahel 108, IR8,IR15: 120k/ha
	Coût/ha en cfa	17 000 (voir MO)	26 000	10 000 (voir MO)	28 000
	Objectifs conjoints R/D	Variétés à potentiel de rendement plus élevé et à meilleures caractéristiques / verse, égrenage, décortiquage, cuisson et goût; durées de cycle, tolérance au froid et fortes températures, mieux adaptées au calendrier cultural; tolérance à la mosaïque jaune.			
Fertilisation	Option technique	200 kilo. urée/ha 100 kilo. DAP/ha x fumier ; 110-46-0	250 kilo. urée/ha 100 kilo.TSP / ha (subv.) ; 115-45-0	Nombreuses formes à base urée, NPK, P nat ; 137-45-45	200 kilos urées/ha 100 kilo DAP/ha 110- 46-0
	Coût/ha en cfa	80 000	48 000	110 000	54 000
	Objectifs	Serrer la dose économiquement rentable; mieux valoriser les apports (dates optimales, modalités d'apport : limiter les pertes); engrais naturels, compost, fumier, effets résiduels; systèmes de rotation. Correction des carences (niveau de dégradation des sols irrigués)			
Contrôle de l'enherbement	Option technique	Mécanique(lab.,hers. puddl.) et manuel	Chimique (11,2,4D-4LP) et mécanique pré-irrig. + offset	Mécanique(lab.,hers. puddl.) et manuel	Chimique (21,2,4D et 8 l. Propanil)
	Coût/ha en cfa	voir main d'œuvre	20 000	voir main d'œuvre	40 000
	Objectifs	Raisonnement système de culture et lutte intégrée : combiner irrigation, travail du sol, traitement chimique et syst. rotation; économiser les produits : les doser en fonction de la nature et densité enherbement; appareils de traitement plus performants; produits à égoutter; formation agents de traitement.			
Conduite irrigation à sec et drainage	Mode	Gravitaire	Pompage (privé)	Pompage (collectif)	Pompage (collectif)
	Redevance coût/ha	43 000	42 000	65 000	65 000
	Objectifs	Améliorer l'organisation des tours d'eau, réduire les pertes d'eau (réseau, parcelle); pompes plus performantes, mieux dimensionnées; à sec avant récolte plus précoce. Choix des sols les moins perméables.			
Main d'œuvre salariée	Coût/ha	24 000	46 000	80 000	20 000
	Objectifs	Rechercher les itinéraires techniques économes en MO : semis direct, désherbage mécanique ou chimique, récolte, battage mécaniques... culture attelée, motorisation intermédiaire			
Récolte, opérations post-récolte	Récolte	Manuelle (voir MO)	Moissonneuse batteuse	Manuelle (voir MO)	Moissonneuse batteuse
	Coût (moiss.) battage	50 000	80 000	voir main d'œuvre	100 000
	Objectifs	Récolter à terme (organisation chantiers moissonneuse batteuse, entretien m.b...); développer pour les collectifs l'équipement en batt. type Votex, ASI...décortiqueuses; cesser irrigations assez tôt avant récolte. Petits producteurs : récolter manuellement plutôt qu'attendre en vain moissonneuse batteuse.			
Frais financiers	7 000	8 000	4 000	14 000	
Total des charges	226 000	312 000	285 000	353 000	
Rendement moyen paddy en t/ha	5 (entre 2.5 et 7)	4.1 (entre 2 et 6)	5 (entre 4 et 6)	4.4 (entre 3.8 et 5)	
Prix de revient du paddy en cfa/kilo	45	76	57	80	
Prix de vente du kilo de paddy	120 à 150	100 à 125	100 (fin 94)	110	
Production minimale couvrant les charges en t/ha	1,7	2,8	2,8	3,2	

## RESUMES DES COMMUNICATIONS PRESENTEES AU SEMINAIRE DE SYNTHESE

**A. O. Ngam (PSI-RIM) :** « **Problématique variétale et filières semencières dans les pays du Pôle Systèmes Irrigués** ». Les recherches variétales sur le riz dans les pays du PSI sont anciennes et remontent à l'époque coloniale. Malgré l'évolution récente de ces recherches, le paysage variétal reste assez pauvre. L'évolution de la recherche variétale s'est accompagnée de celle des filières semencières pour promouvoir les nouvelles variétés de riz de qualité au niveau du développement. La demande d'un matériel végétal performant est forte et continue.

**P. Marnotte (CIRAD) :** « **Les acquis de la recherche sur le désherbage du riz** ». La lutte contre l'enherbement, contrainte majeure de la riziculture irriguée des vallées des fleuves Sénégal et Niger, nécessite une main d'œuvre importante pour les sarclages ou l'emploi d'herbicides (2,4-D + Propanyl). Les expérimentations conduites dans le cadre du PSI conduisent à l'élargissement de la gamme des produits vulgarisables et à la mise au point de techniques de gestion des mauvaises herbes, en particulier avec la pré-irrigation. Il reste de nombreuses améliorations à apporter à la mise en œuvre des techniques de désherbage, notamment pour les applications d'herbicides, ce qui justifie un effort de vulgarisation accru et soutenu.

**S. Diallo (PSI-Sénégal) :** « **Le rôle des pratiques culturales dans la gestion des adventices en riziculture irriguée** ». L'enherbement des parcelles cultivées en riz est étroitement lié aux systèmes de culture et aux itinéraires culturaux mis en œuvre au niveau de la culture du riz. A partir des nombreuses enquêtes qui ont été effectuées en Mauritanie et au Sénégal par les équipes du PSI, l'auteur essaie de faire une liaison qualitative et quantitative entre les techniques culturales pratiquées et l'état de l'enherbement (espèces d'adventices et importance de la prolifération).

**D. Guindo (PSI-Mali) :** « **Gestion paysanne de la fertilité des sols** ». Les rendements à l'Office du Niger depuis 1995, sont en nette progression dans toutes les zones de production, suite aux différents changements qui sont intervenus. La zone du Macina se singularise par une baisse de la productivité dans certains secteurs même réhabilités. Dans ces secteurs, des superficies importantes sont abandonnées pour baisse de fertilité. Les raisons étant multiples, une étude a été conduite pour préciser l'impact des modes de gestion sur la fertilité des sols dans 5 villages du Macina. Il ressort que la variabilité de la gestion de la fertilité des sols et les difficultés économiques et organisationnelles (accès aux intrants et aux matériels) constituent les goulots d'étranglement pour l'intensification du système.

**T. Diouf (PSI-Sénégal) :** « **Les itinéraires techniques pour une double culture du riz dans la vallée du fleuve Sénégal** ». La double culture du riz est techniquement possible et peut être économiquement rentable dans la vallée du fleuve sénégal. Les rendements annuels moyens obtenus en milieu paysan peuvent dépasser largement les 10 tonnes de paddy/ha/an. Il existe donc des marges importantes de progrès. La professionnalisation des producteurs pour la production d'un riz de qualité, la maîtrise des techniques culturales, l'accès à un crédit agricole sur l'ensemble de l'année et des prix plus incitatifs, sont parmi les conditions les plus importantes à réunir pour assurer le succès de la double culture.

**J.C. Poussin (IRD) :** « **Un outil pour construire un calendrier prévisionnel du riz irrigué au Sahel** ». Le non respect du calendrier cultural explique en partie les mauvaises performances des systèmes rizicoles irrigués. Pour tenter de lever cette contrainte, nous proposons un outil permettant de construire un calendrier cultural prévisionnel du riz irrigué à l'échelle d'un aménagement ou d'un secteur d'aménagement. Cet outil utilise un modèle de simulation du développement du riz irrigué au Sahel et des règles pour le calage des interventions culturales. Le respect de ce calendrier permet une meilleure efficacité des intrants et une économie d'eau à l'échelle de l'aménagement.

**B. Tandia (PSI-RIM) :** « **Les filières post récoltes du riz irrigué** ». Marquées par une forte intervention de l'État jusqu'au milieu des années 80, les filières rizicoles ont connu une grande mutation, d'une part avec les politiques de libéralisation et d'autre part, avec la dévaluation du franc cfa qui a suivi. L'analyse de ces filières permet de comprendre les relations entre les acteurs qui contribuent à la production du riz, à sa transformation et à sa distribution. Cette communication retrace l'évolution des politiques rizicoles, les circuits et les revenus issues des transformations, la commercialisation du paddy et du riz ainsi que la compétitivité du riz local par rapport aux riz importés.

## LA COMPOSANTE REGIONALE DE RECHERCHE « DIVERSIFICATION DES SYSTEMES DE CULTURES IRRIGUES »

d'après une synthèse régionale  
de Philippe Godon

### LES PRINCIPALES DYNAMIQUES DES PRODUCTIONS DE DIVERSIFICATION DANS LA ZONE D'INTERVENTION DU PSI

Les premiers aménagements créés par la puissance publique à la fin des années trente, visaient l'amélioration de la balance commerciale des pays : accroître les exportations de coton au Mali, réduire les importations de riz au Sénégal. La dynamique ne provenait pas des agriculteurs mais de planificateurs soucieux d'une autonomie en produits agricoles stratégiques. Il ne s'agissait pas d'accompagner l'évolution des systèmes agricoles paysans mais de créer, à côté des systèmes d'élevage existants, de nouvelles exploitations sur un modèle étranger, avec des agriculteurs immigrés. Les aménagistes voient alors dans les « colons » installés, les ouvriers d'un outil, d'une entreprise et, en aucun cas, les cultivateurs de parcelles irriguées ayant leur propre stratégie. Le colonat au Mali, les agro-industries puis à la fin des années 1950, le colonat au Sénégal, évoluent dans un contexte normé, simplifié, produisant uniquement du coton et du riz.

Depuis une vingtaine d'années, la transition d'une économie agricole administrée vers une économie libérale, s'est traduit par de fortes modifications de l'environnement socio-économique. Les producteurs des périmètres irrigués doivent s'adapter. La période est caractérisée par la libéralisation des prix, le désengagement de l'État, la privatisation et la responsabilisation des acteurs. La dévaluation du Franc cfa en 1994 fragilise encore les filières menacées au Sénégal et au Niger mais consolide la dynamique malienne.

Pour nombre d'agriculteurs de la région, le défi peut être relevé de deux manières : par l'augmentation des productions rizicoles (intensification et multiplication des cycles culturels annuels) et par la diversification des revenus de l'exploitation.

**L'intensification.** Dans un marché ouvert, l'amélioration des revenus de l'exploitation dépend davantage de l'augmentation des productions que du niveau des prix. La majorité des auteurs appelle intensification, l'augmentation des rapports où le facteur terre constitue le dénominateur : production/ha, engrais/ha. L'intensification des cultures est définie comme l'augmentation des dépenses monétaires en intrants par unité de surface. Pour d'autres auteurs, l'intensification est la recherche d'une amélioration durable de la productivité des systèmes à travers la valorisation des ressources. J. C. Poussin pour le riz et H. David-Benz pour la tomate, ont montré qu'il n'existe pas de relations entre coûts et rendements. L'amélioration de la productivité passe par l'amélioration de la qualité du travail. La préoccupation de l'intensification concerne surtout les aménagistes et leurs financiers. Les agronomes soulignent l'importance que les paysans attachent à la productivité de leur travail. Là où la terre est rare, comme dans les deltas asiatiques, la vision des paysans rejoint celle des aménagistes, là où la terre est abondante, la force de travail devient le facteur limitant. Tant que l'espace est disponible, les logiques extensives sont les plus performantes, les plus courantes. L'intensification, avec les risques financiers qu'elle fait prendre, n'intéresse généralement pas les agriculteurs. La riziculture des terrasses du Niger, caractérisée par deux cycles annuels, la traction bovine, des entretiens manuels, est plutôt intensive, alors que la riziculture mécanisée, caractérisée par un cycle unique du Trarza, est plus extensive.

Les mises en service des barrages de Sélingué en 1982, celle de Diama en 1986 et de Manantali en 1988, ont permis le développement de la double culture annuelle et ouvert la voie à l'intensification. A l'Office, les projets Arpon puis Retail (1986) ont lié la réhabilitation à la semi-intensification puis à l'intensification avec le repiquage et la double culture partielle. A la même époque, les aménagements du département de Podor au Sénégal attribuent à chaque exploitant des surfaces irriguées réduites. Le repiquage et l'intensification se développent. Le processus d'intensification s'inscrit dans le long terme.

L'usage accru du capital (engrais, semences, produits phytosanitaires...) se traduit par une élévation de la productivité partielle du travail. Lentement, le capital se substitue au travail. L'intensification d'une unité de production, ne se distingue pas de la notion de substitution des facteurs de production. Ce n'est qu'au terme de ce lent processus de spécialisation et d'intensification, que la diversification peut devenir une stratégie alternative.

La diversification. La diversification n'est pas une idée neuve. Elle est inscrite dans toutes les économies paysannes africaines. Elle constitue la réponse majeure des agriculteurs face aux risques agricoles et à ceux du marché. Dans les périmètres irrigués, la diversification acquiert un tout autre statut. Elle s'accommode mal de la gestion collective de l'irrigation et des sols lourds aménagés pour la riziculture. Les marchés, peu structurés et étroits, sont fluctuants et souvent spéculatifs.

Cependant, là où les sols sont favorables, là où la riziculture irriguée s'insère dans des systèmes polycoles préexistants, les cultures de diversification permettent de valoriser la main d'œuvre durant la saison sèche et de faciliter la gestion de la trésorerie de l'exploitant. Ces cultures de diversification constituent alors des cultures à risques, permettant des revenus monétaires supérieurs à ceux du riz mais pouvant aussi entraîner de lourdes pertes financières, c'est le cas de la culture de l'oignon dans la vallée du Sénégal.

La recherche s'est traditionnellement plus intéressée à la diversité qu'à la diversification. Elle étudie les différences induites par les initiatives individuelles dans les entités normées, créées par les sociétés de développement. Elle souligne la diversité des situations concrètes. Par contre, dans les institutions en charge du développement, cette diversité est souvent sous-estimée. Les sociétés de développement (Saed, Office du Niger) mettent l'accent sur la diversification des productions avec une structuration par produit : tomate, échalote, maïs... Face au contexte socio-économique global, les réponses des agriculteurs ne peuvent qu'être diverses, adaptées aux structures et à l'âge des exploitations possédées. Elles ne peuvent être que collectives face aux marchés et structurées dans les filières de production.

## LA PLACE DES PRODUITS DE DIVERSIFICATION

L'oignon et l'échalote sont, dans les quatre pays de la zone PSI, les principales cultures de diversification. Plus périssables que le riz et le sucre, ils se conservent et se transportent mieux que les autres produits maraîchers. Pour que la tomate atteigne des surfaces importantes, une unité de transformation du fruit est nécessaire. L'arrêt de l'usine au Mali a entraîné la quasi-disparition des cultures de tomate à l'Office du Niger. Le poivron au Niger doit être transformé, séché, pour atteindre une surface notable. Chaque pays de la zone consacre dans de grands périmètres, 400 à 500 hectares irrigués pour des cultures maraîchères diverses qui contribuent à l'approvisionnement des marchés locaux.

Les céréales autres que le riz possèdent un statut différent. Elles participent faiblement au marché régional mais demeurent les témoins d'un passé où le riz ne constituait pas la céréale de base. Souvent très peu intensifiées, ces cultures transposent dans les casiers irrigués, des itinéraires techniques adaptés aux cultures de décrue (Mauritanie et Sénégal) ou aux cultures d'oasis (Niger). Le développement de l'élevage hors sol peut renouveler leur statut.

L'aménagement de périmètres irrigués dans les zones de pâturage traditionnel a profondément modifié les pratiques d'élevage. En développant un marché local pour la viande et le lait, les migrants ont participé à la monétarisation des activités d'élevage puis à leur «intensification».

Bousculées par les évolutions macro-économiques, transformées par les investissements et les désinvestissements agro-industriels, les productions de diversification sont en constante évolution. Elles ont un rôle central dans la recherche des agriculteurs pour minimiser les risques et les efforts tout en recherchant des revenus monétaires. Elles confèrent ainsi une marge de manœuvre vis à vis de la production rizicole en profonde mutation.

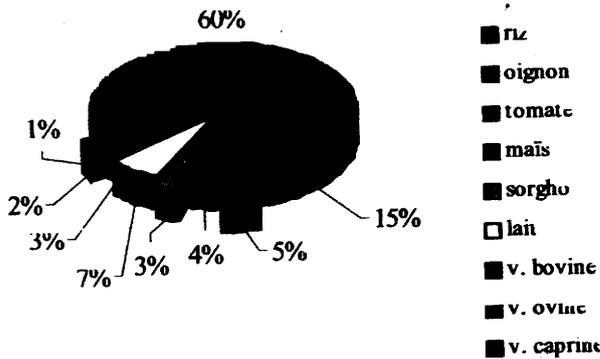
## IMPACT ECONOMIQUE DE LA DIVERSIFICATION

Les productions de diversification dans les périmètres irrigués sont particulièrement développées au Sénégal, en Mauritanie et au Mali. L'option double culture annuelle de riz, le long des terrasses du Niger fait peu de place aux productions de diversification qui sont concentrées sur des périmètres spécialisés (Tillabéry) ou sur des casiers périphériques des aménagements rizi-coles. Au Niger, ces productions économiquement très importantes sont le plus souvent irriguées à partir de puits sur des aménagements privés. Au Sénégal et au Mali, les filières lait et l'approvisionnement des centres urbains en produits maraîchers ont fait l'objet d'études particulières. Les recherches conduites sur ces sujets devraient être étendues aux autres pays de la zone PSI lors d'une seconde phase.

Sur la rive gauche du fleuve Sénégal, les surfaces en riz, maïs, tomate et sorgho sont actuellement stabilisées. Depuis 1989-90, les surfaces en oignon augmentent rapidement et atteignent 2 800 ha. L'oignon est devenu en surface et en valeur, la première culture de diversification. Les emblavements en maïs, sorgho et tomate sont stables, autour de 1 500 ha chacun. Dans le delta du Sénégal, l'agriculture irriguée et l'élevage poursuivent leur intégration. Alors que les pâturages de décrue sont réduits, les points d'abreuvement modifiés ou supprimés, la production laitière progresse.

Le chiffre d'affaires des productions irriguées de diversification, sur la rive gauche du fleuve Sénégal, représente 48% de celui du paddy. Le revenu brut, issu des cultures de diversification et des élevages liés à l'irrigation, est égal aux deux tiers de celui du riz. A elles seules, les cultures de diversification, emblavées sur quatre fois moins de surface que le riz, apportent un revenu brut égal à 44% de celui du riz.

### Revenu brut agricole irrigué, rive gauche du Sénégal, estimations 98/99



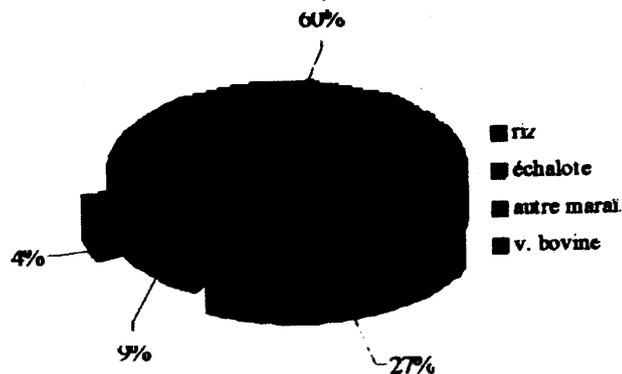
Ces productions de diversification sont pour la plupart vendues. Seuls le maïs et le sorgho connaissent, comme le riz, une part importante d'autoconsommation.

Dans le delta du Niger, les surfaces en riz augmentent de 5 000 ha en 3 ans soit 11%. A partir de la campagne 1995-1996, la dynamique de développement des cultures de diversification s'accélère, les surfaces croissent de près de 30% par an. Le maraîchage acquiert 1 500 ha, soit une croissance de 173% en trois ans.

Les surfaces en oignon augmentent de 500 ha en deux ans puis de 1 000 ha en 1997/98. Cette variation rapide se fait au détriment des autres cultures de diversification qui perdent 500 ha.

Les périmètres spécialisés ne suffisent plus, le maraîchage entre en rotation avec le riz. Dans l'ensemble du Kala inférieur, le revenu brut des cultures de diversification et de la viande bovine est supérieur aux deux tiers du revenu brut du paddy.

### Revenu brut agricole irrigué, Mali Kala inférieur, estimations 97/98



## LES CONDITIONS DE PRODUCTIONS DES CULTURES DE DIVERSIFICATION

**Une diversification contraignante sur la rive gauche du Sénégal.** La diversification des productions s'inscrit dans la diversité de l'espace aménagé. Dans le département de Dagana, le riz couvre 93% des surfaces irriguées, dans le département de Podor il est emblavé sur 60% des surfaces, 48% à Matam et 44% à Bakel. En contre partie, le sorgho est cultivé respectivement sur 0%, 4%, 33% et 36% des surfaces. Les agriculteurs cherchent actuellement à étendre les surfaces en oignon et en tomate dans les casiers rizicoles mieux planés et aux réseaux hydrauliques plus efficaces. Tant que la terre est disponible en abondance, tant que le prix de l'eau reste faible, les logiques extensives demeurent les plus performantes.

Les productions de riz et de tomate font largement appel au crédit. Jusqu'à présent, les cultures d'oignon, de maïs et de sorgho ne trouvent pas de financement à la Caisse nationale de crédit agricole. Cependant, on constate l'émergence d'un groupe d'exploitations suffisamment importantes pour autofinancer tout ou partie de la campagne.

Les cultures de diversification sont situées dans des zones de forte émigration. Les exploitations ont à leur tête des chefs âgés : 62 ans en moyenne à Matam, 53 à 58 ans à Podor contre 45 à 55 dans le Dagana. Il se produit une « crise d'autorité » durant laquelle le dynamisme de la population active s'exprime par l'émigration. La production agricole trouve alors ses limites dans le suremploi des femmes et des quelques jeunes restés à la terre.

Nombreuses sont les productions de diversification. Il y a là une possibilité de réponse rapide aux demandes du marché et une relative stabilité du revenu des agriculteurs. La diversité rend plus difficile la mise en œuvre des campagnes et la mise en marché de volumes suffisants pour initier un flux de commercialisation.

Les circuits de commercialisation des produits de diversification sont souvent indigents. Seule la tomate industrielle bénéficie à la fois d'un débouché et d'un prix garanti. Une structuration de la filière maïs émerge sur l'initiative de la Saed, des provendiers de Dakar et des producteurs de Podor.

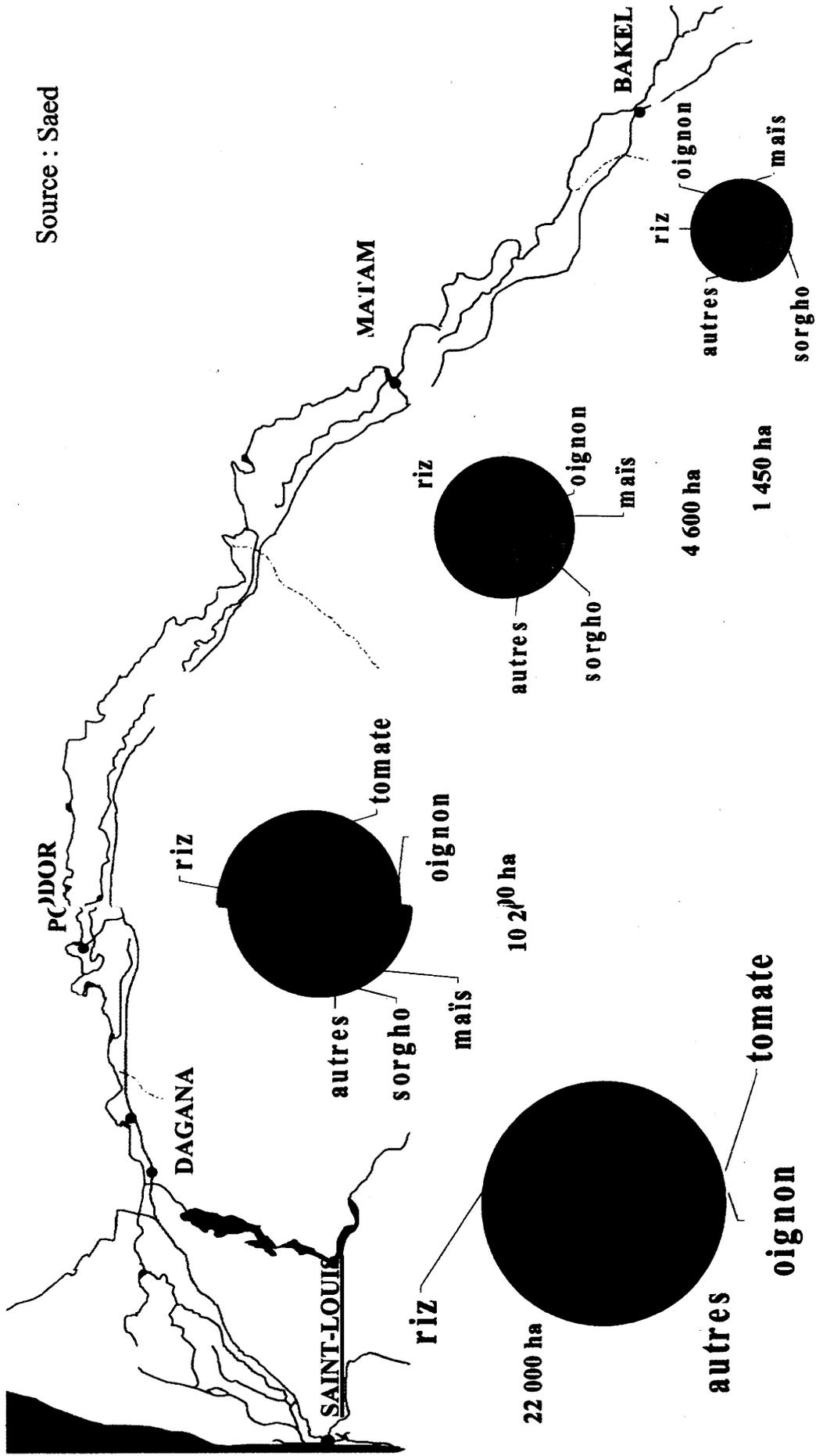
La filière lait en Mauritanie est constituée autour d'une laiterie industrielle. Cette filière semble favoriser l'apparition d'élevages laitiers intensifs. L'absence d'une telle entreprise au Sénégal permet seulement la commercialisation d'un lait artisanal provenant souvent d'élevages extensifs.

**Une diversification intégrée dans le delta central du Niger.** Après l'arrêt des cultures de la tomate industrielle, l'échalote couvre 85% des surfaces en cultures, autres que le riz et la canne à sucre, du Kala inférieur et 88% dans l'ensemble de la zone de l'Office. Les périmètres maraîchers n'offrent plus les surfaces suffisantes. L'échalote entre en rotation avec le riz. Dans la zone de Niono, près de la moitié des planches d'échalotes sont cultivées sur des parcelles de riz. En moyenne, dans l'ensemble des périmètres de l'Office, 39% des superficies en échalote sont en rotation avec le riz. Les circuits de commercialisation se sont mis en place depuis la libéralisation du commerce du riz en 1987. Les 27 000 tonnes d'échalotes produites à l'Office s'ajoutent aux 30 000 tonnes du plateau Dogon et de Sikasso pour alimenter le marché national et un flux important vers Abidjan.

L'éclatement des familles lié à leur élargissement naturel et la volonté de chaque travailleur adulte de produire ses propres ressources monétaires, a conduit en huit ans (de 1989 à 1997), à accroître le nombre d'exploitations de 10 000 à 15 400 et la surface irriguée par famille s'est réduite de 4,4 ha à 3,2 ha. Mieux que la double riziculture annuelle, les cultures de diversification permettent l'augmentation des ressources monétaires des petites exploitations et apportent un revenu à ceux qui ne possèdent pas de terre. L'innovation principale vient de la facilité avec laquelle les femmes et les jeunes peuvent accéder au foncier. La « taxe hydraulique » qui est due chaque année, que la parcelle soit cultivée ou non, encourage les cultures et pénalise la mise en jachère.

L'utilisation dans le Kala inférieur, de près de vingt mille bœufs de labour favorise le développement de l'agro-élevage qui trouve une épargne à rentabilité supérieure à 10% l'an. L'appropriation au niveau individuel, des bœufs d'attelage et de la charrie, rend le producteur indépendant pour le travail du sol et le transport du fumier, facilitant et permettant ainsi la mise en culture sans recours au crédit.

Source : Saed



## RESUMES DES COMMUNICATIONS PRESENTEES AU SEMINAIRE DE SYNTHESE

**X. Le Roy et J.M. Sourisseau (PSI-Sénégal) « Diversification des cultures et des revenus dans la vallée du Sénégal et à l'Office du Niger ».** Ces recherches sont conduites dans trois zones écologiquement et sociologiquement différentes : le delta central du Niger au Mali, le delta du Sénégal et la région de Podor au Sénégal.

**H. David et D. Bâ : « L'oignon dans la vallée du fleuve Sénégal. Une filière en émergence ».** Sans intervention directe de l'Etat dans la filière, l'oignon connaît depuis le milieu des années 90 une croissance très rapide dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal (de 500 ha avant 1995 à plus de 2 900 ha en 1999). L'arrivée massive de la production en 1999 a rapidement saturé le marché. Une tentative de régulation de la commercialisation a été initiée par le Comité de la filière nouvellement mis en place, elle n'a pas permis de redresser durablement les prix. Les résultats économiques des producteurs sont ainsi fortement liés aux dates de récolte. L'oignon de la vallée est compétitif par rapport à l'oignon importé en terme de prix. Pour augmenter sa part de marché, les efforts doivent porter sur l'étalement de la conservation par le stockage et sur une amélioration de la qualité.

**J. Huat et H. David : « La tomate d'industrie du Sénégal : performances de la production et enjeux pour la filière ».** Culture industrielle déjà ancienne, la tomate a quasiment disparu au Mali. Au Sénégal, son manque de dynamisme questionne le transformateur et les structures de développement. L'analyse de la filière tomate est réalisée en collaboration avec la Saed-Dpdr pour les aspects de production (technico-économiques et sanitaires) et les aspects de la mise en marché (commercialisation et organisation de la collecte).

**Y. Doumbia et Y. Koné : « Cultures de diversification sur les soles rizicoles de l'Office du Niger : un support à la riziculture irriguée ».** Dans la région de Niono, deux cultures dominent le maraîchage, l'échalote et dans une moindre mesure, la tomate. Ces deux cultures sont de plus en plus produites dans les casiers rizicoles durant la contre-saison sèche. De meilleure rentabilité que le riz de contre-saison, les cultures maraîchères sur lesquelles du fumier est apporté, permettent la libération précoce de la parcelle et la réduction des doses d'engrais chimique pour le riz suivant. À l'intérêt financier du maraîchage s'ajoute un double intérêt agronomique : amendement du sol et assouplissement du calendrier agricole.

**D. Bâ, P. Godon, J. Huat, M. Nguer, O. NGam et S.O. RChid : « Synthèse des travaux de recherche et développement des nouveaux produits ».** Le niébé (*Vigna unguiculata*) est traditionnellement cultivé le long du fleuve. Il entre peu à peu dans les parcelles irriguées et est alors destiné à la commercialisation. Son implantation peut se faire directement dans les chaumes de riz. L'ail est aussi une culture possible qui ne requiert pas un travail du sol après la récolte du riz. Sa culture intéresse les agriculteurs de Mauritanie et du Sénégal. La pomme de terre se développe lentement en Mauritanie, au Mali et au Sénégal. L'échalote largement produite au Mali possède un débouché attractif pour les agriculteurs sénégalais. Pour ces deux dernières espèces, l'identification des variétés adaptées aux agro-écologies est en cours. Au Sénégal et en Mauritanie, l'arachide cultivée en irriguée attire de plus en plus d'agriculteurs soucieux de produire une arachide fraîche pour approvisionner le marché local. Au Sénégal, un plan national envisage de fournir ainsi un courant d'exportation d'arachide de bouche de qualité. Certains producteurs sénégalais cherchent à produire du maïs pour fournir les usines d'aliments pour le bétail de Dakar. Le cours du maïs-fourrage est relativement bas. Une intensification de la culture est recherchée pour faire baisser les coûts unitaires. La fruiticulture est peu développée dans la vallée du Sénégal. Les espèces et les variétés sont encore peu nombreuses. Dans le souci de participer au développement, le PSI met à la disposition des agriculteurs d'autres espèces et d'autres variétés. Des associations culturales, des pratiques simples de gestion des vergers et d'irrigation sont testées et proposées aux services de vulgarisation.

**C. Corniaux, J. Le Mercier, M. Salem, A. T. Dia et Al Hadj Yaddé : « Production de lait de vache dans le Delta du fleuve Sénégal : une réelle activité de diversification en systèmes irrigués ? ».** Il apparaît que la production laitière est une véritable activité de diversification qui devient économiquement importante en rive droite et en devenir en rive gauche. L'élevage mauritanien semble se diriger vers une intensification croissante alors que l'élevage plus extensif du Sénégal possède toujours des atouts intéressants.

## LA COMPOSANTE REGIONALE DE RECHERCHE « GESTION TECHNIQUE - ORGANISATION SOCIALE ET FONCIERE DE L'IRRIGATION »

d'après une synthèse régionale  
de Jean Claude Legoupil

Le contexte socio-économique de l'Afrique subsaharienne est marqué depuis quelques années par une libéralisation des marchés et un désengagement de l'Etat. En ce qui concerne le développement rural en général et le développement de l'agriculture irriguée en particulier, ce désengagement de l'Etat des secteurs de production devait théoriquement conduire à l'émergence de nouveaux acteurs et se traduire par un transfert progressif de la gestion des périmètres irrigués aux producteurs. Dans la réalité, beaucoup des fonctions de services assurées par l'Etat, telles que le conseil aux producteurs, l'appui à la gestion et à l'entretien des aménagements... n'ont pas trouvé le relais attendu dans le secteur privé. C'est donc, dans un environnement socio-économique plus difficile et plus fragile, que les organisations paysannes ont été brutalement confrontées aux responsabilités de gestion.

La nécessité d'une gestion plus performante et les exigences de durabilité impliquent une gestion globale des systèmes irrigués. En effet, la gestion communautaire de la ressource en eau mobilisable doit intégrer les besoins de tous les usagers et préserver l'équilibre déjà fragile, des écosystèmes de l'environnement irrigué. De plus, les aménagements hydro-agricoles sont situés dans un espace faisant l'objet d'usages diversifiés qui interfèrent avec leur exploitation. Leur fonctionnement et leur gestion ne sauraient être efficace et durable sans une prise en compte des modalités d'occupation et de gestion de l'espace à l'échelle locale.

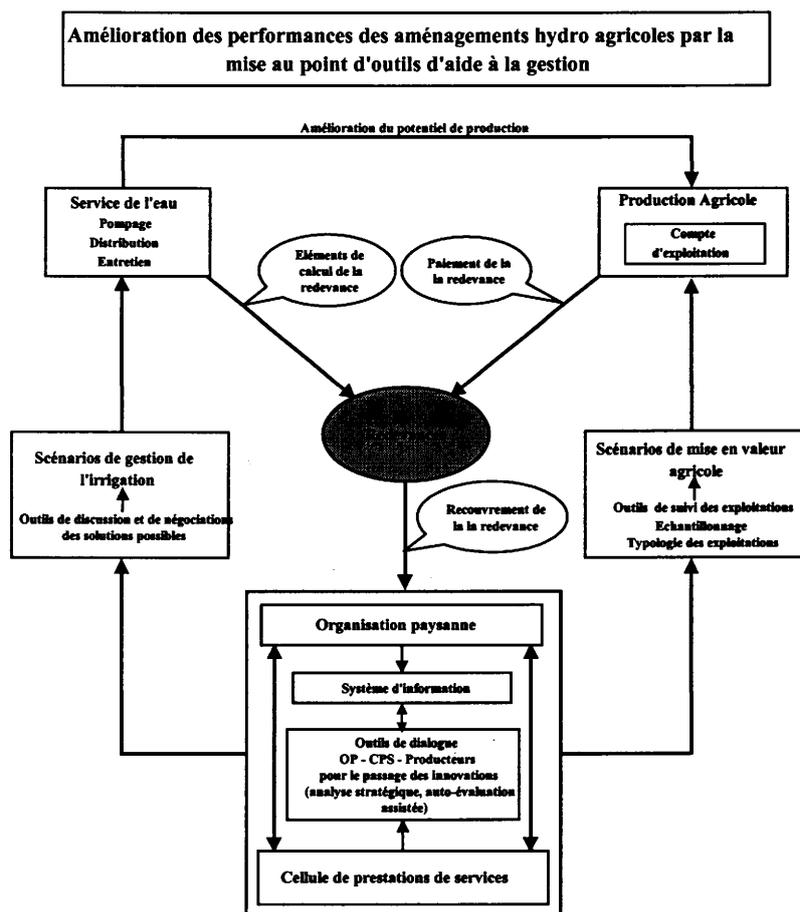
Cette gestion réclame des compétences dont ne disposent pas actuellement les gestionnaires. Il apparaît que l'amélioration de la gestion des aménagements hydro-agricoles nécessite une professionnalisation des gestionnaires. Cette professionnalisation peut résulter d'une formation des gestionnaires actuels lorsque ceux-ci disposent d'une formation de base suffisante. Elle peut aussi s'effectuer par le biais de l'émergence de cellules de prestations de service (CPS) ou de petits bureaux d'études de droit privé assurant un ensemble d'interventions pour un groupe de périmètres.

Pour accompagner cette dynamique de professionnalisation de la gestion des aménagements hydro-agricoles, le Pôle régional de recherches sur les Systèmes Irrigués (PSI) s'est donné comme objectifs : i) de mettre au point avec les acteurs des outils d'aide à la gestion ; ii) de tester et de valider ces outils en conditions réelles et iii) d'accompagner les Cellules de prestations de Services (CPS) ou les petits bureaux d'études privés dans l'utilisation de ces outils.

### L'OBJECTIF DU PSI D'AMELIORER LES PERFORMANCES DES PERIMETRES IRRIGUES EN ACCOMPAGNANT LES ORGANISATIONS PAYSANNES DANS LEUR GESTION

Pour stabiliser le processus de transfert et garantir la viabilité de la filière irrigation, les organisations paysannes ont besoin d'appui (conseils techniques en gestion, en organisation, en commercialisation). L'intervention de la recherche est nécessaire pour mettre au point dans ce contexte, des outils d'aide à la gestion. Il s'agit de trouver une alternative opérationnelle au conseil qui, à l'heure actuelle, est essentiellement basé sur des références théoriques d'exploitation, de maintenance et de gestion, tant sur le plan technique que financier.

Le fonctionnement d'un aménagement hydro-agricole est structuré autour des fonctions de gestion exercées par les différents acteurs assurant l'exploitation du périmètre, des flux de ressources transitant d'une fonction ou d'un acteur à l'autre et des processus de décision pour assurer le pilotage de ces fonctions et de ces flux.



On rencontre au sein d'un aménagement hydro-agricole les fonctions suivantes :

- **La fonction hydraulique** dans laquelle on distingue les activités liées à la mobilisation de la ressource en eau (station de pompage), à l'exploitation des réseaux (distribution de l'eau) et à la maintenance des infrastructures.
- **La fonction production agricole** valorisant l'eau pompée et distribuée à travers la gestion des systèmes de culture.
- **La fonction financière** comprenant : (i) l'évaluation des coûts hydrauliques et de leur facturation, (ii) la gestion budgétaire et comptable et enfin (iii) la gestion de la trésorerie.

Chacune de ces fonctions est l'objet d'interactions plus ou moins antagoniques. La viabilité des périmètres irrigués dépend de la résolution des interactions entre les fonctions et la coordination des acteurs qui les exécutent.

## LE DEVELOPPEMENT D'OUTILS D'AIDE A LA GESTION

En terme de méthodologie, le développement des outils d'aide à la décision pour la gestion nécessite :

1. La reconstitution des données de bases nécessaires à la gestion « rationnelle » d'un aménagement.
2. La conception d'un système d'information permettant la collecte, le traitement, l'archivage et la représentation des caractéristiques physiques et des performances techniques et économiques des aménagements. Il intègre les informations explicatives des résultats obtenus : état des réseaux et des équipements, compte d'exploitation des organisations paysannes, endettement, activités de transformation, itinéraires techniques, mobilisation foncière...
3. L'élaboration à partir du système d'information mis en place, d'outils permettant au gestionnaire du périmètre d'évaluer les conséquences de scénarios d'exploitation du périmètre envisagés par les producteurs sur : i) l'efficacité des irrigations ; ii) le calendrier de réalisation des opérations culturales ; iii) la productivité et le montant de la redevance correspondant aux différents scénarios proposés.

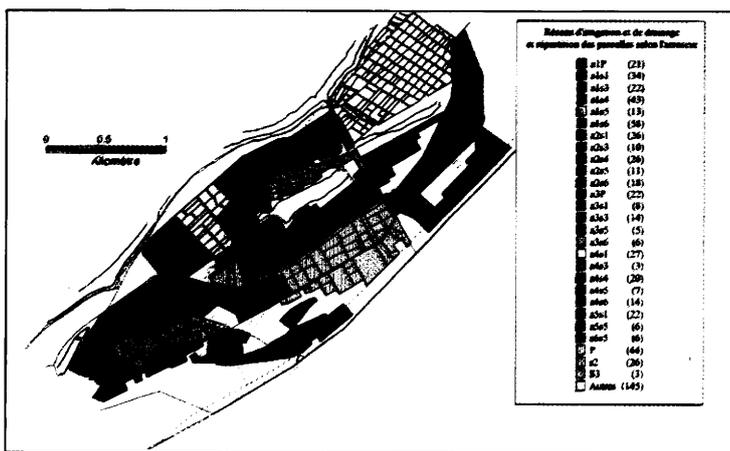
Sur cette base, le gestionnaire est en mesure de discuter et de négocier avec les producteurs, les décisions à prendre pour la gestion de l'aménagement. Ces outils devraient permettre aux responsables d'adapter leur gestion aux contraintes internes et externes de mise en valeur des périmètres.

**Un outil d'information et de représentation du fonctionnement des aménagements (IRFA).**

Le système d'information proposé est structuré par un « modèle de représentation fonctionnelle » de l'exploitation du périmètre. Ce modèle permet de quantifier les différents volets (hydrauliques, agricoles, financiers) du fonctionnement d'un

aménagement, d'établir les relations fonctionnelles entre ces volets et d'évaluer les incidences financières de scénarios d'exploitation.

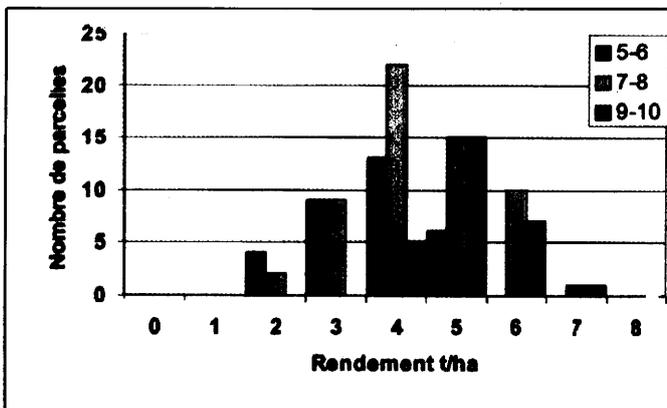
L'élaboration d'un Système d'Information Géographique (SIG) à l'échelle de l'aménagement permet de rassembler les données, de les traiter et de restituer les résultats sous forme de cartes. Cette représentation cartographique constitue pour les différents acteurs à la fois un modèle de compréhension du fonctionnement du périmètre et un support pour les discussions et négociations entre usagers et gestionnaires.



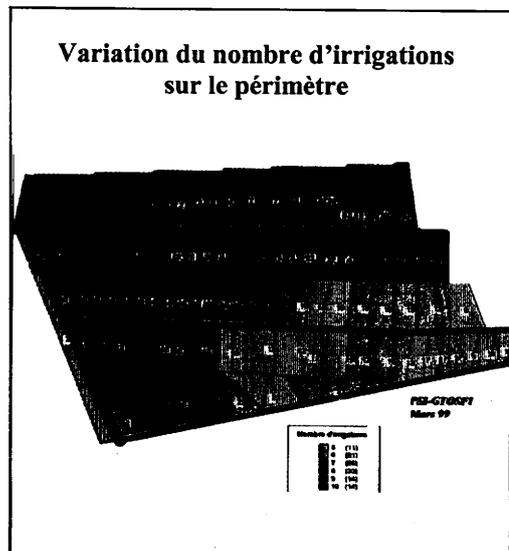
Les données variables au cours du temps concernent les parcelles cultivées, les dates des principales opérations agricoles, le nombre des irrigations, l'état et les caractéristiques actuelles des réseaux. Le gestionnaire obtient ces informations par une enquête exhaustive ou par sondages auprès des producteurs. Les autres données sont des références invariables au cours de plusieurs campagnes successives. Elles sont essentiellement de nature spatiale.

Elles concernent le parcellaire, les superficies, le tracé des réseaux d'irrigation et de drainage, la position des ouvrages ponctuels (répartition, franchissement, distribution, sécurité) et les pistes d'accès.

**Relation entre rendement en riz et nombre d'irrigations (PIV Nakhlet en Mauritanie)**



**Variation du nombre d'irrigations sur le périmètre**



A partir du système d'information défini, les indicateurs significatifs des tendances du fonctionnement de l'aménagement sont identifiés et validés. Ces indicateurs vont permettre avec le SIG réalisé à l'échelle du périmètre : i) d'obtenir une forme de représentation visuelle du fonctionnement de l'aménagement ; ii) d'identifier les causes et les processus de gestion explicatifs des performances enregistrées et iii) d'évaluer les impacts possibles des différents scénarios de gestion hydraulique ou de mise en valeur agricole du périmètre.

Pour le volet agricole, les indicateurs de performance qui ont été identifiés et validés sont notamment, le rendement, le respect du calendrier cultural (désherbage et épandage d'engrais), les quantités et qualités des produits utilisés. Pour le volet hydraulique, les indicateurs de performance, sont le nombre d'irrigations, les quantités d'eau apportées par parcelle, les quantités d'eau pompées, l'efficacité de la distribution ...

**Un outil de discussion et d'aide à la décision pour la gestion de l'irrigation et l'estimation de la redevance (AGIR).** Il s'agit de mettre à la disposition du gestionnaire de l'irrigation un outil d'aide à la discussion et à la négociation avec les usagers pour évaluer avec eux les impacts techniques et financiers des modalités d'exploitation de l'aménagement aux plans de l'utilisation des infrastructures et de la superficie mise en eau. L'analyse et l'explication des performances permettent d'élaborer des propositions d'amélioration. Ces propositions constituent des scénarios. Des simulations du fonctionnement de l'aménagement peuvent alors être réalisées pour chacun de ces scénarios afin d'évaluer leurs conséquences sur les dépenses, les revenus et le niveau de redevance applicable. C'est à partir de ces informations sur les conséquences « simulées » des innovations proposées que les gestionnaires et les producteurs peuvent discuter et prendre leurs décisions. Les responsables et les usagers débattent et choisissent « en connaissance de cause » l'option la plus adaptée. Outre la mise au point de l'outil, cette démarche intègre sa validation et l'évaluation de son opérationnalité par un suivi de la mise en œuvre des scénarios élaborés. Pour répondre aux attentes du gestionnaire et des producteurs, le PSI est en mesure de proposer un outil simple permettant d'évaluer les impacts techniques (efficacité des réseaux...) et économiques (niveau de redevance...) des différents scénarios proposés en discussion entre les producteurs et le gestionnaire. Cet outil permet en outre de visualiser la situation nouvelle sur le plan parcellaire.

Les bénéficiaires de ces supports de représentation et de ces outils d'aide à la décision sont essentiellement les gestionnaires des aménagements. Ceux-ci sont présents soit directement au sein de l'organisation paysanne si la taille de l'aménagement hydro-agricole justifie d'une unité de gestion, soit au sein d'une fédération d'organisations disposant d'une cellule de gestion, effectuant des prestations de services au bénéfice de ses membres ou, recourant aux services d'un bureau d'études privé.

Parallèlement et simultanément, les centres interprofessionnels de formation aux métiers de l'agriculture doivent être mis à contribution pour délivrer une formation professionnelle aux gestionnaires des organisations paysannes. Cette formation sera ouverte au secteur privé. Le développement de ces méthodes et de ces outils d'information et de gestion, la formation des gestionnaires, constitueront la base d'un projet de professionnalisation du monde rural pour une gestion plus performante des aménagements hydro-agricoles.

**Un outil de construction du calendrier cultural prévisionnel (CalCul).** Pour améliorer la gestion des systèmes irrigués, un outil de prévision du calendrier cultural du riz irrigué à l'échelle de l'aménagement est proposé. En effet, les performances des systèmes irrigués sont en grande partie freinées par un mauvais respect du calendrier cultural. Au-delà de cette prévision, l'utilisation de cet outil s'inscrit dans une démarche de conseil aux producteurs. Pour le conseiller, il s'agit de profiter de la construction du calendrier prévisionnel pour réfléchir avec les producteurs sur leurs itinéraires techniques ainsi que sur leurs règles d'organisation et leurs relations avec les acteurs externes (banque, fournisseurs, prestataires, riziers).

L'outil « CalCul » permet de construire le calendrier cultural prévisionnel à l'échelle d'une sole (aménagement ou secteur d'aménagement) en tenant compte des performances des principaux chantiers : mise en eau, préparation du sol, repiquage (si c'est le mode d'implantation choisi) et récolte. Ce calendrier prévisionnel précise le rythme commun de toutes les interventions et la période optimale de réalisation de chacune d'elles. Cette prévision se fonde sur la simulation du développement du riz et les recommandations techniques de l'ADRAO en matière de conduite du riz irrigué. La simulation utilise le modèle RIDEV conçu par l'ADRAO en collaboration avec le CIRAD et l'IRD.

### CALENDRIERS REALISES ET THEORIQUES

	JUN	JULLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
Variété Jaya Réelles	semis	désherbage	engrais 2		
		engrais 1			
Variété Jaya Théorique	semis	désherbage	engrais 2	engrais 1	engrais 3
		engrais 1			
Variété S 106 Réelles	semis	désherbage	engrais 2		
		engrais 1			
Variété S 106 Théorique	semis	désherbage	engrais 2	engrais 1	engrais 3
		engrais 1			

L'utilisation de Cal-Cul s'inscrit dans une démarche de conseil auprès des producteurs. Le conseiller peut utiliser cet outil avec les producteurs pour mieux préparer la future campagne. Au-delà du calendrier cultural prévisionnel, il s'agit également de définir avec les producteurs les règles d'organisation pour la réalisation des chantiers collectifs (pré-irrigation, travail du sol, mise en eau, récolte). Grâce au système d'information utilisant le parcellaire géoréférencé, les opérations sont reportées sur le plan et relié avec les autres facteurs de production et avec le rendement. Le gestionnaire suit et analyse en fin de campagne les relations entre les itinéraires techniques, les coûts de production et les rendements. Cette analyse est restituée à l'occasion d'une assemblée générale, elle sert de base au conseil agricole.

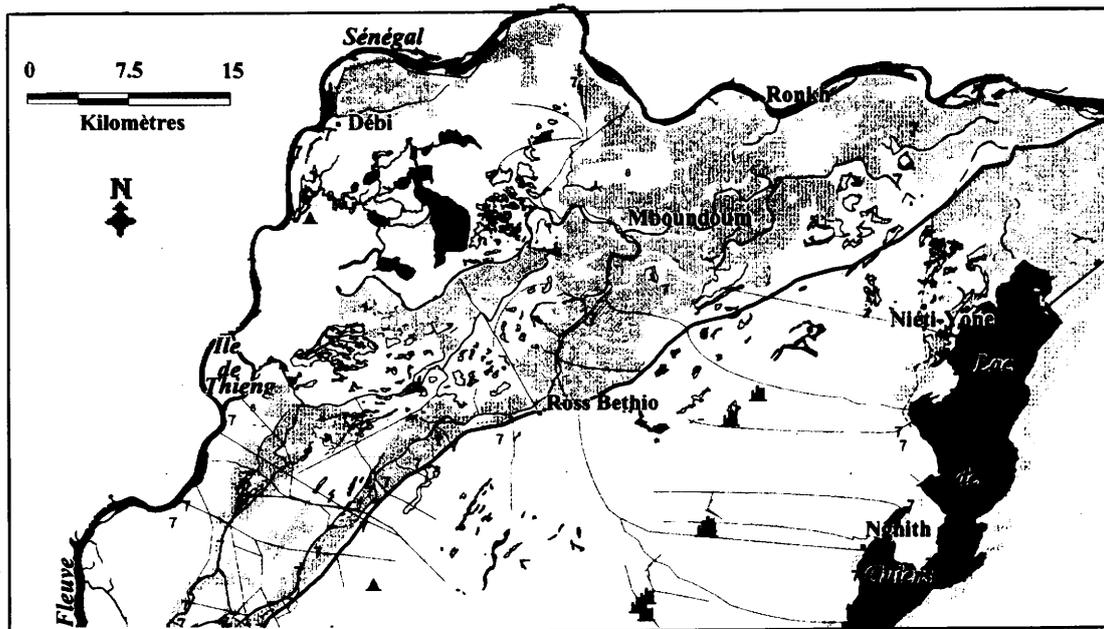
L'outil d'information et de représentation du fonctionnement d'un aménagement d'une part, et d'autre part, l'outil des calendriers culturaux ont été utilisés sur les périmètres de Pont-gendarme au Sénégal et sur le Périmètre Irrigué Villageois (PIV) de Nakhlet en Mauritanie, en 1998 et en 1999. Sur le PIV de Nakhlet, l'adoption en hivernage 99 de la pré-irrigation suivie par un travail du sol a permis une meilleure maîtrise de l'enherbement en supprimant le désherbage chimique sur la quasi-totalité des surfaces. Le calendrier cultural prévisionnel, décliné parcelle par parcelle, a permis une homogénéisation de la fréquence d'irrigation et une réduction des retards d'apport d'engrais.

Globalement, les coûts de production ont été réduits de 20% et simultanément les rendements ont augmenté de 50% (le rendement moyen est passé de 4,7 à 7,2 t/ha de paddy).

**Un outil de gestion concertée des espaces ruraux par les communautés rurales.** Depuis 1990 au Sénégal, le désengagement de l'État se trouve renforcé par les politiques de décentralisation mises en place. Les Conseils Ruraux ont maintenant les prérogatives de gestion des ressources naturelles, en particulier les terres. La régionalisation intervenue en 1996 a parachevé le processus en instituant le Conseil Régional élu, qui est chargé de la programmation du développement économique, social et culturel. Ce transfert de compétences et de responsabilités ne peut être réel que si les décisions s'appuient sur le développement d'outils de gestion, de simulation et de planification. Ainsi, toutes les études prospectives menées sur le fleuve Sénégal insistent sur l'intérêt de la mise en place de plans d'occupation et d'affectation des sols.

Si un plan directeur fixe les grandes orientations, un Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS) en est la transcription opérationnelle. Le POAS est établi pour la mise en valeur du territoire de la Communauté Rurale. Il a quatre fonctions principales : i) déterminer clairement le droit et l'usage des sols ; ii) déterminer les espaces naturels qui seront protégés ; iii) proposer des actions pour l'aménagement du territoire et, iv) appuyer et localiser la programmation des équipements.

### Carte de la communauté rurale de Ross Béthio au Sénégal



L'opération pilote menée par le PSI pour le plan d'occupation des sols de la communauté rurale de Ross Béthio dans la vallée du Sénégal a débuté en 1996. L'enjeu de ce projet pilote était essentiellement de favoriser l'émergence, la reconnaissance et le respect des attributions des responsables locaux qui doivent se charger eux-mêmes de la conception et de l'exécution des plans. L'opération POAS de Ross Béthio s'est matérialisée en une série de cartes et de bases de données. Lorsque les données du milieu sont validées, les populations définissent les règles d'utilisation des espaces et les conditions de l'application de ces règles. Un zonage de l'espace en plusieurs catégories est proposé : les zones pastorales (ZP), les zones agro-pastorales à priorité agricole (ZAPA) et les zones agro-pastorales à priorité élevage (ZAPE). Un travail juridique est nécessaire pour mettre ces règles en conformité avec les textes législatifs sénégalais.

#### LA NECESSAIRE PROFESSIONNALISATION DE LA GESTION DES AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLES

Les outils d'aide à la gestion des aménagements hydro-agricoles mis au point de 1996 à 1999 par le PSI-Coraf permettent d'établir un état des lieux de l'aménagement et de proposer des stratégies et des

actions concrètes d'amélioration des performances dans la gestion tant technique (service de l'eau, exploitation agricole) que financière (redevance, crédits, achats d'intrants, commercialisation des récoltes...). Les utilisateurs ciblés de ce produit de la recherche sont « les gestionnaires » de périmètres. Cependant, pour utiliser et valoriser ces produits, il faut disposer d'un équipement et de compétences qui ne peuvent pas être mobilisés ni être à la portée financière d'un petit aménagement voire d'un aménagement moyen. Il faut donc maintenant favoriser l'émergence de « Cellules de Prestations de Services » (CPS) ou de petits bureaux d'études privés intervenant en appui aux gestionnaires des exploitations privées ou des organisations paysannes pour la gestion technique et financière des périmètres.

La promotion de ces cellules de prestations de services dépasse la compétence et le rôle d'un programme de recherche comme le PSI. Cependant, il s'agira pour le programme futur, en association avec les opérateurs du développement, de développer, tester et valider la robustesse des outils proposés, et de : i) Professionnaliser les gestionnaires au sein des aménagements (privés ou collectifs) ; ii) Favoriser l'émergence de « cellules de prestations de services » (CPS) intervenant contractuellement en appui aux gestionnaires et iii) Proposer des supports pédagogiques pour la formation professionnelle de ces gestionnaires.

## RESUMES DES COMMUNICATIONS PRESENTEES AU SEMINAIRE DE SYNTHESE

**J. Ceuppens (K.U Leuwen) :** « **Les Résultats du projet Gestion de l'Eau dans les Rizières du Delta du Fleuve Sénégal** ». Les auteurs présentent les résultats de 8 années de recherche en matière de gestion de l'eau dans le Delta du Fleuve Sénégal. L'analyse de bilans d'eau effectués sur les différents types d'aménagements hydro-agricoles de la région, a permis de développer un logiciel d'exploitation des données de pompage (EXPO). Un logiciel de calcul des besoins en eau (BIRIZ) a été relié au Système d'Information Géographique de la SAED pour former un outil d'aide à la décision en matière de gestion de l'eau à l'échelle régionale (SIGBIRIZ). L'impact du développement de l'irrigation dans la région sur l'environnement et plus particulièrement sur les sols a également été étudié par le projet.

**B. Tangara (PSI-Mali) :** « **Analyse du fonctionnement hydraulique d'un grand aménagement. Proposition d'amélioration des performances de la gestion de l'irrigation à l'Office du Niger** ». Les travaux effectués par le PSI-Mali avaient pour objectif d'analyser la qualité de l'irrigation et du drainage. Parallèlement, le PSI s'est attaché à proposer, discuter, négocier et enfin mettre en place avec les gestionnaires des réseaux et les irrigants, un système de collecte et d'exploitation des données sur le fonctionnement réel des réseaux d'irrigation et de drainage. Les résultats montrent qu'à l'Office du Niger plus de 50% des 26 000 m<sup>3</sup>/ha d'eau dérivés annuellement au barrage de Markala, percolent en profondeur au niveau des grands canaux d'adduction (canal du Sahel, Distributeur, Partiteur, Arroseur). Après le diagnostic du fonctionnement des réseaux d'irrigation et de drainage, le PSI propose une définition plus claire du rôle des différents acteurs et des règles de gestion sont proposées.

**I. M. Maïga (PSI-Niger), A. Tolub (PSI-Sénégal) :** « **Performances comparées de deux périmètres irrigués : Karaïgorou au Niger et Pont-Gendarme au Sénégal** ». Deux périmètres irrigués de taille et d'organisation comparables ont fait l'objet d'une étude approfondie de leurs performances agricoles et hydrauliques et de leur organisation sociale. Il en ressort deux idées principales. D'une part, la mise en place de systèmes d'information pour comprendre le fonctionnement du périmètre et pour transmettre l'information aux exploitants est nécessaire et constitue la première étape de l'aide à la décision. D'autre part, les gestionnaires des périmètres, auxquels les compétences techniques font défaut, ont besoin d'aide de professionnels pour gérer.

**Y. Diallo (PSI-Sénégal) :** « **Amélioration des performances des Petits Périmètres Irrigués Villageois (PIV) par la mise en place d'un système d'information et de suivi des pratiques (irrigation et calendrier de cultures)** ». Les périmètres irrigués villageois (PIV) représentent environ 20% des superficies réellement irriguées en Afrique sub-saharienne de l'ouest. Ils sont souvent le fait des populations avec une cohésion sociale forte mais une marge de progrès souvent limitée par le fait que les productions sont en priorité auto consommées et donc faiblement commercialisées. Sur le PIV de Nakhlet en Mauritanie (région du Trarza), un suivi complet des pratiques paysannes a été effectué. Un système très simple d'information au niveau de la conduite des irrigations et de la station de pompage a été mis en place. Sur la base de l'outil Cal-Cul, une proposition de calendrier a été individuellement faite aux exploitants du PIV. Le suivi de cette deuxième campagne a montré que les exploitants ont augmenté leur rendement de plus de 50% (de 4,7 t/ha de paddy à 7,2) tout en diminuant les coûts de production. Comment généraliser aux PIV d'une même région, la pratique régulière de ces prestations de services ?

**M. Wade (PSI-Sénégal) :** « **Les outils d'aide à la discussion, à la négociation et à la décision entre les acteurs pour une gestion plus performante des aménagements hydro-agricoles** ». La complexité de gestion d'un aménagement se traduit par une multitude et une dispersion des informations à traiter. Le PSI a travaillé avec les gestionnaires de périmètres et les producteurs pour définir, mettre au point et évaluer quelques outils d'aide à la discussion, la négociation et à la décision pour la gestion des aménagements. Un premier outil d'information et de représentation du fonctionnement d'un aménagement hydro agricole permet une représentation géoréférencé du parcellaire et des réseaux hydrauliques avec une liaison entre le parcellaire et toutes les informations relatives au fonctionnement du périmètre. Un outil de prévision des calendriers culturaux (Cal Cul) permet au gestionnaire de programmer les chantiers à réaliser. Un outil d'Aide à la Gestion de l'irrigation et à l'estimation de la redevance (AGIR) a été défini. Après validation, cet outil permettra aux gestionnaires de négocier avec les producteurs les différents scénarios de mise en valeur selon leurs impacts financiers. Enfin un outil d'Aide au Suivi des Périmètres Irrigués Collectif (ASPIC) a été défini.

**P.Y. Legal (Cirad) :** « **Améliorer le fonctionnement des périmètres irrigués collectifs à travers leur système d'information : exemple de la maintenance sur deux cas ouest-africains** ». L'analyse et la formalisation des systèmes d'information utilisés dans les périmètres collectifs représentent une voie d'intervention pour en améliorer les performances. Les auteurs sont partis du constat que la mise en place d'un outil informatique permettant de gérer des bases de données relationnelles (i) améliore l'efficacité des systèmes d'information en place et (ii) impulse une dynamique de changement organisationnel autour des fonctions à gérer. Ce travail a débuté par la réalisation d'un diagnostic centré sur la gestion de la maintenance. Des problèmes majeurs ont été identifiés : divergence d'informations entre les acteurs, méconnaissance des réseaux et des ouvrages, imprécision dans la collecte des informations, déficience de l'archivage. Le logiciel ASPIC, conçu pour permettre le développement de systèmes d'information spécifiques à chaque périmètre, a été expérimenté à l'Office du Niger.

## LA COMPOSANTE REGIONALE DE RECHERCHE « LUTTE CONTRE LA DEGRADATION DES SOLS IRRIGUES »

d'après une synthèse régionale  
de M.K. Ndiaye

Dans les régions de l'Afrique de l'Ouest, les eaux des fleuves sont très peu minéralisées. Elles ont été longtemps considérées comme ne présentant aucun risque de dégradation des sols. Toutefois, elles sont déséquilibrées vers le pôle carbonaté et par concentration dans le sol, elles provoquent l'augmentation du pH et l'augmentation relative de sodium présent dans ces eaux.

La pérennité des aménagements est directement liée d'une part, aux problèmes de la gestion conservatoire des ressources en eau et en sol, mobilisables pour la pratique de l'irrigation et d'autre part, aux problèmes de la gestion et de l'entretien des infrastructures collectives. Les observations actuelles sur les périmètres irrigués sub-sahariens montrent une évolution très défavorable des sols, bien que l'on note souvent, depuis les années 1985, une augmentation de la production rizicole. Ainsi la notion de durabilité des systèmes irrigués, au-delà des performances annuelles, peut être considérée comme un objectif prioritaire.

Dans les deux grands bassins fluviaux du Niger et du Sénégal, les risques liés à la pratique de l'irrigation se résument à la salinisation neutre (teneur excessive en sels dissous). Cela se traduit par une difficulté d'alimentation hydrique liée au potentiel osmotique, à l'alcalinisation et à la sodiation des sols, par une dégradation des propriétés physiques des sols liées en particulier aux eaux sodiques mais globalement peu chargées en sels dissous. Cela conduit à une dégradation des propriétés physiques du sol avec une mauvaise circulation de l'eau, un engorgement, une asphyxie et des nécroses racinaires et à une dégradation chimique du sol (pH élevé) qui peut entraîner des carences (azote, phosphore, zinc).

Suivant une programmation régionale cohérente, trois objectifs de recherche ont été retenus :

1. la connaissance des mécanismes de la dégradation des sols, qui concerne l'étude des causes, des conséquences et de l'impact des phénomènes de dégradation de la fertilité des sols par salinisation, alcalinisation ou sodiation. Il s'agit de mieux comprendre la nature des mécanismes hydrologiques, géochimiques, à différentes échelles afin de préciser les modes d'intervention susceptibles de prévenir la dégradation,
2. la mise au point de la prévention de la dégradation des sols et de la réhabilitation des sols dégradés. Ce volet concerne la gestion des systèmes techniques de production permettant d'infléchir toute évolution défavorable de la fertilité des sols ou d'en minimiser l'impact. Il s'agit d'évaluer l'efficacité d'une gestion conservatoire, principalement de l'irrigation et du drainage et d'en préciser les modalités d'application,
3. la définition d'un observatoire de la dégradation des sols irrigués et des modalités de mise en place d'un dispositif pérenne de suivi de l'évolution des sols et de la productivité des systèmes irrigués. Il s'agit de définir les bases météorologiques et méthodologiques permettant de définir la nature du dispositif qu'il convient de mettre en place.

Ces activités devaient aboutir à des référentiels techniques et économiques permettant de prévenir la dégradation et d'assurer la restauration des sols déjà dégradés. Les technologies mises au point devront être économiquement et socialement acceptables.

### METHODOLOGIE

L'ambition du programme était de trouver de façon régionale des solutions aux problèmes d'évolution des sols liés à l'irrigation dans les bassins des fleuves Sénégal et Niger. Cette ambition se justifiait par les ressources humaines et financières limitées de la sous-région. Ce programme régional intégré pour permettre une valorisation régionale des résultats a été exécuté suivant une méthodologie régionale commune. Cela a permis d'avoir une cohérence régionale. Dans la zone du fleuve Sénégal, les travaux ont été conduits essentiellement dans le Trarza et dans le Gorgol en Mauritanie, en bordure du Lac de Guiers au Sénégal. Sur le fleuve Niger, l'Office du Niger au Mali et les cuvettes de Sébéry et Los-sa au Niger ont été les sites d'expérimentation.

L'étude se voulant globale et systémique, les analyses ont été faites sur plusieurs échelles du système hydraulique (périmètre, mailles hydrauliques et parcelles). Pour la compréhension des mécanismes et la prévention des processus, les analyses ont été réalisées à différentes échelles dans les quatre pays du PSI. Le bilan hydro-salin a permis de faire le point des entrées et des sorties d'eau et de sels. Le bilan est estimé sur la base de ces composantes qui sont : l'évaporation réelle des cultures, les volumes d'eau et de sels entrant par irrigation, les volumes d'eau et de sel sortant par écoulement latéral et par les drains. Ce bilan a nécessité l'analyse du fonctionnement des nappes alluviales et des aquifères.

La caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle de la dégradation des sols ou plus précisément des indicateurs de la dégradation a été faite au niveau parcellaire. Le travail détaillé a porté sur les indicateurs suivants : le pH, la conductivité électrique sur extrait et par mesure électromagnétique, la texture, la densité apparente, la topographie et la conductivité hydraulique à saturation. Une analyse géostatistique a permis de mettre en évidence l'existence ou non d'une structure spatiale pour chaque paramètre. Au niveau périmètre, l'analyse a porté sur la répartition des sels dans le paysage, suivant les unités géomorphologiques ou pédologiques.

La comparaison des périmètres d'âges différents ou de gestions différentes a été faite pour analyser l'évolution temporelle de certains paramètres. La modélisation en terme d'utilisation des modèles de simulation existants et de construction de nouveaux modèles a été une activité qui a permis de prévoir et d'extrapoler les évolutions des sols. L'utilisation de la plante comme indicateur de l'impact de la dégradation des sols avec les suivis agronomiques ont permis d'établir la relation entre les paramètres chimiques et la productivité des sols, enfin des méthodes de récupération de sols à partir de l'utilisation des amendements et de modes d'irrigation ont été testés en collaboration avec des producteurs.

## RESULTATS OBTENUS

Les résultats obtenus ont été regroupés suivants cinq grandes thématiques : le fonctionnement des nappes phréatiques, la caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle des sols, l'évolution des sols, la conservation des sols et la modélisation des processus.

**Fonctionnement des nappes.** L'étude du fonctionnement hydrologique a été effectuée sur les quatre pays. Au Mali, elle a été réalisée en zone Office du Niger sur trois échelles (périmètre, maille hydraulique et parcelle). Au Niger (Périmètre de Sébéry), au Sénégal (Ngnit) et en Mauritanie (Foum-gleita), les travaux ont été exécutés sur une maille hydraulique. Les nappes alluviales ont été suivies sur l'ensemble des périmètres avec pour objectifs de vérifier l'impact des modes de gestion des cultures, des types de sol sur l'évolution de la nappe phréatique et par conséquent, sur l'évolution des problèmes de dégradation de sol.

L'étude du fonctionnement des nappes phréatiques dans les périmètres irrigués a donné des éléments de réponses aux questions posées lors de la définition du programme :

- Quelle est la nature des relations entre les différentes nappes ?
- Quelle est la contribution du drainage naturel dans l'évacuation des eaux ?
- Quel est l'impact des systèmes de culture et des types de sols sur la dynamique et la concentration des nappes ?
- Existe-t-il une autre origine des sels que la concentration des eaux du Niger ?

**Caractérisation du milieu.** Les sols formés sur alluvions sont caractérisés par la forte variabilité de leurs caractéristiques. Les études antérieures ont montré que les indicateurs chimiques de la dégradation des sols semblent liés aux processus hydrologiques de concentration et de redistribution des sels qui varient suivant le type de sol, le type d'aménagement et le système de cultures mis en place. Leur aménagement et leur gestion doivent tenir compte de cette variabilité si l'on veut arriver à des résultats durables et extrapolables.

La caractérisation s'est effectuée à deux échelles, au niveau paysage et au niveau parcelle. Au niveau paysage pour comprendre la distribution des sels suivant les unités géomorphologiques et pédologiques. Les résultats de cette caractérisation serviraient dans l'élaboration d'outil de conseil et de gestion des nouveaux périmètres à installer car, souvent, la position topographique ou la nature pédologique ne suffisent pas pour expliquer la répartition des sels dans l'espace. Les types de salinité et les correspondances entre salinité et morphologie ont été étudiées.

Au niveau parcellaire, la salinité, le pH, la texture et la topographie ont été étudiés sur l'ensemble des sites de recherche. Ces études ont permis de situer le niveau de variabilité des indicateurs de la dégradation des sols qui pourraient être considérés dans le cadre de la mise en place de l'observatoire des sols irrigués.

**Evolution des sols irrigués.** Les aménagements dans les deux bassins étudiés sont d'âges différents et ont subi et subissent encore des modes de gestion différentes en terme hydrologique, agronomique et social. Ces gestions ont entraîné selon les cas, des évolutions favorables sur la production que l'on peut facilement apprécier avec l'évolution des rendements, qui sont croissants au Mali et décroissants au Sénégal et au Niger. Les sols ne suivent toujours pas la même évolution que les rendements. Suivant les différents contextes, l'évolution des rendements a été comparée en fonction des pratiques culturales (Mali, Sénégal) et de l'âge des aménagements (Niger). La modélisation utilisée par les différentes équipes constitue un moyen de suivi de l'évolution des sols.

**Réhabilitation et prévention de la dégradation des sols.** L'objectif visé était de tester des méthodes de prévention de la dégradation et de réhabilitation des sols dégradés qui soit économiquement et socialement acceptables pour les producteurs. Une gestion conservatoire des sols irrigués est la base de toutes les mesures de prévention de la dégradation. Cette gestion conservatoire peut être définie en fonction des premiers résultats obtenus sur la compréhension des mécanismes de la dégradation.

En matière de prévention, outre la simulation, l'analyse des résultats a permis de répondre à quelques questions importantes :

- Quelles sont les conséquences sur les propriétés chimiques et physiques des sols des processus d'alcalinisation et de sodisation et quel est l'impact de ces évolutions sur la productivité des systèmes irrigués ?
- Quelles adaptations du système technique de production sont-elles susceptibles de prévenir la dégradation de la fertilité des sols ou d'en minimiser les effets ?
- Quel dispositif efficace de suivi faut-il mettre en œuvre afin de permettre une gestion conservatoire de la fertilité des sols irrigués ?

Concernant la réhabilitation des sols dégradés, l'objectif était de répondre à la question suivante : Quelles méthodes de réhabilitation peuvent-elles être mises en œuvre lorsque cela s'avère nécessaire ? Dans ce but, l'utilisation des amendements calciques et organiques et l'amélioration des modes de gestion de l'eau ont été expérimentées avec les paysans.

**Modélisation des processus hydro-géochimiques.** La modélisation est un moyen de prévision et d'extrapolation des évolutions des sols. Dans le contexte du PSI, la modélisation des processus de salinisation, d'alcalinisation et de sodisation vise la compréhension des processus hydro-géochimiques qui régissent la dégradation et la prévision dans le temps, suivant les différentes pratiques de gestion, de l'évolution de la dégradation. Pour le développement et la validation des modèles, des colonnes de sols ont été installées à Dakar par l'IRD et des expérimentations ont été conduites à Niono en milieu réel.

## PERSPECTIVES

La mise en œuvre des activités de la composante lutte contre la dégradation des sols dans les quatre pays a abouti à des résultats très concluants qui ont permis de :

- améliorer les connaissances sur les processus de dégradation et caractériser la variabilité spatiale des indicateurs de la dégradation des sols,
- établir pour chaque région les risques potentiels de dégradation,
- décrire des indicateurs et méthodes de mesure pour la mise en place de l'observatoire des sols irrigués,
- tester des méthodes simples de désalinisation,
- évaluer l'impact des pratiques de gestion des cultures (irrigation, drainage, systèmes de culture) sur les différents indicateurs de la dégradation de la fertilité des sols.

Ces résultats ont en outre rassuré sur l'importance de la dégradation des sols dans les systèmes rizicoles. Il ressort que les risques de dégradation existent, que les évolutions sont lentes et que leur impact sur la riziculture est faible lorsque la maîtrise de l'eau est optimum. Toutefois pour une finalisation du programme, des questions qui ont été abordées ou non, restent à éclaircir pour une meilleure valorisation

technique des résultats scientifiques et la compréhension des relations entre systèmes de cultures, gestion de l'eau et dégradation des sols. Il s'agit de i) définir les protocoles pour l'installation et le suivi de l'observatoire des sols ; ii) valider les modèles développés et iii) préciser les relations entre les pratiques agricoles et l'évolution des paramètres physico-chimiques des sols.

## RESUMES DES COMMUNICATIONS PRESENTEES AU SEMINAIRE DE SYNTHESE

**M.K. Ndiaye (PSI-Mali) : « Fonctionnement des nappes phréatiques dans les périmètres irrigués ».** L'analyse du fonctionnement des nappes a été faite sur différentes échelles dans les périmètres irrigués pour expliquer le fonctionnement hydraulique des sols et estimer les flux d'entrées et de sortie de l'eau. Cette étude a permis en outre de préciser les termes du bilan hydro-salin. Avec des réseaux piézométriques installés à l'Office du Niger au Mali, à Ngnith au Sénégal, à Fourn-gleïta en Mauritanie et à Sébéry au Niger, l'impact des systèmes de culture et des types de sols sur l'évolution des nappes en terme de dynamique et de qualité a été mis en évidence.

**L. Barbiéro (PSI-Sénégal) : « Comment prévoir la répartition des sols salés dans la moyenne vallée du Sénégal ? ».** Une élimination partielle des sels apportés par la mer lors de la dernière transgression est généralement avancée pour expliquer la présence de sols salés dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Cependant, les zones salées présentent des caractéristiques morphologiques et géochimiques qui ne peuvent être expliquées par ce schéma. Elles concordent cependant très bien avec les caractéristiques morphologiques et géochimiques des lunettes en cours de formation dans le delta du fleuve Sénégal. Le lien définitif entre les lunettes du delta et les zones salées de la moyenne vallée est fourni par l'identification d'une transformation texturale abrupte de l'horizon superficiel des sols qui empêche l'émission et bloque la déflation éolienne et l'alimentation des lunettes. La compréhension de l'origine de la répartition des sels, de ses relations avec les unités géomorphologiques anciennes, permet une cartographie rapide des sels sur de vastes surfaces selon une méthode simple, rapide et peu coûteuse, qui devrait être préconisée avant l'établissement de toute nouvelle infrastructure irriguée. Le cas du secteur N' Galenka est présenté en exemple.

**S. Marlet (PSI-Mali) : « Évolution des sols sous irrigation ».** Les évolutions des propriétés physico-chimiques des sols observées dans les périmètres irrigués des vallées des fleuve Niger et Sénégal sont présentées. Ces évolutions sont discutées en fonction de la qualité des eaux d'irrigation, des propriétés du milieu physique et des modalités de gestion des systèmes hydrauliques et des systèmes de culture.

**S. Marlet (PSI-Mali) : « Gestion conservatoire de la fertilité des sols sous irrigation ».** L'impact de la dégradation des propriétés physico-chimiques des sols et l'influence de différentes techniques de prévention et de réhabilitation sont présentés. Ces résultats sont discutés de façon à préciser la pertinence de différentes mesures de gestion conservatoire de la fertilité des sols liées à la gestion du système hydraulique et des systèmes de culture ou à la mise en place d'un dispositif de suivi (observatoire).

**M. Dicko (PSI-Mali) : « Bilan alcalinité et mécanismes bio-géochimiques ».** Cette étude avait pour but de mettre en évidence les différents processus impliqués dans le bilan de l'alcalinité. Le pH, l'Eh et la pCO<sub>2</sub> ont été suivis dans le temps. L'étude montre l'importance des processus redox dans le bilan de l'alcalinité et l'existence de mécanismes producteurs et consommateurs de l'alcalinité. Cependant, il n'a pas été possible de quantifier précisément l'impact de chaque type de mécanisme.

**C. Hammecker (PSI-Sénégal) : « Dégradation des sols irrigués au Sénégal ».** Le risque de salinisation et/ou d'alcalinisation est toujours concomitant à l'irrigation des sols dans les régions soudano-sahéliennes. Cependant, l'évolution de ce phénomène de dégradation des sols étant lente, le recours à la simulation numérique est souvent nécessaire pour prévoir l'évolution d'un système eau-sol dans le cadre de l'agriculture irriguée, sur une période décennale. Dans la vallée du fleuve Sénégal, la variété de conditions physico-chimiques rencontrées est très vaste. L'usage de modèles numériques a permis dans certains cas de définir le type de dégradation auquel les sols sont soumis et de définir les conditions hydriques (niveau de la nappe, fréquence d'irrigation) qui influent directement sur cette évolution. Les simulations numériques indiquent en général la présence d'un processus désalinisation et écartent tout risque d'alcalinisation. Cependant on voit aussi en particulier dans le cas de Donaye que l'écart entre les résultats expérimentaux et simulés est important. En effet, l'évolution saline du milieu sur ces sols argileux est compliquée par différents processus physico-chimiques non pris en compte dans les modèles couplés classiques (écoulements biphasiques et piégeage d'air, phénomènes d'oxydoréduction). Il est donc nécessaire de déterminer clairement et de quantifier l'incidence des différents processus identifiés afin de pouvoir construire un nouvel outil de prédiction de l'évolution des sols irrigués dans cette région.

## CONCLUSION – EVALUATION

En décembre 1999, le Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens (PSI), mis en œuvre sous l'égide de la CORAF, achevait sa première phase d'activités (1996-1999) sur le financement français du Fond d'Aide et de Coopération. La mobilisation de financements nationaux dans les 4 pays à d'ores et déjà permis la mise en œuvre d'une phase transitoire de 12 à 18 mois en attendant la mobilisation de nouveaux financements pour une seconde phase du PSI-CORAF.

Une évaluation technique et financière du fonctionnement du pôle a été effectuée en 1998 par une mission d'experts extérieurs. Cet exercice offrait un intérêt particulier en raison de l'originalité du montage du PSI qui est un projet régional associant les efforts de quatre institutions de recherche africaines et de deux institutions du nord, travaillant dans quatre pays différents sur quatre grandes thématiques de recherche complémentaires. A l'heure où s'affirme le processus de mondialisation de la recherche et sa déclinaison en projets d'intérêt régional, il était intéressant d'apprécier dans quelle mesure sont vérifiées les attentes placées par la communauté internationale dans ce type de projet et quels enseignements on peut en tirer pour l'organisation et la mise en œuvre des projets régionaux futurs

Un séminaire de synthèse a été organisé en décembre 1999 pour présenter le bilan des travaux et des résultats de ce programme régional et pour : i) permettre aux chercheurs de présenter l'ensemble de la démarche régionale mise en œuvre et de faire le point sur les acquis du programme ; ii) débattre avec les Opérateurs du développement, partenaires du PSI, des résultats du programme, de leur cohérence et de leurs impacts par rapport aux attentes pour un développement durable de l'irrigation (public ou privé) et iii) présenter et discuter la programmation régionale des activités de recherche qui feront l'objet de la deuxième phase du PSI (2000-2003).

Les principales recommandations et conclusions que l'on peut tirer de cette évaluation externe et des débats du séminaire de synthèse sont les suivantes :

- 1. Globalement, le montage institutionnel, le choix des composantes de recherche, le fonctionnement scientifique, l'animation régionale et le suivi financier du programme PSI ont été perçus et évalués de façon positive. Il s'agit d'une expérience nouvelle de coordination et d'animation scientifique régionale intégrant six partenaires dans quatre pays, le bilan est très encourageant. L'organisation interne du PSI est bonne et découle d'une articulation efficace entre les niveaux de décision. La cellule de coordination régionale est performante et il a été proposé que le montage institutionnel, l'organisation et le fonctionnement régional du PSI soient maintenus dans leurs principes pour une seconde phase.
- 2. La gestion financière du PSI est apparue rigoureuse et performante tout en autorisant une certaine souplesse dans l'utilisation des fonds. Les frais de structure sont très réduits. Le système d'audit permanent des procédures et des comptes assure au PSI une garantie de rigueur dans sa gestion comptable et financière. L'intégration du Burkina Faso a été recommandée avec la définition d'une nouvelle composante régionale de recherche centrée sur les problèmes de « Recherche-Enseignement-Formation professionnelle »
- 3. Sur le plan de la stratégie régionale, le PSI est bien intégré dans les programmes nationaux. La coopération Nord-Sud s'est essentiellement effectuée au travers d'une coopération avec le CIRAD et l'IRD. Les liaisons avec les universités africaines (Université de Saint-Louis au Sénégal et de Niamey au Niger) ont été amorcées et développées. Les relations avec les CIRA et particulièrement avec l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) et avec l'Institut International du Management de l'Eau (IWMI) doivent être renforcées. C'est dans cet esprit de rapprochement et d'ouverture que l'ADRAO, la CORAF et l'IWMI envisagent aujourd'hui de regrouper leurs compétences et leurs expertises régionales sur la gestion de l'eau, de l'irrigation et des systèmes irrigués en zone soudano-sahélienne.

Ces institutions régionales ont décidé depuis octobre 99 de travailler à une programmation commune autour des enjeux de la ressource en eau pour définir un cadre régional cohérent, avec des mécanismes d'animation et de coordination. Le CORAF est apparu comme demeurant la meilleure structure pour assurer la tutelle de l'organisation et de la coordination régionale d'un tel programme

- 4. La production scientifique du programme a été reconnue. Un effort significatif a été fait pour publier les résultats sous une forme compréhensible et appropriable par les acteurs du développement. L'objectif du PSI est en effet plus de répondre aux attentes du développement que de produire de la connaissance au sens strict. Les Opérateurs du développement ont mis l'accent sur la production de résultats directement utilisables. Ils souhaitent que leurs « conseillers agricoles » soient formés, aux côtés des chercheurs, à l'utilisation des outils d'aide à la gestion ou à la mise en œuvre des indicateurs permettant d'évaluer les évolutions du milieu.

- 5. Concernant la composante Intensification de la riziculture, il est apparu que dans un marché ouvert, l'amélioration des revenus de l'exploitation dépend davantage de l'augmentation des productions que du niveau des prix. Les travaux du PSI ont permis de comparer les processus d'intensification dans les divers systèmes rizicoles de la zone d'intervention du PSI. L'intensification des cultures fait référence à l'augmentation en intrants par unité de surface ou de façon plus large à l'augmentation des rapports où le facteur terre constitue le dénominateur : production/ha, engrais/ha, dépenses/ha... S'il n'existe pas toujours de relation entre coûts et rendements, l'amélioration de la productivité passe par l'amélioration de la qualité du travail. Là où la terre est rare, comme dans les deltas asiatiques, l'intensification devient la règle, là où la terre est abondante, la force de travail devient le facteur limitant et les logiques extensives sont les plus performantes et les plus courantes. L'intensification, avec les risques financiers qu'elle fait prendre, n'intéresse pas immédiatement les agriculteurs. Le processus d'intensification s'inscrit dans le long terme. L'usage accru du capital (engrais, semences, produits phytosanitaires...) se traduit par une élévation de la productivité partielle du travail. Lentement, le capital se substitue au travail.

- 6. Concernant la composante « Diversification des systèmes de cultures irrigués, l'approche adoptée par le PSI a été basée sur : i) l'analyse agro-économique des filières de production ; ii) l'étude du fonctionnement économique des systèmes de production ; iii) l'amélioration des systèmes de culture et vi) la production animales et l'intégration agriculture élevage. Les travaux du PSI confirment que la diversification est inscrite dans toutes les économies paysannes africaines. Elle constitue la réponse majeure des agriculteurs face aux risques agricoles et à ceux du marché.

Dans les périmètres irrigués, la diversification acquiert un tout autre statut. Les marchés, peu structurés et étroits, sont fluctuants et souvent spéculatifs. Cependant, là où les sols sont favorables, là où la riziculture irriguée s'insère dans des systèmes polycoles préexistants, les cultures de diversification permettent de valoriser la main d'œuvre durant la saison sèche et facilite la gestion de la trésorerie de l'exploitant. Ces cultures de diversification constituent alors des cultures à risques, permettant des revenus monétaires supérieurs à ceux du riz mais pouvant aussi entraîner de lourdes pertes financières. En même temps que la diversification des productions, le PSI s'est également intéressé à la diversité des exploitations. Face au contexte socio-économique global, le PSI a montré que les réponses des agriculteurs ne peuvent qu'être diverses, adaptées aux structures et à l'âge des exploitations possédées. Elles ne peuvent être que collectives face aux marchés et structurées dans les filières de production.

- 7. D'une façon générale, les résultats acquis dans le cadre de la composante « Lutte contre la dégradation des sols irrigués » semblent montrer que la priorité à venir porte plus sur *les conséquences agronomiques et environnementales de l'ambiance physico-chimique de la solution du sol* via la nutrition des couverts végétaux que sur les processus géochimiques mis en jeu, même si ceux-ci peuvent être prolongés, notamment dans le domaine de la modélisation prévisionnelle.

L'analyse des résultats fait apparaître un paradoxe important. D'un côté, l'analyse géochimique des milieux conduit à la mise en évidence de phénomènes ou de risques d'alcalinisation, de salinisation ou de sodisation. Dans ce domaine, c'est le diagnostic d'une dégradation qui l'emporte allant parfois jusqu'à « tirer le signal d'alarme ». D'un autre côté, l'analyse agronomique montre par exemple que les rendements moyens en riz à l'office du Niger au Mali sont passés de 1.7 t ha<sup>-1</sup> en 1983 à 5.2 t ha<sup>-1</sup> en 1996. L'explication de la contradiction apparente est que durant cette période des modifications de techniques culturales (repiquage du riz essentiellement) ont contribué à l'augmentation massive des rendements, et elles ont pu aussi masquer partiellement des effets liés à la dégradation géochimique des sols qui existaient simultanément.

L'analyse claire des effets environnementaux et agronomiques est donc à faire, et peut aller de pair avec la recherche de techniques culturales permettant de contrecarrer ou d'atténuer des effets possibles liés à la dégradation géochimique des milieux. D'une façon générale, c'est l'ensemble des interactions entre fonctionnement géochimique, biologique et agronomique qui doit être abordé. Un renforcement du couplage entre l'ambiance physico-chimique du milieu et la nutrition minérale des couverts a été proposé pour définir des modalités de fertilisation et de maintien de la fertilité innovantes.

- 8. Concernant la composante « Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation », la mission d'évaluation a relevé la nouveauté de l'approche mise en œuvre par le PSI. La mise au point avec les « producteurs » des outils d'aide à la décision pour une gestion plus performante des aménagements et des espaces ruraux semble prometteuse. En effet pour stabiliser le processus de transfert et garantir la viabilité de la filière irrigation, les organisations paysannes ont besoin d'appui (conseils techniques en gestion, en organisation, en commercialisation). L'intervention de la recherche est nécessaire pour mettre au point, dans ce contexte, des outils d'aide à la gestion. Il s'agit de trouver une alternative opérationnelle au conseil qui, à l'heure actuelle, est essentiellement basé sur des références théoriques d'exploitation, de maintenance et de gestion, tant sur le plan technique que financier.

La gestion d'un aménagement hydro agricole est

complexe car elle couvre à la fois des aspects hydrauliques, agronomiques, organisationnels, administratifs et financiers. Cette complexité se traduit par une multitude et une dispersion des informations à traiter pour gérer tous ces aspects. Le PSI a travaillé avec les gestionnaires de périmètres et les producteurs pour définir, mettre au point et évaluer quelques outils d'aide à la discussion, la négociation et la décision.

Les transferts de fonctions et de responsabilités à des acteurs locaux qui en découlent, postulent une remise en cause des approches technicistes et centralisées des politiques d'irrigation. L'amélioration du partenariat entre structures techniques et collectivités locales constitue un enjeu fondamental pour un développement durable et intégré de l'irrigation dans un contexte de décentralisation. Cet enjeu a conduit le PSI, à mener une expérimentation pour l'élaboration de Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS), pour développer les capacités des collectivités locales pour la gestion intégrée d'un territoire irrigué. L'expérimentation a abouti d'une part, à la mise au point d'une démarche opérationnelle pour l'élaboration de POAS, d'autre part à la réalisation de divers outils ayant servi aux communautés rurales, à définir de nouvelles règles concertées de gestion de l'espace.

Les recommandations de l'évaluation et des débats du séminaire de synthèse de décembre 1999 s'inscrivent sans ambiguïté dans la perspective d'une deuxième phase pour le PSI. Ce programme régional innovant sur le plan organisationnel et institutionnel, a connu un démarrage prometteur. Sous réserve de quelques aménagements, le Pôle a les moyens de contribuer efficacement à la mise en exergue des conditions d'un développement agricole durable dans les zones irriguées sahéliennes. La demande de financement qui a été faite au 8<sup>ème</sup> FED (PIR) a été soutenue et il a été suggéré à la Coopération française d'évaluer la possibilité de continuer à soutenir ce projet, par le biais de postes d'Assistant technique et d'un financement relais en 2000-2001, assurant ainsi la continuité des actions avant la mise en place des fonds permettant au PSI de mettre en place une deuxième phase.

