

Irrigation et économie domestique dans la moyenne vallée du Sénégal : premiers enseignements de l'enquête

□ □ □

C. Z. Guilmoto* et P. D. Diouf**

* Démographe ORSTOM, Paris.

** Démographe, Division des Statistiques Démographiques, Direction de la Prévision et de la Statistique, Dakar

Après plus de vingt ans d'aménagement dans la moyenne vallée, nous disposons aujourd'hui du recul suffisant pour évaluer l'impact de l'irrigation sur les pratiques économiques. Nous présentons ici les premiers résultats d'une recherche sur ce thème conduite à partir de 1992 dans le département de Podor¹. Les données des trois passages réalisés n'ayant pas été encore exploitées systématiquement, nous nous limiterons dans ce document d'étape à un premier bilan économique de la région d'enquête, afin de fournir une "photographie" de la moyenne vallée, plus contrastée que le seul panorama de la zone fortement irriguée de Nianga. L'exploitation statistique des données économiques concernant les ménages disposant de parcelles irriguées viendra compléter cette description générale, et nous conduira en conclusion à quelques observations sur la rentabilité des cultures irriguées.

Il apparaît important d'évoquer en premier lieu la nature des questionnements qui ont suscité ce travail, et le cadre des réflexions dans lesquelles il prend place. L'attention portée au fleuve Sénégal est ancienne, et les travaux à son sujet nombreux. Une première partie replacera la situation contemporaine dans son cadre évolutif, en insistant sur les liens existant entre les comportements migratoires et les conditions économiques régionales. Une seconde partie, plus détaillée, sera consacrée aux résultats des premières analyses de l'enquête de 1992 qui offrent une vue d'ensemble de la situation actuelle dans la moyenne vallée, et mettent en évidence quelques uns des facteurs conditionnant le développement de l'agriculture irriguée.

1 L'enquête "Démographie et développement dans la moyenne vallée du Sénégal" est le fruit d'une collaboration entre l'ORSTOM et la Direction de la Prévision et de la Statistique. Les opérations de terrain ont été financées par l'ORSTOM (Département M.A.A.) ; les membres de l'équipe ont bénéficié par ailleurs d'un soutien du réseau Démographie de l'AUFELF/UREF.

L'ÉVOLUTION DES CONDITIONS DÉMO-ÉCONOMIQUES DANS LA MOYENNE VALLÉE

A la fin de l'époque coloniale, l'agriculture pratiquée le long du fleuve se distinguait du système fondé sur la rotation arachide/mil, dominant ailleurs au Sénégal. Dans la moyenne vallée, les systèmes cultureux étaient avant tout caractérisés par les cultures de décrue (cultures de *waalo*), dépendantes de l'inondation annuelle du lit majeur du Sénégal. Comme ailleurs en Afrique tropicale, les irrégularités saisonnières du débit fluvial avaient permis l'exploitation des vastes terroirs situés en bordure de fleuve, tandis que la culture sous pluie pratiquée pendant l'hivernage (cultures de *jeeri*) occupait une place complémentaire. Le cadre politique et écologique du complexe économique traditionnel, incluant les pêches, l'élevage et l'artisanat, a été fréquemment décrit, d'autant qu'il offrait l'image séduisante d'une organisation productive équilibrée par sa propre diversification (Boutillier et Schmitz 1987).

Depuis des décennies, ces modes de faire-valoir anciens semblaient pourtant en déclin et dépourvus du dynamisme rencontré ailleurs, du fait notamment du développement de l'agriculture spéculative. A la veille de l'indépendance nationale, les travaux de la MISOES, joints à ceux de A. B. Diop (Boutillier *et al*, 1962 ; A. B. Diop, 1965, Voir également Minvielle, 1985 et Delaunay, 1984), permirent de mieux cerner une des composantes supplémentaires de l'économie régionale, à savoir l'émigration. Les études ultérieures, menées durant une période marquée par des transformations rapides, ont enrichi notre connaissance du phénomène migratoire, et notamment de son "articulation avec les modes de production pré-capitaliste et capitaliste" rencontrés au Sénégal (pour reproduire la terminologie de l'époque). Le cadre d'interprétation le plus sévère considérait que la région du fleuve, périphérie vulnérable du dispositif mondial, était soumise à une brutale déstructuration sous l'effet du développement capitaliste. La "crise" d'alors découlait de la traite atlantique et de la pénétration marchande. Mais une analyse moins rigide indiquait que le système de production traditionnel, peu affecté par l'économie mondiale, côtoyait sans heurt un système plus ouvert au marché du travail (principalement urbain) de type capitaliste. La main-d'oeuvre du Fouta, du moins la population active masculine libre de ses mouvements, a donc accédé très tôt à des emplois urbains (*liggeey tubaab*, travail des Blancs), dont le régime était fort différent des travaux saisonniers, autrefois accomplis par les *FuutankooBe* dans le bassin arachidier (*duumal gerte*)².

L'origine de la migration est à rechercher dans l'instauration, lors de l'époque coloniale, de l'impôt, qui provoqua artificiellement un déficit monétaire dans

2 Le "navétanat", migration vers les zones arachidière en période d'hivernage, a sans doute beaucoup moins touché les populations du Fouta que celles d'autres régions du Sénégal ou limitrophes. (David, 1980).

une économie non marchande. Les productions commerciales locales, écoulées par l'économie de traite, étaient insuffisantes pour générer les revenus nécessaires. Le caractère saisonnier du travail agricole et les fréquentes périodes de sous-emploi autorisaient des mouvements migratoires temporaires de main-d'oeuvre hors du Fouta ; du fait des crises récurrentes de l'économie agricole (mauvais hivernages, crues insuffisantes, ravages dus aux acridiens *etc.*), la main-d'oeuvre pouvait également se libérer en cas d'échec des cultures.

Ce que l'impulsion migratoire première indique, au delà de la pénétration coloniale et du désenclavement progressif imposé à l'économie rurale de la vallée, c'est la difficulté rencontrée par les autorités coloniales à recruter la main-d'oeuvre et mettre sur pied une économie extravertie (Boserup, 1990, Hyden, 1986). La raison structurelle de cet obstacle, l'absence d'un surplus de main-d'oeuvre en zone rurale, dérivait notamment du faible état de développement de l'appareil productif, et de la disponibilité en terres cultivables. Les études s'accordent sur ce point ; en dépit des inégalités lignagères qui déterminaient un accès différentiel à la terre (de *waalo* notamment), la taille des exploitations suivait de près la taille des ménages, et celle de leur main-d'oeuvre agricole. La pression foncière semblait donc relativement modeste, en dépit de la progression démographique concomitante à la colonisation et de ses éventuelles conséquences sur le rendement décroissant des terres marginales mises en culture³. Cette dernière observation est importante, car les migrations, d'une ampleur considérable, relevées dès les années cinquante, ne correspondaient pas à l'effet mécanique de saturation historique des terroirs, phénomène très fréquemment identifié hors d'Afrique.

Quand survint la sévère crise climatique des années soixante-dix, due à une baisse radicale de la pluviosité, les populations du fleuve recoururent à leur "bras urbain" pour pallier les déficits graves des systèmes de production. La migration a donc parfaitement joué son rôle dans la diversification économique des ménages de la moyenne vallée, leur permettant de bénéficier des revenus gagnés en ville, restés indemnes à cette époque. Mais cette fois-ci, l'insuffisance de la production régionale devenait manifeste, et les déplacements répondaient moins à des besoins monétaires complémentaires qu'à un déclin brutal du système traditionnel.

L'irrigation, que l'Etat a introduite dans la vallée avant la grande sécheresse, représente en quelque sorte une réponse alternative, "boserupienne", aux difficultés de la production traditionnelle fondée sur la crue et la pluie, gravement affectée par la sécheresse. Elle a donc été perçue par les observateurs

3 Les études ont pourtant souvent évoqué le caractère "limité" des surfaces cultivables en décline (les terres de jeeri ne faisant guère défaut). Mais la taille moyenne des champs cultivés et sa variabilité selon le nombre de bras dans la famille suggère au contraire une relative disponibilité, en dépit des contraintes foncières ou physiques. Y. Guèye (1957) affirmait pour sa part, sans être toutefois fort persuasif, que la tendance au morcellement de la propriété foncière était responsable au Fouta de l'émigration.

extérieurs en premier lieu comme un antidote à l'hémorragie migratoire, car l'intensification d'une production essentiellement commerciale (riz et autres) devait régénérer l'économie paysanne. Toutefois, depuis les années quatre-vingt, les observateurs ont apporté de nombreuses réserves à l'optimisme des aménageurs qui désignaient le fleuve Sénégal comme le pôle de croissance emblématique des campagnes sénégalaises (Lavigne-Delville 1991, Crousse *et al.*, 1991 Diemer et van der Laan, 1987). Les analyses qui suivent seront précisément consacrées à l'évaluation du rôle de l'irrigation dans les systèmes agricoles, et de sa productivité spécifique.

L'ENQUÊTE "DÉMOGRAPHIE ET DÉVELOPPEMENT"

C'est dans ce contexte rapidement décrit qu'est intervenue notre enquête, dont nous allons présenter de premiers résultats synthétiques. Son principal objectif était de donner un panorama représentatif et quantitatif de l'état des ressources économiques dans le Fouta, en s'appuyant avant tout sur les pratiques économiques et démographiques de la population. L'enquête conduite en 1992 et 1993 a permis un suivi démo-économique d'un échantillon de plus de 8.000 habitants, répartis en douze localités (ou grappes statistiques) représentées sur la figure 1. Un des avantages de cette procédure est notamment de rassembler des terroirs souvent très distincts, et de limiter ainsi les effets aléatoires des enquêtes monographiques. Nous ferons essentiellement usage dans ce document des informations contenues dans le module économique de l'enquête⁴.

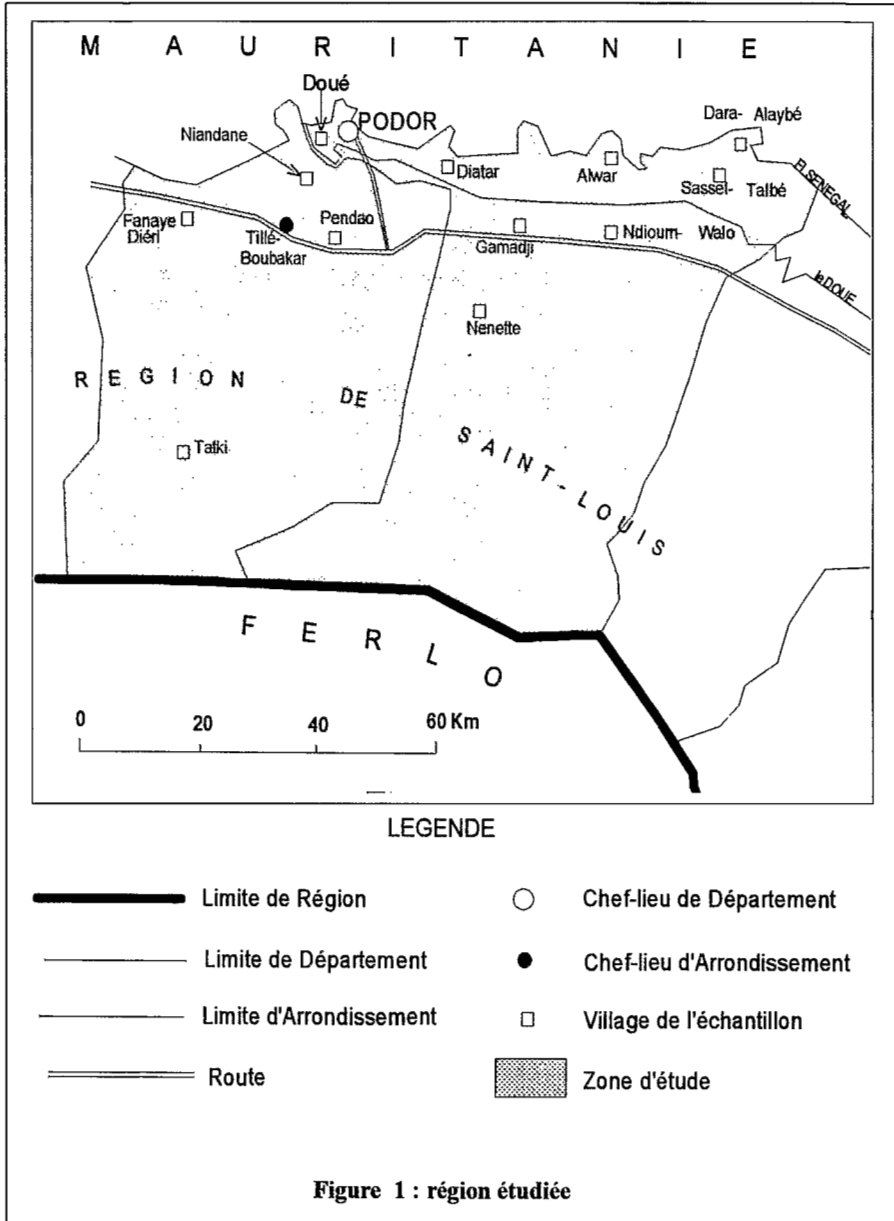
L'unité de base du module économique est ici le *fooyre* ("cuisine" ; *pooye* au pluriel), c'est-à-dire l'équivalent le plus proche du ménage économique ou de l'exploitation agricole ; elle s'insère entre le groupe conjugal, de taille plus restreinte, et la concession qui inclut parfois plusieurs "cuisines" séparées⁵. Il serait téméraire de prétendre qu'il s'agit là d'une unité socialement stable, et dont les contours ne présentent aucune ambiguïté dans leur définition. Toutefois, la détermination bureaucratique de l'exploitation agricole, utilisée de manière cruciale lors de l'attribution des parcelles irrigables, se fonde sur le *fooyre*, en sorte que l'on pourrait dire que l'Etat interpelle les paysans en tant que *fooyre*. Cette définition reçoit donc une importante sanction officielle, et toutes les informations présentées ici s'y rapportent.

Nous présentons tout d'abord quelques premières indications globales sur l'ensemble de l'échantillon. La part déclinante des cultures traditionnelles, en même temps que l'émergence rapide de la culture irriguée sont bien résumées

4 Pour une description des protocoles d'enquête et des résultats plus complets, voir Diouf et Guilmoto (1994 : 11-42)

5 D'anciennes enquêtes (MISOES *etc.*) oscillent dans leurs usages entre la concession (*galle*, ou "carré") et des ménages mal définis, mais les travaux plus récents (OMVS, Minvielle *etc.*) ont adopté le *fooyre* comme unité de référence

par les chiffres du tableau 1 ; et l'ampleur des changements est considérable en l'espace de trente ans⁶.



6 Pour une comparaison plus précise avec les résultats de l'enquête de la MISOES, voir Guillmoto en bibliographie.

Confort	
disposent de latrines aménagées	3,7%
disposent de murs en "dur"	5,7%
possèdent un transistor	67,9%
possèdent un cheval	26,8%
Cultures traditionnelles	
pratiquent la culture de décrue (waalo)	46,6%
pratiquent la culture pluviale (jeeri)	22,5%
Cultures irriguées	
disposent de parcelles irriguées	70,3%
dont Périmètres Irrigués Villageois (PIV)	63,5%
taille moyenne de la parcelle irriguée	49,9 ares
dont production moyenne de paddy	18,7 sacs
dont production moyenne de tomates	120 caisses
Autres activités professionnelles	
pratiquent la pêche	3,5%
pratiquent l'artisanat (traditionnel)	9,1%
vendent du bétail	25,6%
pratiquent le commerce (sauf bétail)	16,8%
disposent d'un emploi salarié non agricole	15,5%

Tableau 1 : répartition des ménages de l'échantillon selon diverses caractéristiques socio-économiques

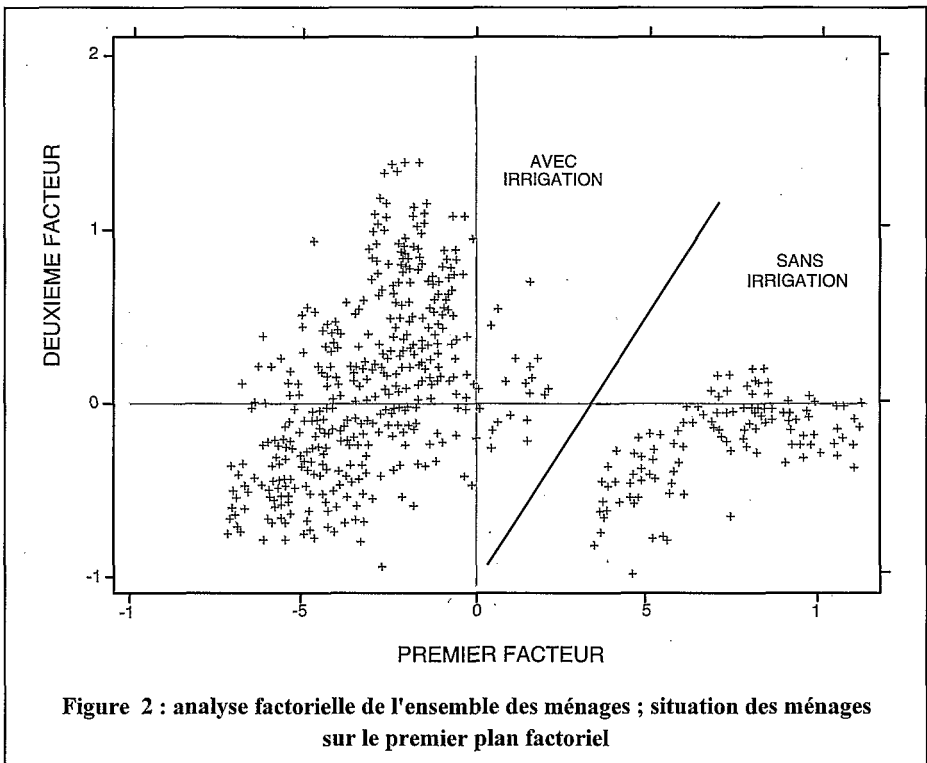
note : échantillon de 888 ménages

Comme on le voit par ailleurs, en examinant le rôle joué par les activités non agricoles en bas du tableau, spécialisation professionnelle et diversification des activités coexistent dans la moyenne vallée, en sorte que l'on rencontre aussi bien des ménages à vocation unique que d'autres pratiquant largement la pluri-activité. Cette configuration dissuade d'entreprendre, dans l'exploitation de nos données, la division des unités économiques selon les catégories traditionnelles de l'analyse économique régionale (élevage, culture spéculative *etc.*). Ce qui suit ne sera donc pas le catalogue statistique exhaustif de l'échantillon analysé selon les dizaines de variables économiques recueillies. Au contraire, les données du premier passage en février 1992 seront interrogées de manière globale au moyen d'analyses factorielles⁷. Le but de l'analyse factorielle est de mettre en évidence l'ensemble des concordances statistiques, dimensions sous-jacentes (nommées "axes d'inertie") qui structurent l'univers observé ; il s'agira ici de reconstituer la diversité des options économiques recensées parmi les ménages de notre échantillon.

7 Nous ne pouvons prendre ici en compte les données collectées lors des passages successifs de l'enquête. Ne se fondant par conséquent que sur un unique relevé, les présentes observations conservent un caractère assez fragile en raison de la flexibilité des systèmes productifs. Pour une analyse plus exhaustive, cf. Diouf et Guilloto (1994 : 43-54 et 63-73).

De nombreuses variables ont ici un caractère strictement qualitatif ; les pratiques économiques se définissent notamment par certaines orientations (type d'irrigation, pratique de la culture pluviale *etc.*) dont la quantification serait impossible, ou de maigre fiabilité comme par exemple la superficie, très généralement ignorée, des terres exploitées en *waalo* ou en *jeeri*. L'importance de ces variables catégoriques, la plupart à modalité dichotomique, nous conduit à une analyse factorielle des correspondances, après avoir procédé à une disjonction des quelques variables disponibles qui soient authentiquement quantitatives (production irriguée, taille des troupeaux *etc.*). Les variables participant à l'analyse factorielle (variables "principales") sont les variables économiques, dont certaines, par trop redondantes, ont été éliminées. Les autres variables, en tant que variables "supplémentaires", ont été confrontées *a posteriori* aux modèles factoriels, sans toutefois avoir joué de rôle dans leur détermination. Pour des raisons d'espace, elles ne seront pas nombreuses ici⁸.

LE FOUTA EN 1992-93 : VISION D'ENSEMBLE



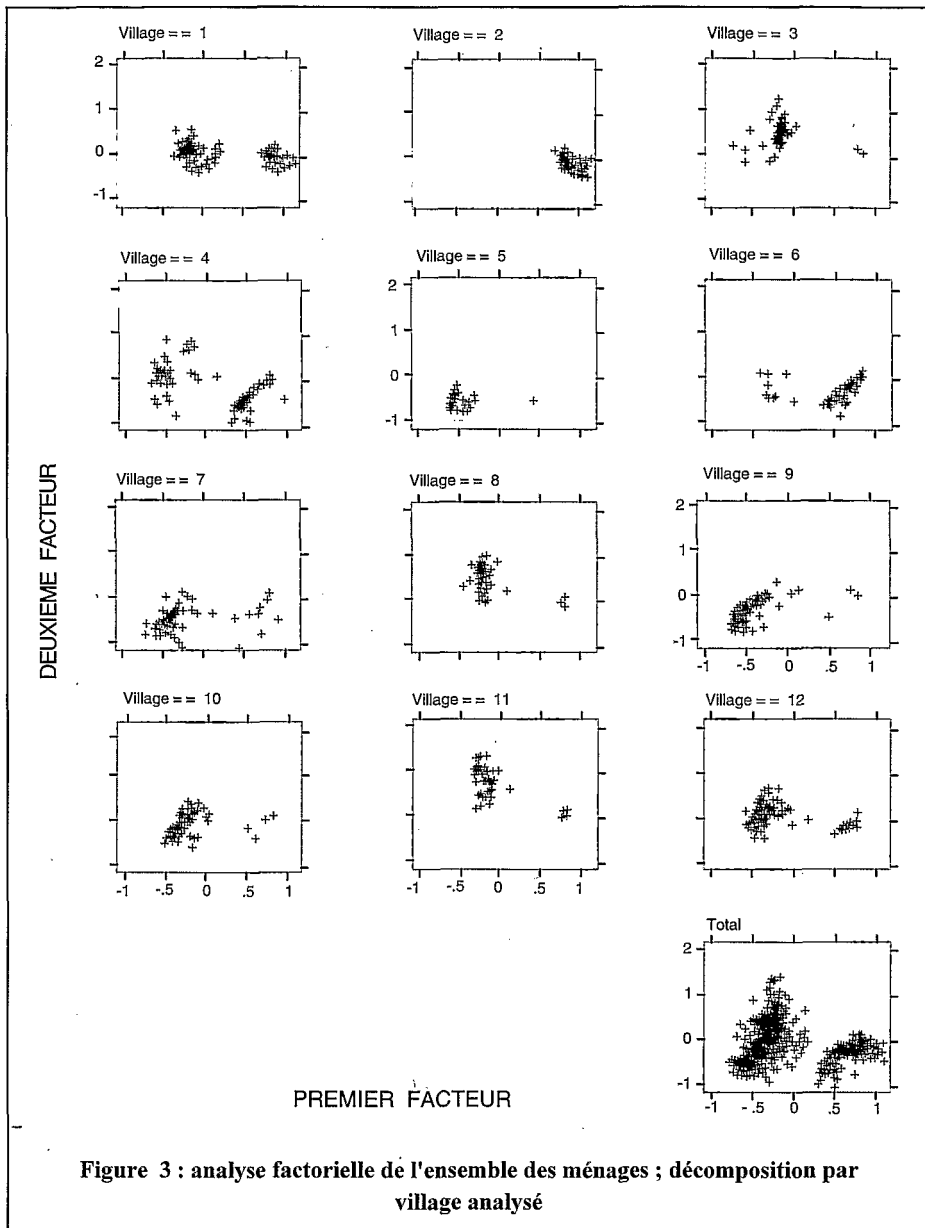
La première analyse factorielle a pris en compte l'ensemble des 888 ménages recensés en 1992, pour lesquels les données ont pu être consolidées par les

8 La liste descriptive des variables employées est reproduite en annexe 1.

passages ultérieurs. Les résultats de l'analyse factorielle sont brièvement résumés par la figure 2 du premier plan factoriel qui représente la position respective des différents ménages. Très distinctement, l'univers économique se décompose en deux groupes de ménages, dont le premier axe factoriel, celui des abscisses, est le caractère discriminant. Cet axe oppose l'accès à l'irrigation (à gauche) à l'absence d'irrigation d'aucune sorte (à droite) de manière tout à fait discontinue. Le second axe oppose, au contraire, la pratique de l'agriculture traditionnelle et la vente de bétail (en bas) à l'irrigation à grande échelle (en haut).

Les variables principales s'opposent donc facilement en trois pôles. Le pôle des "grands irrigants" dans le quart nord-ouest se caractérise par les plus fortes productions irriguées, sur les plus grandes surfaces, *etc.* Le quart sud-ouest est occupé par les ménages disposant de PIV de plus petite taille, et qui pratiquent par ailleurs l'agriculture traditionnelle, notamment les cultures de décrue et de berge. Le quart sud-est rassemble les ménages sans aucune irrigation, mais également ceux possédant les plus grands troupeaux, notamment de bovins. Le dernier quart ne compte heureusement que peu de ménages, car il ne se caractérise par aucune détermination positive de l'activité économique du ménage. On peut donner de cet inventaire différentes lectures, mais à titre provisoire, quelques observations suffiront. Les trois pôles en question mettent en lumière la géographie économique du Fouta et l'hétérogénéité marquée de ses exploitations. Ces dernières s'ordonnent donc selon ces trois dimensions que nous qualifierons ainsi (pour simplifier) : élevage sans culture, PIV et cultures traditionnelles, grande irrigation. Parmi les variables "supplémentaires", on notera que la variable confort (habitat et patrimoine du ménage) va en progressant en suivant les trois orientations économiques citées ; quoique la liaison soit statistiquement faible, cette variable reflétant l'aisance matérielle des ménages accompagne logiquement le degré d'intensification productive, du nomadisme pastoral à la culture irriguée.

Nous observons dès à présent que les "privilegiés" de Nianga, avec leur fort potentiel agricole, sont isolés à l'intérieur de notre espace d'étude élargi à la moitié du département de Podor. Leur particularité ressort mieux sur la figure 3, où les ménages des différents villages sont représentés séparément. Les villages 3, 8 et 11, qui bénéficient de grands aménagements, sont placés à l'écart des autres sur le plan factoriel, notamment le seul de l'échantillon à être à proprement parler dans la zone de Nianga (village 11). Les trois villages 5, 7 et 9, situés sur l'île à Morphil, une région de *waalo* encore très enclavée, sont également proches sur le premier plan factoriel. Avec le village 2, situé dans le *jeeri* loin du fleuve, ces premières localités font preuve d'une très forte homogénéité interne. L'analyse de la variance des deux premières variables factorielles en apporte la confirmation : la variance inter-village est très forte



entre les douze localités et représente respectivement 55,6% et 67,3% pour chaque axe factoriel. La variance est au contraire relativement très modérée à l'intérieur des grappes. Comme on le voit sur la figure 3, les derniers villages (1, 4, 6, 10, 12) occupent des positions souvent intermédiaires et leurs ménages sont partagés entre les deux essaims de la figure 2 ; on remarquera que ces derniers se trouvent tous, à une exception près, situés le long du "goudron", à

savoir la grand-route reliant Saint-Louis à Bakel qui marque le frontière entre les zones de *waalo* et celles de *jeeri*.

sans irrigation

La configuration générale du nuage des points ne suggère pas de progression ; la présence d'irrigation constitue un tel saut qualitatif dans notre examen qu'il est possible d'en faire un critère de classement *a priori* de l'échantillon étudié, distinguant ceux qui irriguent (70,3% de l'ensemble) du reste des ménages. Nous avons par conséquent repris l'analyse après partition selon le premier axe ("présence d'irrigation vs grand troupeau"), et formé, selon la présence d'irrigation, deux sous-ensembles de ménages qui sont maintenant examinés séparément.

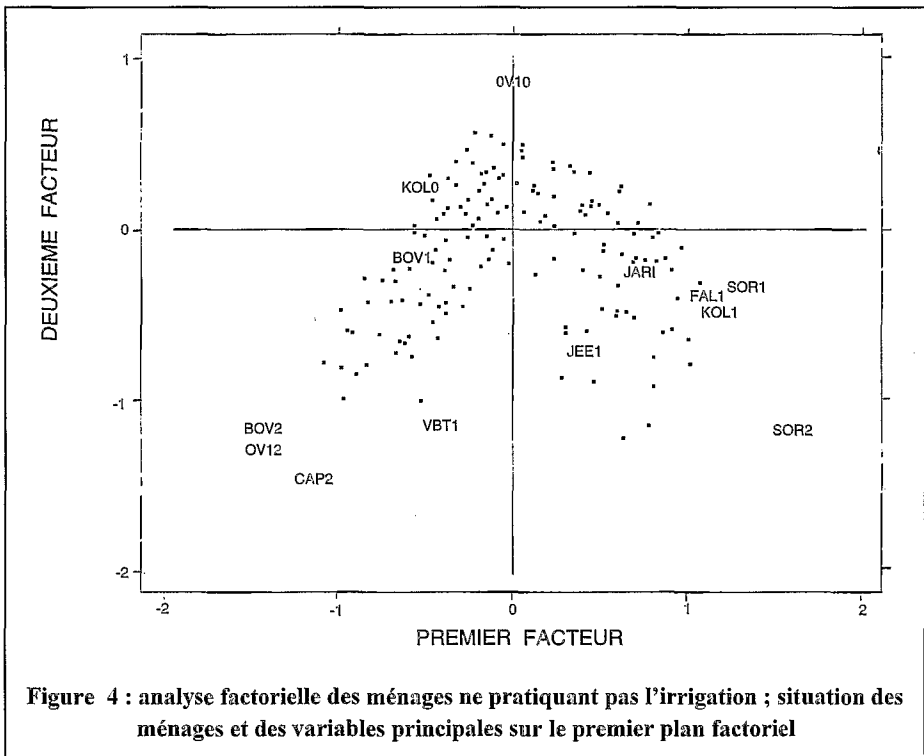


Figure 4 : analyse factorielle des ménages ne pratiquant pas l'irrigation ; situation des ménages et des variables principales sur le premier plan factoriel

L'analyse factorielle des ménages dépourvus de culture irriguée offre un résultat disparate porté sur la figure 4. Le nuage de ces 264 ménages qui ressemble à un V renversé (effet "Guttman"), est presque démunie de centre de gravité, c'est-à-dire de ménages "moyens". Le premier axe oppose le grand élevage (à gauche) aux cultures de décrue et de berge, tandis que le second distingue les éleveurs qui déclarent avoir vendu des bêtes (en bas), des ménages sans cheptel (en haut). On interprétera ces résultats en observant d'abord les ménages situés au sommet du V renversé ; ces ménages se caractérisent

par leur bas niveau d'activité, car ils sont sans troupeau, ni culture, ni autre activité productive marquante. On peut penser qu'il s'agit là de ménages entièrement dépendants, vivant de la famille émigrée ou de la solidarité villageoise. Le travail agricole à l'extérieur, réputé gratuit, est assez fréquent chez ces sans-ressources. Ces derniers regroupent également des ménages qui, pour des raisons exceptionnelles, n'ont rien récolté l'année précédant notre enquête ; leur cas est alors en partie atypique.

Les deux branches du V renversé symbolisent deux systèmes d'activités distincts. La culture de décrue, de berge, ou sous pluie, constitue le premier, tandis que l'élevage et le commerce du bétail constituent le second. On notera que les cultures du *waalo* sont, en moyenne, plus rares parmi ces 264 ménages, que parmi les ménages disposant d'irrigation ; ils sont ainsi moins de 30% à cultiver en décrue (les champs *kolaaDe*), contre 54% parmi ceux qui disposent de parcelles irriguées. L'alternative entre élevage et culture n'est guère optionnelle, car les caractéristiques du terroir dictent les choix qui s'imposent. Les caractères s'opposent donc distinctement parmi ces ménages comme le suggèrent les deux branches du nuage. Ainsi, les ménages pratiquant la culture de décrue (à droite) possèdent en moyenne moins d'un bovin, alors que les autres en possèdent plus de huit. Les habitants du *jeeri* (à gauche sur la figure 4) s'adonnent en revanche massivement à l'élevage, car ils peuvent étendre loin vers le sud (Sine-Saloum) les zones de transhumance des bovins pour pallier les déficits pluviométriques qui mettent en danger les pâturages coutumiers ; les troupeaux peuvent alors atteindre des tailles considérables, mais cette orientation place cette partie de l'échantillon dans une situation radicalement différente de celle des ménages d'agriculteurs. En outre, leur activité pastorale est souvent exclusive, leur forte mobilité saisonnière rendant difficile l'exercice d'autres professions ou la pratique de l'irrigation. Les terroirs paysans, pour leur part, ne disposent pas d'une souplesse d'adaptation comparable à celle des groupes Peul, et les cultures traditionnelles restent ici la principale ressource pour ceux qui sont, à titre permanent ou passager, privés de parcelles irriguées ; on notera toutefois que les autres activités non agricoles (notamment l'artisanat et le commerce) offrent des ressources supplémentaires aux ménages sans troupeau.

Avec irrigation

Le second groupe est le plus important, puisqu'il rassemble plus de 70% de notre échantillon. Sur le graphique (figure 5), issu d'une nouvelle analyse factorielle des correspondances restreinte à ces ménages, on reconnaît une répartition triangulaire, avec un centre de gravité bien marqué ("ménages moyens"). La définition des axes est la suivante : le premier oppose, de gauche à droite, la grande irrigation à la petite irrigation jointe aux cultures traditionnelles, tandis que le second distingue les grands troupeaux (bovins, ovins, caprins) situés vers le haut du graphe, des autres, situés vers le bas.

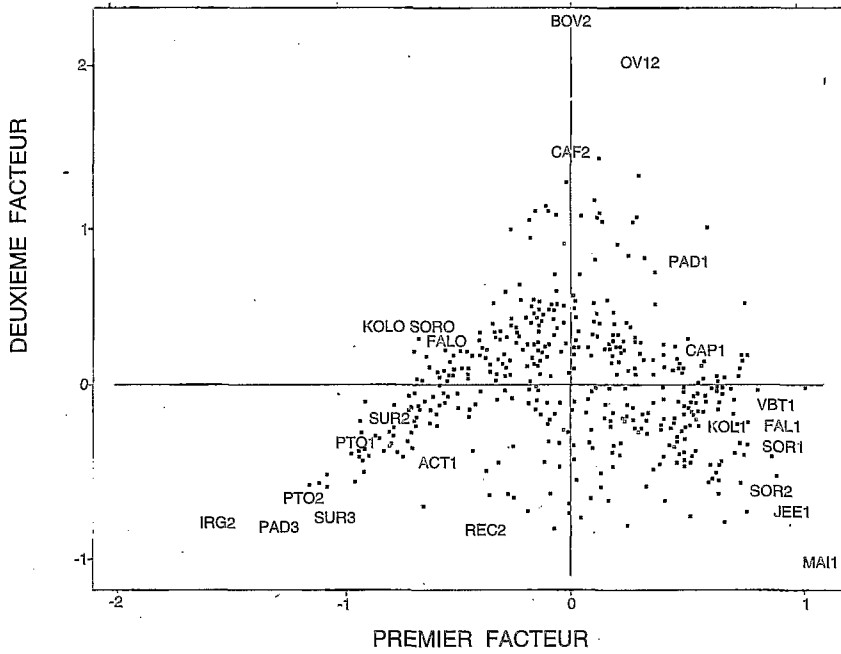


Figure 5 : analyse factorielle des ménages disposant d'irrigation ; situation des ménages et des variables principales sur le premier plan factoriel

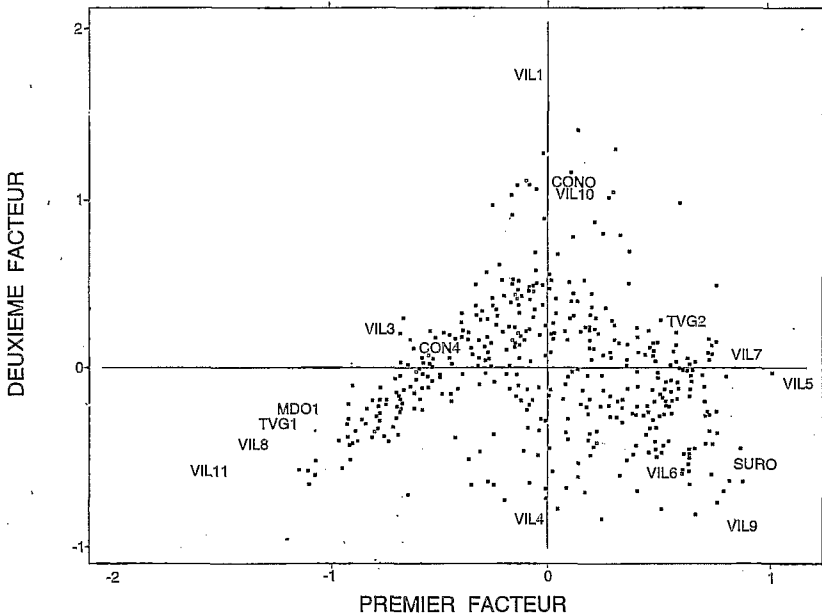


Figure 6 : analyse factorielle des ménages disposant d'irrigation ; situation des ménages et des variables supplémentaires sur le premier plan factoriel

Pour examiner cet ensemble, nous allons considérer les extrémités du triangle qui représentent les trois types idéaux d'exploitations, et ce, selon un degré de confort croissant, qui correspond schématiquement à la prospérité des ménages. Le sommet supérieur de ce triangle est faiblement représenté, car il correspond aux grands éleveurs qui sont peu nombreux parmi les exploitations disposant d'irrigation, sinon dans les villages 1 et 10 en bordure de *jeeri* et à peuplement peul⁹. Le sommet de droite rassemble la petite irrigation déjà identifiée. On peut la définir ici avec plus de précision. Elle correspond aux parcelles les moins étendues, cultivées une seule fois par an pour une production plus faible. D'autres caractéristiques s'y rattachent ; ces parcelles sont réservées au riz, ce qui, outre la prudence de ces petits paysans face aux risques des cultures commerciales, souligne l'importance de leur demande en vivres. Celle-ci se trouve d'ailleurs confirmée par l'attachement aux cultures anciennes : *waalo*, *falo* et même *jeeri* quand l'hivernage le permet, avec des productions assez fréquentes de sorgho, voire de maïs, dans ces *pooye*. Cet attachement n'a rien de sentimental, d'autant que la crue et la pluie sont désormais des éléments plus fluctuants que le cours du riz ; la diversification des champs vivriers est justifiée par la productivité limitée des petits PIV de la moyenne vallée, notamment de l'île à Morphil jusqu'alors peu favorisée par la manne aménagiste et dont l'enclavement défavorise l'écoulement des cultures commerciales. La dernière partie de ce travail revient plus en détail sur ces questions.

Enfin, le dernier sommet du triangle, situé à sa base gauche, désigne les exploitations irriguées les plus productives de la région, en même temps que celles dotées du meilleur confort. Celles-ci s'ordonnent régulièrement selon le volume des productions, le nombre de récoltes par an (deux en général), la diversification des cultures et la superficie disponible. Il s'agit avant tout des ménages ayant accès à des grands périmètres (Nianga), et à des moyens mécanisés à différentes étapes de la production. Le recours à la main-d'oeuvre extra-familiale se fait avant tout de manière communautaire, entre voisins et cousins, par échange mutuel de main-d'oeuvre gratuite. On note de plus, parmi ces grands exploitants, la forte fréquence d'autres ressources (emplois modernes, artisanat et commerce, retraite). La présence de main-d'oeuvre rétribuée, attestée par ailleurs pendant certaines périodes (récolte) dans cette zone, n'apparaît pas ici et il pourrait s'agir d'un défaut d'enquête. Ces ménages se caractérisent également par une plus grande fréquence de la culture de la tomate ; son rapport peut être élevé, en dépit des risques associés à cette culture dont la filière est "verrouillée" par quelques sociétés. Il s'agit en effet d'une culture contractuelle, et les paysans exclus du marché doivent s'en remettre à leurs commanditaires. Le marché des oignons, qui a moins de

9 Seul 3,7% de l'ensemble possède au moins 10 bovins ; des pourcentages identiques caractérisent les grands troupeaux de moutons ou de chèvres (20 têtes ou plus).

débouchés, est toutefois plus ouvert, les agriculteurs cédant le plus souvent leur récolte à des acheteurs venus de l'extérieur.

Quelques remarques sur la production irriguée

La catégorie des "grands irrigants" attire l'attention à plus d'un titre, car ces derniers représentent, pour une part de la paysannerie de la moyenne vallée, une perspective possible si le rythme des aménagements se maintient. De plus, pour le reste du Sénégal, ces exploitants sont susceptibles d'exporter leur forte production hors de la vallée et de réduire la part des importations alimentaires du pays. Il est donc intéressant de se pencher plus longuement sur leur cas, en adoptant cette fois-ci un point de vue plus analytique, d'autant que leur rôle est central dans la zone de Nianga. Il s'agit alors d'isoler les conditions de l'intensification agricole et notamment d'évaluer les effets d'échelle propres à la gestion d'exploitations irriguées de taille diverse. On cherchera notamment à dégager la part respective des contraintes physiques (surface disponible), et des facteurs de production.

Nous partons ici des volumes produits par les exploitants en chiffres bruts pour le paddy, la tomate et l'oignon. Ceci signifie que notre analyse ne tient pas compte ici des coûts d'exploitation que l'on sait particulièrement élevés pour la culture irriguée. Il s'agit, par rang décroissant d'importance, du fonctionnement des pompes (notamment le carburant), des engrais et des produits phytosanitaires, et enfin du coût de la main-d'oeuvre et des semences. Ces informations sont pour le moins difficiles à collecter en raison de la nature de notre enquête ; une unité de mesure plus appropriée serait en réalité le groupement de producteurs dans son ensemble, au prix néanmoins d'une très faible représentativité globale. Le volume de la production nette doit donc être tenu provisoirement pour proportionnel au volume brut des récoltes déclaré lors de l'enquête, ce qui est tout à fait théorique¹⁰. En raison des différentes cultures en présence (paddy, tomates et oignons), les productions ont été rapportées à leur prix moyen par unité récoltée : 6.800 Frs CFA pour le sac de riz (prix réglementaire de la SAED), 1.000 Frs CFA pour la caisse de tomates et 3.000 Frs CFA pour le sac d'oignons. Nous avons adopté ici une grille de prix assez avantageuse, mais nous reviendrons plus loin sur les fluctuations affectant les cours. On obtient finalement un indice de valeur brute de la production en additionnant les valeurs des différentes récoltes. Ce chiffre, qu'on assimilera à la valeur totale du produit agricole, servira de base à notre examen de la productivité.

Une première analyse, par régression linéaire, montre, comme on peut s'y attendre, que la surface irriguée disponible par ménage est le premier détermi-

10 Pour diverses analyses de coûts, avec les limites mentionnées quant à leur représentativité, voir Lavigne Delville (1991), Engelhard et Ben Abdallah (1986) et Diemer et van der Laan (1987). En 1993, lors du troisième passage, une tentative a cependant été faite pour estimer la part de la production ou la somme correspondant aux coûts de production globaux.

nant de la valeur totale de la production, et cette variable explique 40% de la variance observée. Le même modèle, en prenant la valeur logarithmique des variables, s'avère beaucoup plus efficace ($r^2=0,66$) et sera donc repris ultérieurement. On notera que cette équation logarithmique conduit à un rendement monétaire (c'est-à-dire le rapport Valeur/Surface) très légèrement croissant en fonction de la surface¹¹. Le reste des écarts observés dans l'analyse de la valeur de la production est attribuable à un large choix de facteurs : choix culturels opérés, aléas productifs (et climatiques), rendements différentiels, etc.

Pour éliminer l'effet mécanique des superficies sur les volumes récoltés, nous avons examiné les chiffres de rendement en rapportant la valeur brute de la production à la surface disponible : la moyenne de l'échantillon est de 3500 Frs CFA par are, pour les 599 ménages retenus pour l'analyse. Ce chiffre global masque à son tour d'importantes disparités parmi les exploitations : le coefficient de variation s'élève à 70 % du rendement moyen. Les questions sur la rentabilité de la culture irriguée se posent ici : la taille des exploitations, fortement variable comme il a été précédemment montré, est-elle un déterminant positif ou négatif de la productivité agricole ? Plus concrètement, la question est de savoir par quels mécanismes (choix culturels, économies d'échelle, etc.) les grandes exploitations peuvent compenser les rendements éventuellement décroissants.

surface irriguée	nombre de ménages	rendement moyen	jeeri	cultures pratiquées		main-d'o extérieurement	nbre moy d'adultes	rendement par adulte
				tomates	oignons			
1-19 ares	142	3,3	21,8%	5,6%	2,1%	4,2%	2,7	1,35
20-39 ares	218	3,1	25,7%	10,5%	2,8%	16,5%	3,3	1,11
40-79 ares	133	4,0	9,0%	60,9%	17,3%	49,6%	3,8	1,27
80 ares et plus	106	4,0	6,6%	62,3%	34,0%	82,1%	4,4	1,15
total	599	3,5	17,7%	29,7%	11,3%	32,5%	3,5	1,21

note : * rendement (ou valeur produite par are) en milliers de CFA par are.
 * cultures et main-d'oeuvre en pourcentages de ménages concernés (par classe de superficie).
 * rendement moyen par adulte en milliers de CFA par are et résident adulte.

Tableau 2 : caractéristiques productives des exploitations irriguées selon la superficie disponible.

Afin de donner une première idée des éléments rentrant en ligne de compte dans la production, nous avons regroupé un certain nombre de variables sur le

11 Valeur/Surface = Rendement = Constante.exp(0,04.ln(Surface)). Sauf mention contraire, les équations et les coefficients présentés dans ces analyses sont tous significatifs à 1%.

tableau 2, obtenu après ventilation des exploitations en quatre classes de surface croissante. La troisième colonne de ce tableau indique clairement la moindre productivité des petites exploitations : un rendement de 25% inférieur à celui des exploitations de plus de 40 ares est significatif. Un découpage plus fin par superficie irriguée (non reproduit ici) aurait fait apparaître une croissance plus régulière, avec toutefois un léger déclin du rendement dans la tranche des plus grandes surfaces irriguées¹². Cette hausse globale des rendements en fonction de la taille est à comparer avec la baisse des rendements par nombre d'adultes dans le ménage figurant sur la dernière colonne du tableau 2.

Cette hausse des rendements monétaires (ou plus exactement des valeurs brutes de la production par are) en fonction de la surface n'est sans doute pas indiscutable, car d'autres facteurs évoluent en fonction de la taille de l'exploitation. Le tableau 2 indique en effet que si la fréquence des cultures pluviales (*jeeri*) diminue logiquement, les cultures commerciales et le recours à la main-d'oeuvre extérieur au ménage augmentent en même temps que les surfaces disponibles¹³. L'examen des cultures commerciales est important pour notre propos ; on observe que leurs fréquences vont en augmentant avec la superficie, mais à des cadences différentes. La tomate est très cultivée au dessus de 40 ares, tandis que l'oignon progresse plus lentement. L'avant-dernière colonne (nombre d'adultes par exploitation) réaffirme en outre le lien positif reliant la taille des surfaces exploitées et celle de la main-d'oeuvre familiale, selon le classique modèle de Chayanov de l'exploitation domestique. Or, comme la taille de la parcelle allouée à l'origine au *fooyre* ne dépendait pas du nombre d'adultes résidents, on peut en déduire que l'ajustement entre surface disponible et main-d'oeuvre familiale est plus complexe et a dû s'opérer par cession de parcelle, participation à plusieurs groupements ou migration d'adultes.

Le tableau précédent exposait les différents facteurs de production variant avec les exploitations classées par taille. Pour mettre de l'ordre dans ces éventuels déterminants de la productivité, nous avons testé un modèle global qui confronte la valeur de la production aux différentes caractéristiques disponibles des exploitations. Nous reprenons le modèle "log-log" utilisé précédemment pour introduire de nouvelles variables explicatives. L'équation utilisée est une régression dont la valeur de la production (en logarithme) est la variable dépendante, et les variables indépendantes sont les suivantes :

12 La situation atypique d'un village (dont la motopompe a été en panne plusieurs années de suite) donne à cette courbe un aspect accidentée, car la plupart des ménages affectés disposent d'une surface similaire (tranche des 20-39 ares). De la même façon, s'il n'y avait ce village sinistré, la fréquence des cultures de *jeeri*, ou la productivité par adulte du ménage (dernière colonne), connaîtrait une diminution tout à fait régulière.

13 On rappellera à ce propos que la main-d'oeuvre extérieure est principalement constituée de main-d'oeuvre réputée "gratuite" (entraide familiale ou villageoise), alors que la part de la main-d'oeuvre rémunérée (en argent) plafonne à 12% dans les plus grandes exploitations.

- surface irriguée disponible (en log)
- culture de tomate (variable binaire)
- culture d'oignons (variable binaire)
- nombre d'adultes présents dans le ménage (en log)
- main-d'oeuvre extérieure (variable binaire)

On s'est cantonné ici aux variables les plus importantes : la contrainte de surface, les choix cultureux exprimés en variables dichotomiques, et le facteur travail (adultes du ménage et main-d'oeuvre extérieure). Ces cinq variables (significatives à 1%) conduisent à un résultat très encourageant, puisque le modèle rend compte de 74% de la variance totale de la variable dépendante (les équations sont reproduites dans l'annexe 2). Tous ces facteurs explicatifs sont évidemment corrélés positivement à la valeur de la production agricole, mais selon des modalités très variables.

A partir de cette équation liant la valeur brute de la production aux caractéristiques de l'exploitation, nous pouvons faire apparaître une nouvelle fois le rendement monétaire, c'est-à-dire le produit brut par surface cultivée. Il suffit pour cela de diviser la valeur par la surface, et après simplification des termes logarithmiques, on obtient la formule suivante :

$$\text{Rendement} = k.F(\text{Surf}).G(\text{Tomates}).H(\text{Oignons}).I(\text{Main-d'oeuvre}).J(\text{Adultes})$$

- * "Rendement" est la valeur brute produite par are
- * k est une constante
- * $F(\text{Surf})$ est une fonction exponentielle décroissante de la surface
- * G , H et I sont des fonctions valant respectivement 1,50, 1,46 et 1,55 en présence de culture de tomates, d'oignons ou de main-d'oeuvre gratuite, et 1 sinon.
- * J est une fonction exponentielle croissante du nombre d'adultes

Le caractère multiplicatif du modèle, et non additif, tient compte des effets d'interaction entre les différentes variables. L'examen de ces résultats (cf. annexe 2) amène un certain nombre de remarques :

- 1) Après contrôle des autres variables à notre disposition, le rendement à l'hectare est à présent une fonction décroissante de la surface. Ce résultat est tout à fait conforme à l'hypothèse des rendements décroissants, et rappelle que la seule disponibilité de grandes surfaces irriguées serait largement moins profitable sans apport de main-d'oeuvre, familiale ou extérieure, et réorientation culturelle.
- 2) Le facteur travail, dans sa composante domestique, ne compense que partiellement cette baisse de rendement : ainsi, si la superficie et le nombre d'adultes résidents dans le ménage augmentent de 50%, le ren-

dement brut baisserait néanmoins de plus de 5%. En outre, comme les données portées sur le tableau 2 l'indiquent, le nombre d'adultes du ménage ne progresse pas suivant de la surface irriguée. La baisse de la productivité pourra en particulier être enrayée par l'appel croissant à la main-d'oeuvre extérieure.

- 3) Toutefois, la réponse la plus efficace à la baisse du rendement marginal est à la diversification des cultures, à savoir l'introduction de la tomate et de l'oignon en contre-saison. La valeur brute produite à l'hectare des cultures commerciales est supérieure à celle du riz, et vient le plus souvent s'ajouter à la production de riz en cas de campagnes pluriannuelles. Comme nous l'avons constaté précédemment, ces cultures sont plus fréquentes sur les grandes exploitations.

On peut conclure brièvement d'après ces résultats. La productivité des exploitations n'est liée qu'indirectement aux surfaces disponibles. L'augmentation des rendements observée est en réalité l'effet conjoint des choix cultureux et de la main d'oeuvre, qui sont liés positivement aux surfaces irriguées. En sorte que pour mitiger l'impact des rendements décroissants, les ménages ont recours à une main-d'oeuvre plus nombreuse, voire rémunérée pour les plus grandes exploitations. Ils peuvent également se lancer dans des cultures spéculatives dont le rapport est très favorable, à condition de disposer des sols adéquats. La riziculture joue un rôle sécuritaire pour les petits exploitants dans une économie rurale encore fragile. Elle est dominante tant que n'a pas été atteint un certain palier de ressources, en deçà duquel les risques de pénurie vivrière sont trop importants.

Au delà de ce niveau de production, les paysans qui peuvent s'orienter vers les cultures commerciales se procureront du riz à moindre coût avec les bénéfices retirés de ces dernières ; le prix d'échanges du paddy sur le fleuve est d'ailleurs, en certaines périodes de l'année, largement inférieur au prix d'achat officiel pratiqué par la SAED sur lequel nous avons fondé nos calculs. Des travaux complémentaires sont nécessaires pour évaluer précisément ce niveau de dépendance, notamment en rapport avec les facteurs de production agricoles et les revenus extra-agricoles, dont ceux dérivés de la migration¹⁴.

La diversification des cultures ne limite pas les risques, mais semble au contraire les accroître en raison des difficultés liées aux cultures commerciales par rapport à la riziculture. Ces difficultés, que nous n'avons guère évoquées, sont réelles. Il s'agit notamment de la fragilité de ces cultures, mais également du mauvais fonctionnement des filières. Dans le cas de l'oignon, par exemple, les fluctuations des prix sont très importantes. Du point de vue des ménages paysans, l'important est en premier lieu d'assurer la production vivrière. Le

¹⁴ Depuis l'achèvement de ce travail, la dévaluation du Franc CFA de 1994 s'est accompagnée d'une hausse du prix du riz inférieure à celle des autres produits. L'écart entre le vivrier et le spéculatif pourrait donc s'accroître.

riz, qui s'est progressivement substitué au sorgho dans la consommation courante, est désormais devenu la denrée de base, tandis que les cultures traditionnelles, et notamment les légumes cultivés sur les berges, constituent un apport significatif à la marmite domestique. Toutefois, la consommation alimentaire inclut de plus en plus des denrées achetées (huile, sucre, thé, poisson *etc.*) que la vente des surplus de vivres ne couvre plus. Ce n'est pourtant qu'à un certain niveau de production que les paysans opteront pour des cultures commerciales, car le caractère prioritaire des récoltes vivrières (riz ou sorgho/mil) demeure.

RÉFLEXIONS PROVISOIRES

Le travail présenté n'épuise pas la diversité des dispositifs productifs du Fouta, mais s'attache à en donner une image plus synthétique qu'un fastidieux inventaire de la pluri-activité dérivé d'observations monographiques. Se fondant sur une région à l'intérieur de laquelle Nianga est le principal foyer de développement agricole, ses premières conclusions permettent de répartir les situations actuelles autour de plusieurs pôles. Le facteur le plus pertinent dans le département de Podor est la disponibilité en terres irriguées, qui constitue désormais le fondement d'une analyse des systèmes productifs régionaux. L'ancienne distinction entre pastoralisme et agriculture demeure, mais elle n'est pas aujourd'hui la clef pour comprendre le dynamisme productif et les grands changements qui interviennent. Plus précisément, l'élevage et l'agriculture traditionnelle, toujours pratiqués, ont à présent un rôle d'appui à l'intérieur d'un dispositif productif orienté vers les aménagements.

La rentabilité des aménagements constitue la question toujours actuelle, depuis que l'irrigation est apparue dans la moyenne vallée, certains observateurs affirmant même que cette dernière pouvait être déficitaire dans de nombreux cas, y compris en étant financée par les revenus tirés de l'émigration (Lavigne-Delville, 1991 et Diemer et van der Laan, 1987). Les risques (naturels) attachés aux productions traditionnelles ont fait place à des risques institutionnels que les paysans ne maîtrisent guère plus ; cette incertitude inhérente à la production irriguée, en ralentit le développement et en retarde les retombées sur la société paysanne. La migration reste importante dans les stratégies familiales, en dépit des multiples obstacles rencontrés par les migrants dans les zones traditionnelles de destination (chômage, expulsions *etc.*). Cette situation reflète indiscutablement le succès mitigé de l'agriculture irriguée à l'échelle régionale. Les données pour le faire n'étant pas disponibles, nous ne nous sommes pas livrés ici à un examen comptable de la production irriguée et de sa rentabilité à l'échelle de notre échantillon. L'étude des rendements bruts suggère néanmoins que fort peu de ménages peuvent escompter tirer de l'agriculture des revenus à même de concurrencer les salaires urbains ; la fréquence des récoltes pluriannuelles ou des cultures commerciales reste en effet trop faible. C'est toutefois parmi les ménages les plus prospères qu'il faudra recher-

cher les premiers effets d'une transformation des pratiques sociales, car ce sont les seuls du Fouta à être en mesure de résister à la tentation migratoire.

□ □ □

BIBLIOGRAPHIE

- Boserup, E., 1990. Economic and Demographic Relationship in Development, *essays selected and edited by T. P. Schultz*, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Boutillier, J.-L., Cantrelle, P., Causse, J., Laurent, C. et N'Doye, T., 1962. La moyenne vallée du Sénégal, PUF., Paris.
- Boutillier, J.-L., et Schmitz, J., 1987. Gestion traditionnelle des terres (système de décrue/système pluvial) et transition vers l'agriculture irriguée. Le cas de la vallée du Sénégal, *Cahiers des Sciences Humaines*, 23, 3-4, 533-554.
- Crousse, B., Mathieu P. et Seck S.M., 1991. La vallée du fleuve Sénégal. Evaluations et perspective d'une décennie d'aménagements, *Karthala, Paris*.
- David, P., 1980. Les Navétanes. Histoire des migrants saisonniers de l'arachide en Sénégambie des origines à nos jours, *Les Nouvelles Editions Africaines, Dakar et Abidjan*.
- Delaunay, D., 1984. De la captivité à l'exil. Histoire et démographie des migrations paysannes dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, *Ed. de l'ORSTOM, Paris*.
- Diemer, G., et Van der Laan, E., 1987. L'irrigation au Sahel. La crise des périmètres irrigués et la voie haalpulaar, *CTA /Karthala, Paris*
- Diop A. B., 1965. Société toucouleur et migration. Enquête sur l'immigration toucouleur à Dakar, *IFAN, Dakar*.
- Diouf, P.D., et Guilmoto, Christophe Z., 1994. Démographie et développement dans la moyenne vallée du Sénégal. Présentation des enquêtes de 1992-93, premiers résultats et analyse typologique des ménages, *Direction de la Prévision et de la Statistique, ORSTOM, Dakar*.
- Engelhard, P. et Ben Abdallah T., 1986. Enjeux de l'après-barrage. *ENDA et Min. de la Coopération, Paris*.
- Gueye, Y, 1957. Essai sur les causes et les conséquences de la micropropriété au Fouta Toro, *Bulletin de l'I.F.A.N.*, XIX, sér. B. 1-2. 28-42.
- Guilmoto, C.Z., Trente ans plus tard, le long du fleuve Sénégal. L'enquête de la MISOE à l'épreuve du temps ; ouvrage en hommage à Pierre Cantrelle, ORSTOM, à paraître (1995).
- Hyden, G. 1986. The Invisible Economy of Smallholder Agriculture in Africa, in J.L. Mook (ed.), *Understanding Africa's Rural Households and Farming Systems, Westview Press, Boulder and London, 11-35*.
- Lavigne Delville, P., 1991. La rizière et la valise. Irrigation, migration et stratégies paysannes dans la vallée du fleuve Sénégal, *Syros, Paris*.
- Minvielle, J.P., 1985. Paysans migrants du Fouta Toro (vallée du Sénégal), *Ed. de l'ORSTOM, Paris*.

□ □ □

ANNEXES

1) Compléments sur les analyses factorielles pratiquées.

Cette annexe précise les modalités pratiques de l'analyse factorielle. La liste des variables catégoriques utilisées suit ; leurs modalités sont détaillées, si ce n'est dans le cas des variables dichotomiques (0 = non, 1 = oui). Sauf mention contraires, ces informations se réfèrent à l'ensemble du *fooyre* pendant l'année précédent le passage des enquêteurs (janvier-février 1992). A titre d'exemple, la notation SUR1 signifie donc une surface irriguée comprise entre 1 et 50 ares ("petite irrigation").

Variables principales :

- JEE : *jeeri*, culture pluviale
 KOL : *kolaaDe*, culture de décrue
 FAL : *falo*, culture de berge
 JAR : jardin (culture souvent féminine)
 SOR : production de sorgho ; 0 = aucune, 1 = 1-9 corbeilles, 2 = 10 et plus.
 MAI : maïs
 TVG : Travail agricole effectué hors du *fooyre* ; 0 = aucun, 1 = travail gratuit, 2 = travail rémunéré.
 MDO : Main-d'oeuvre extérieure employée par le *fooyre* ; 0 = aucune, 1 = main-d'oeuvre gratuite, 2 = main-d'oeuvre rémunérée.
 IRG : Type d'irrigation ; 0 = aucune, 1 = PIV ou privée, 2 = grand périmètre.
 SUR : Surface des parcelles irriguées ; 0 = aucune, 1 = 1-49 ares, 2 = 50 ares et plus.
 REC : Nombre de récoltes irriguées annuelles : 0, 1, 2.
 PAD : Production en sacs de paddy ; 0 = aucune, 1 = 1-19 sacs, 2 = 20 sacs et plus.
 PTO : Production en caisse de tomates ; 0 = aucune, 1 = 1-99 caisses, 2 = 100 caisses et plus.
 VBT : Vente de bétail.
 BOV : Troupeau bovin ; 0 = aucun, 1 = 1-9 têtes, 2 = 10 têtes et plus.
 OVI : Troupeau ovin ; 0 = aucun, 1 = 1-19 têtes, 2 = 20 têtes et plus.
 CAP : Troupeau caprin ; 0 = aucun, 1 = 1-19 têtes, 2 = 20 têtes et plus.
 ACT : Autres activités et ressources (commerce, emploi salarié, artisanat ou retraite perçue)

Variables supplémentaires :

- TOT : Taille du *fooyre*, absents compris ; 0 = moins de 4 personnes, 1 = 4 à 7 personnes, 2 = 8 à 11 personnes, 3 = 12 personnes et plus.
 AHA : Nombre d'hommes adultes absents (juillet 1992) ; 0 = aucun, 1 = 1 seul, 2 = plusieurs.
 CON : Variable récapitulative des éléments de confort de l'habitat (toit, latrines, murs) et des biens possédés (cheval, transistor, armoire, motopompe etc.) ordonnées sur 4 valeurs croissantes : 0, 1, 2, 4. Construite à partir d'une analyse en composantes principales effectuée sur 14 variables.
 VIL : Code des douze localités constituant les grappes de l'échantillon (voir la carte).

Note : les variables ne figurent sur certains schémas que lorsqu'elles s'écartent significativement de la valeur moyenne (décision laissée à l'arbitraire de l'auteur), sans être nécessairement actives dans la définition des axes des plans factoriels. Pour cette raison, les variables démographiques, très indépendantes des variables économiques, sont rarement visibles. D'autres variables supplémentaires (infrastructures villageoises, ethnologie, caste, revenus migratoires etc.) n'ont pas été examinés ici.

2) Equation de la production

variable dépendante : valeur de la production (lnval, en logarithmes)

variables indépendantes : surface irriguées (lnsurf, en logarithmes), tomates (variable binaire), oignons (variable binaire), main-d'oeuvre extérieure (mdoext, variable binaire), nombre de résidents adultes (lnra, en logarithmes).

Source	Somme des carrés	dl	MS
Model	546,487297	5	109,297459
Residual	191,456677	593	0,322861175
Total	737,943974	598	1,23402002

Nombre d'obs. = 599
F(5, 593) = 338,53
Prob > F = 0,0000
r̄ = 0,7406

lnval	Coef	Err. std	t	P> t	[95% Interv. conf.]	
lnsurf	0,7575908	0,0364883	20,763	0,000	0,6859287	0,8292529
tomates	0,40968	0,0622861	6,577	0,000	0,2873519	0,5320082
onoig	0,4760438	0,0879778	5,411	0,000	0,3032578	0,6488299
mdoext	0,32069	0,0642057	4,995	0,000	0,1945917	0,4467882
lnra	0,1602685	0,048344	3,315	0,001	0,0653223	0,2552147
constante	1,403205	0,1174424	11,948	0,000	1,172552	1,633859

L'équation du modèle est par conséquent :

$$\lnval = 0,758.\lnsurf + 0,410.\text{tomates} + 0,476.\text{oignons} + 0,321.\text{mdoext} + 0,160.\lnra + 1,40$$

Soit, en termes de rendement par surface :

$$\text{rendement} = \text{val/surf} = \exp[-0,242.\lnsurf + 0,410.\text{tomates} + 0,476.\text{oignons} + 0,321.\text{mdoext} + 0,160.\lnra + 1,40]$$

Sans cultures commerciales, l'équation se simplifie ainsi :

$$\text{rendement} = \text{val/surf} = \exp[-0,242.\lnsurf + 0,321.\text{mdoext} + 0,160.\lnra + 1,40]$$

Comme on le voit, le terme correspond à la baisse du rendement des surfaces (-0,242) est supérieur en valeur absolue à celui du nombre d'adultes (0,160) ; ceci signifie que l'effet d'un changement de superficie est largement supérieur à un changement comparable dans la main-d'oeuvre familiale. L'accroissement d'échelle d'exploitation (surface et main-d'oeuvre) tendrait à faire baisser les rendements en l'absence d'autres changements dans le mode d'exploitation (dispositif cultural *etc.*).