
La gestion de l'eau face à la réalité anthropologique

L'eau est à la base de certaines structures territoriales du delta du Sénégal. La mise en œuvre des barrages modernes repose alors la question de la place des sociétés et des activités traditionnelles. Cette problématique est abordée autour des blocages actuels dans la gestion de l'eau, de la solution que pourrait représenter la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans la prise en charge des activités traditionnelles, des changements intervenus dans le cadre d'une hydraulique moderne.

1. Dépasser les blocages actuels d'une gestion locale de l'eau

La crise de l'eau dans le delta n'est pas intrinsèquement liée à la disponibilité quantitative de l'eau. Cette section tente d'aborder la question de la crise de l'eau dans le delta du Sénégal.

1.1. Une crise de l'eau dans le delta

Parallèlement à la maîtrise de l'eau douce, une crise de l'eau est observée dans le delta du Sénégal. Cette situation de crise est moins liée aux aspects quantitatifs, mais qualitatifs d'une part (développement des plantes d'eau douce et des algues, nappe phréatique salée, etc.). D'autre part, cette crise est aussi, en partie, le résultat d'un relatif échec de la gestion de l'eau (MIETTON *et al.*, 2008) et des sols dans le delta du Sénégal. Le facteur primordial d'explication de cette situation semble être la gouvernance qui, paradoxalement, a fait d'importants progrès avec la mise en place d'institutions et d'organisations à différentes échelles (OMVS¹, DGPRE², SAED³, OLAG⁴) pour prendre en charge les dimensions spatiales et les préoccupations socio-économiques des différentes parties prenantes (agro-industries, eau potable, agriculture irriguée, etc.).

La non prise en compte des échelles explique les problèmes rencontrés dans la gouvernance de l'eau. L'échec d'une gestion locale et d'une politique sectorielle (BRUN, LESSERRE, 2007) de l'eau (douce et salée) a été à l'origine de crises récentes, et cela bien que la ressource fut disponible ces dernières années (COLY, 2003 ; MIETTON *et al.*, 2008). Ces crises résulteraient d'une mauvaise adéquation spatiotemporelle et multiscalaire (du local au global et inversement) des ressources et des besoins. La gestion ayant toujours été axée sur l'offre (KAMARA, 2009), ces difficultés traduisent un déséquilibre multidimensionnel (temps, espace, quantité, qualité, etc.) entre l'offre et la demande dont une étude structurelle territorialisée doit être faite.

Si le territoire du delta du Sénégal peut être envisagé comme un système, il faut aussi souligner que le concept de système est largement a-spatial, et doit être complété par une réflexion sur le géosystème voire le géo-anthroposystème, sur les lieux et sur les rapports qu'entretiennent les attributs occupant les différents points de l'espace. Cette analyse peut être faite à travers une cartographie déployée à partir de la combinaison d'un Système d'Information Géographique (SIG – PANTAZIS, DONNAY, 1996) et d'une base de données géoréférencée (MARTIN, 2003, 2008.a) et à différentes échelles (locale, sous bassin versant, bassin versant, nationale).

Ce faisant, les différentes variables (débit, population, demande, etc.) envisagées sont abordées dans le temps de façon multiscalaire. Il en est de même tant pour l'offre que pour la

¹ Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal.

² Direction de Gestion et de Planification des Ressources en Eau.

³ Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta et de la Falémé.

⁴ Office du Lac de Guiers.

demande (pointe de crue horaire, débit moyen journalier, niveau d'eau saisonnier, demande de pointe, etc.) ; cette approche doit permettre d'établir des bilans quantitatifs et qualitatifs, comme une typologie spatiotemporelle des besoins et une caractérisation de l'offre (MARTIN, 1991).

1.2. Des objectifs d'autosuffisance alimentaire à prendre en compte

Historiquement, le rapport entre les groupes ethniques formant « sociétés » qui peuplent le delta est aussi fondé sur une maîtrise traditionnelle et une domestication progressives (AUBRY, 2004) de ce territoire. Le processus de contrôle total et d'appropriation de l'eau en circulation, lui, est récent (KAMARA, 2010) et est fondé sur une logique occidentale et moderne. Il se traduit par des aménagements et la modification du delta et de son estuaire (GANNETT *et al.*, 1979), par le développement d'une agriculture irriguée et l'augmentation des prélèvements d'eau pour les besoins urbains et ruraux, par l'augmentation de la densité de certains végétaux aquatiques et, plus globalement, par la montée en puissance de problèmes environnementaux (MICHEL, BARUSSEAU *et al.*, 1993 ; KANE, 1997). Cette liste, non limitative, de transformations et de conséquences, plus ou moins positives, montre bien que le delta du Sénégal appelle une gestion fine des évolutions en cours, tant dans l'espace que dans le temps. C'est à la construction de cet outil et à son acceptabilité sociale que cette thèse est vouée, afin de pouvoir passer d'une habitabilité traditionnelle de cet espace à une gestion plus productive et moins conflictuelle appelée par les impératifs définis par les pouvoirs publics sénégalais.

D'un côté, l'atteinte des objectifs « d'autosuffisance alimentaire » et la lutte contre la pauvreté sont devenues les chevaux de Troie de l'aménagement et de la maîtrise hydrauliques dans le delta. Sur les plans politique et spatial, ces objectifs économiques se traduisent par le développement d'une irrigation privée de grande envergure (2 500 ha dans le cadre du PDMAS¹, 48 000 ha prévus par le MCA²), par la mise en œuvre de programmes de développement agricole (GOANA³, PNAR⁴) et par la mise en œuvre d'un nouveau schéma hydraulique devant prendre en compte, à terme, la nouvelle configuration économique du delta. D'un autre côté, la baisse, voire la fossilisation de la nappe des sables quaternaires autour de Dakar (DASYLVA, COSANDEY, SAMBOU, 2004 ; DASYLVA, COSANDEY, 2005) ou de la nappe de Trarza au niveau d'Idîni située à une soixantaine de kilomètres de Nouakchott (CÔTE, 2011) du fait d'une surutilisation des ressources pose des problèmes d'alimentation en eau potable des capitales sénégalaise (Dakar, au sud du delta du Sénégal) et mauritanienne (Nouakchott, au nord). À partir de là, les stratégies des différents États riverains du fleuve Sénégal sont orientées vers le delta du Sénégal autant pour l'alimentation en eau potable des centres urbains que pour le développement d'une agriculture capable d'assurer l'autosuffisance céréalière des populations.

À ce titre, une meilleure gestion des ressources en eau constitue une base certaine pour amorcer un développement multiéchelle dont les communautés locales et l'État du Sénégal pourront bénéficier. Ceci passe par une bonne connaissance et une évaluation du système de gestion de l'eau dans le delta du Sénégal.

Les programmes de développement ont des incidences sur la gestion des ressources en eau dans le delta (augmentation de la demande, augmentation des débits et de l'hydraulicité des cours d'eau, extension spatiale des périmètres irrigués, problèmes écologiques et environnementaux – prolifération des plantes aquatiques, destruction d'habitats naturels –, etc.). Une évaluation de l'impact de ces programmes de développement permet de comprendre l'évolution à court, moyen et long terme des activités économiques modernes (et traditionnelles)

¹ Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal.

² Millenium Challenges Account.

³ Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance.

⁴ Programme National d'Autosuffisance en Riz.

et leurs incidences sur les ressources, les populations locales, bref sur le(s) territoire(s). Le développement se fera au détriment (ou en faveur) d'un certain nombre d'activités ou de populations d'où la nécessité du suivi à court et à long terme des ressources et des usages (indicateurs de suivi et tableaux de bord). Parmi les usages qui vont subir les conséquences de cette évolution, une attention particulière doit être accordée :

- aux cultures traditionnelles sur berges et pluviales ;
- à la croissance des populations urbaines et rurales corrélée à l'augmentation de la demande en eau potable, en produits agricoles céréaliers et horticoles, en loisirs (sports aquatiques, parcs d'oiseaux, etc.).

La maîtrise de l'eau est analysée à travers le rythme de développement des infrastructures hydrauliques (barrages, digues, stations de pompage, etc.) et, donc, de maîtrise accrue des ressources en eau. Il faut souligner que seul l'affluent du Bafing est totalement contrôlé à travers le barrage de Manantali, sur la haute vallée (Fig. 1). Les ressources en eau issue des affluents du Bakoye et de la Falémé ne sont pas contrôlées. Le potentiel hydraulique de la vallée du Sénégal reste encore peu exploité ; le bassin du Sénégal laissant encore passer, par Bakel, $\pm 60\%$ des écoulements du fleuve (BARBIER et *al.*, 2009). De ce fait, les projets de réalisation d'ouvrages hydrauliques sur la haute vallée sont nombreux (barrages de Félou, Golougo, Gouina, etc.), avec des fonctionnalités souvent différentes (hydroélectricité, eau potable, etc.), mais un objectif commun : la maîtrise totale de l'eau douce dans la vallée du Sénégal.

1.3. Des connaissances parfois anciennes, mais globalement insuffisantes sur la gestion de l'eau dans le delta du Sénégal

Les travaux sur le delta et la vallée s'inscrivent dans la perspective d'une connaissance morpho-systémo-génétique (MICHEL, 1973 ; ROCHETTE, 1974 ; MONTEILLET, 1986 ; SY, 2008), d'une connaissance de l'évolution du système juridique du bassin du fleuve Sénégal (MAÏGA, 1969), d'une meilleure perception des impacts des barrages de Diama et de Manantali sur l'hydrosystème (THIOUNE, 1988 ; DIAKHATÉ, 1988 ; BARUSSEAU et *al.*, 1993 ; KANE, 1985, 1997 ; DIONE, 1997), notamment le développement des plantes d'eau dans les défluent du delta (KABO, 2008) et des usages (FALL ; 2006) et dans celle des conflits socioculturels et économiques qui en ont découlé, en rive gauche comme en rive droite (DUVAIL, 2001 ; HAMERLYNCK, DUVAIL, 2003 ; DIOP, 2010).

La problématique sociale de l'usage de l'eau (LOUM, 2006, 2007 ; LE ROY, 2006 ; COLY, CAMARA, 2008), la gestion de l'eau douce par unité hydrologique (KAMARA, 2008, 2009), les incertitudes dans la gestion du barrage de Diama (MIETTON et *al.*, 2008) et les politiques de préservation des zones humides (DIOP, 2004 ; LE ROY, 2006) ont déjà été, en partie, prises en compte.

Dans une perspective purement sociologique, on peut mentionner les travaux de DIOP M. (2010) sur les formes locales de gouvernance de l'eau. Cette recherche empirique sur les communautés rurales de Gaé et de Mbane (haut delta du Sénégal) analyse l'adduction et la distribution de l'eau potable dans les espaces ruraux et les stratégies sociales, politiques et clientélistes à l'œuvre dans ces espaces qui contribuent à l'échec de la gestion et de la gouvernance locale de l'eau. Ce constat d'une crise de l'eau et de sa gouvernance au Sénégal met sur la sellette la complexité de la gestion de l'eau quand des logiques différentes et multiscalaires s'affrontent dans un espace.

Sur ces bases, la recherche doit aller vers une approche combinant toutes ces dimensions et toutes les échelles (global – local, espace – temps) pour arriver à une gestion intégrée du delta du Sénégal et répondre, dans l'immédiat, à une situation de crises de l'eau à répétition (KAMARA,

2009, 2010). En effet, les aspects opérationnels et les mutations territoriales engendrées par les ouvrages n'ont été guère pris en compte. Les questions de gouvernance et de gestion des hydrosystèmes sont encore relativement peu abordées, mis à part dans les travaux de 1996 d'Adrien COLY (gestion intégrée du lac de Guiers). Aussi, il apparaît que la problématique multiscale est rarement mise en exergue et que celle d'une gestion affinée, basée sur l'articulation du global et du local, l'est encore moins.

La problématique de la gestion de l'eau dans la vallée et le delta Sénégal (et les échecs constatés) est jusque-là abordée soit d'un point de vue technique (grands ouvrages hydrauliques et les modalités de gestion à travers les manuels de gestion des barrages de Diama et de Manantali – Programme d'Optimisation et de la Gestion des Réservoirs, 2001, 2002 –), soit d'un point de vue social (prix et coût dans le cadre des stratégies de lutte contre la pauvreté, droit d'accès à l'eau et à l'assainissement, etc.). Ces démarches n'expliquent que partiellement la crise de l'eau dans la vallée qui découle moins de la disponibilité de l'eau et davantage d'une crise institutionnelle qu'il faut aborder par d'autres approches.

À ce niveau, il est nécessaire d'intégrer la dimension humaine au sens anthropologique du terme. Une telle approche privilégie l'interaction de chaque agent de décision envisagé dans l'espace (le pompiste, le manœuvre des grands barrages ou petits barrages, etc.) dans son environnement immédiat et/ou lointain (économique, politique, socioculturel, anthropo-ethnologique, historique, etc.). Cette approche rend compte aussi bien de l'interaction spatiale entre les différents niveaux de décision que la complexité de la gouvernance des ressources en eau dans le delta du Sénégal.

Cette thèse est donc une base pour une meilleure gouvernance d'un hydrosystème stratégique qui connaît des mutations récentes, parfois rapides.

2. Considérer les structures anthropologiques présentes

Au regard de toutes ces considérations, il est nécessaire de mettre en place des mécanismes de régulation des conflits liés à l'espace et aux usages des ressources (eau, terre, biomasse) dans le delta du Sénégal. La Gestion Intégrée des Ressources en Eau apparaît comme une des voies pour une gestion durable de l'espace et de ses activités à partir de l'adéquation de l'offre en eau (système technique) et de la demande (système anthropologique).

2.1. Le cadre d'émergence de la gestion intégrée

Le milieu des années 1980 correspond, au Sahel, à une dégradation importante des ressources naturelles dues à deux faits majeurs. Le premier est d'ordre climatique et correspond à une succession de crises de sécheresse (en particulier en 1973 puis en 1983-1984). Le second est d'ordre démographique : on assiste à une croissance de la population avec pour conséquence une forte pression sur les ressources naturelles et une forte demande en produits de consommation courante (riz, eau potable, etc.). Or dans le contexte d'un pays sahélien où l'agriculture reste la principale source de revenus dans l'espace rural, les systèmes « traditionnels » d'exploitation du milieu naturel ne pouvaient être suffisants que dans un équilibre ressources disponibles et population bien définie.

Dans ce contexte des années 1980 et avec la mise en orbite, sur la scène internationale, de la notion de développement durable, de nombreux concepts sont apparus, s'inspirant des modèles anciens de gestion communautaire reproduits à grande échelle pour arriver à une meilleure gestion des ressources naturelles et à la préservation des espaces naturels, des héritages historiques. Il s'agit, entre autres, de la gestion des terroirs villageois (1984) qui témoigne de l'émergence de nouveaux acteurs dans la gestion des ressources naturelles (les ONG), de la

gestion participative qui tente d'impliquer les populations locales, et de la gestion patrimoniale apparue dans les années 1980.

Toutes ces approches constituent une tentative institutionnalisée de mise en commun de plusieurs acteurs construisant le territoire et/ou le terroir ; l'objectif étant d'arriver à protéger des ressources naturelles fortement touchées par les sécheresses des années 1980, mais aussi par la désertification.

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau s'inscrit dans cette perspective d'une meilleure gouvernance des ressources en eau. La GIRE est une approche d'essence systémique, spatiotemporelle et multiscalaire. Apparue dans les années 1990 et conceptualisée avec les travaux de Debacker (1994). La GIRE s'affirme comme un cadre d'harmonisation de la gouvernance des ressources en eau dans un contexte de changements (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2005). Comme approche systémique, elle s'articule autour de l'idée d'une gestion globale de ressources naturelles (eaux douces de surface, eaux souterraines, eaux marines, eaux pluviales, terre, forêt, etc.) dans un cadre de concertations et de partenariats bien définis et nécessaires pour arriver à une certaine durabilité sociale, économique et environnementale (KAMARA, 2009).

La gestion intégrée est donc une approche holiste combinant la gestion des ressources naturelles (eau, terre, biomasse) à des activités (agriculture, eau potable, élevage) par la régulation de la demande (comportement) sur la base d'une politique de l'offre déjà en place (maîtrise de l'eau à travers les ouvrages hydrauliques) dont il s'agit d'atténuer les impacts (et pas d'accroître l'artificialisation des hydrosystèmes).

La gestion intégrée est le pendant opérationnel de la gouvernance des ressources naturelles. Cette approche est progressivement mise en œuvre dans les pays de l'Afrique sahélienne à travers un ensemble de plans nationaux ou régionaux qui définit à court, moyen et long termes les étapes des réformes institutionnelles, mais aussi le financement du secteur de l'eau afin de réduire la pauvreté et la vulnérabilité des populations aux risques de maladies hydriques, d'inondations, etc.

2.2. La gestion intégrée du delta du Sénégal

La GIRE est un consensus international pour une gestion plus globale des ressources en eau (KAMARA, 2008) par un meilleur suivi des processus hydrologiques (SAED, 2009). Ainsi, l'un des objectifs de la GIRE est-il de limiter l'approche sectorielle et locale afin de permettre une meilleure exploitation des ouvrages hydrauliques et des eaux dans le delta.

La gestion intégrée s'est construite dans un contexte de difficultés d'accès à l'eau pour l'agriculture et l'eau potable, de conflits d'utilisation de l'eau entre les différents porteurs d'enjeux situés à des échelles spatiales différentes, de crises des institutions à l'échelle nationale et d'une crise de gouvernance à l'échelle de la sous-région dans le cadre des ressources partagées (bassin transfrontalier). En même temps, de nouveaux acteurs supranationaux apparaissent : les ONG ou les organisations interétatiques de type CEDEAO qui s'affirment de plus en plus dans la gestion des ressources en eau en Afrique de l'Ouest.

Les outils de planification des ressources en eau existent à l'échelle nationale et du bassin versant du fleuve Sénégal (PAGIRE¹, SDAGE²). Les groupes ethniques, dans leurs rapports aux ressources naturelles, ont aussi développé des modèles anciens de gestion relativement durable dans le delta du Sénégal (KAMARA, 2010 ; KAMARA, MARTIN, 2011). En même temps, le développement d'un espace qui est considéré comme un potentiel « grenier » des pays qui se le

¹ Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau.

² Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

partagent (surtout le Sénégal et la Mauritanie) est essentiel. Il en va aussi de la lutte contre la pauvreté dans le Sahel alors que les péjorations climatiques devraient s'aggraver avec les phénomènes de fluctuations climatiques¹.

La population urbaine et rurale connaîtra une croissance importante dans les prochaines décennies, en même temps que la demande de produits agricoles (cultures vivrières, horticultures, produits laitiers, viandes, etc.) et en eau potable des centres urbains et des espaces ruraux. On comprend alors tout l'enjeu de la mise en place d'une Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans le delta du Sénégal et, plus globalement, dans la vallée du fleuve Sénégal. Le modèle de gestion traditionnel étant de nature « intégrée » ; le modèle capitaliste moderne a perturbé ce système traditionnel. Il s'agit alors, avec la GIRE, de reconstruire un modèle certes « moderne », mais intégré qui reprend les structures résilientes traditionnelles et les structures nouvelles créées par la modernisation hydraulique.

Au-delà de la dimension théorique et pratique de la GIRE, dans sa dimension épistémologique, elle pourra s'alimenter d'un courant de pensée « endogène », anthropo-ethnologique, politique et économique liée aux peuples qui habitent et exploitent les ressources naturelles dans le delta du Sénégal.

Plusieurs expériences de ce type sont en cours en Afrique de l'Ouest et en Afrique du Sud. En effet, plusieurs États de l'Ouest sahélien (Sénégal, Burkina Faso, Mali, Bénin, Niger, etc.) sont entrés dans un processus de mise en place de plans de GIRE (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2009). Ces plans, au total, devraient servir de base pour une meilleure gouvernance et une meilleure exploitation des ressources hydriques dans l'espace sahélien fortement touché par des crises à répétition (DIONE, 1997) ; ces crises se répercutant sans cesse sur la situation alimentaire nationale. Ainsi, le déficit pluviométrique de 1972 dans la région du fleuve Sénégal (moy. pluviométrique de 120 mm) a entraîné une crise alimentaire (chute de la production céréalière de plus de la moitié combinée à une croissance des importations) qui s'est apparentée à une véritable situation de famine (MINVIELLE, LAILLER, 2005) (cf. la situation alimentaire actuelle au Sahel marquée par une crise décennale.)

Une telle approche s'inscrit aussi dans le cadre du développement durable et de la préservation des zones à fort potentiel écologique comme le Parc National des Oiseaux de Djoudj (PNOD), le Parc National de la Langue de Barbarie (PNLB) ou la Réserve de Faune du Ndiel (RFN) qui sont des patrimoines internationaux protégés (COLY et *al.*, 2004). En effet, des organisations internationales comme l'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture) ou le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) font de la protection des zones écologiques et des écosystèmes (zones humides, habitat naturel des oiseaux, mangrove, etc.), mais plus largement des ressources naturelles (avifaune, ichtyofaune, etc.) une priorité dans la définition des projets

¹ Nous préférons le terme de fluctuations climatiques plutôt que celui, plus global, de changements climatiques. Le changement climatique, comme phénomène de discontinuités spatiales et temporelles, recouvre plusieurs niveaux que font ressortir les auteurs de *Limites et discontinuités en géographie* (COURROUÉ et *al.*, 2002) à la suite du climatologue Jean-Pierre Vigneau. En effet, selon les échelles spatiales et temporelles qui sont prises en comptes, il est possible de distinguer quatre phénomènes inhérents au changement climatique. « Les mutations climatiques sont des variations qui concernent l'ensemble du globe et se manifestent à des échelles très longues. Quant aux fluctuations climatiques, elles s'expriment à l'échelle de la dizaine à la centaine de milliers d'années. Les oscillations climatiques correspondent à des changements qui spatialement affectent de vastes espaces et ont une durée allant de quelques centaines au millénaire. Les pulsations, dont la durée varie de quelques années à quelques dizaines d'années, ont des effets localisés » (p.110). Cette fluctuation climatique peut se traduire notamment par des phénomènes de perturbation du cycle de l'eau et ses conséquences possibles : réduction des ressources en eau disponibles, élévation du niveau marin, aggravation des phénomènes hydroclimatiques extrêmes d'inondation et de sécheresse, etc. L'accélération des changements globaux et environnementaux découle des actions anthropiques. Ces pressions sont multiples : croissance démographique et usage croissant des ressources pouvant entraîner la dégradation de celles-ci, développement technologique perturbant l'équilibre délicat des hydrosystèmes, etc. (BENISTON, 2012).

de développement actuel (LEROY, 2006). La gestion intégrée devrait apporter aussi une réponse concrète à ce type de préoccupations.

3. Une hydraulique moderne, des changements multiples

3.1. Maîtrise de l'eau et développement des usages

Le fleuve Sénégal est alimenté depuis la République de Guinée. Sur le Bafing, a été érigé le barrage hydroélectrique de Manantali en 1988 (Fig. 1). Plus de la moitié des débits provenant du fleuve Sénégal est, ainsi, contrôlée à partir de cet ouvrage. Les deux autres affluents majeurs, la Falémé et le Bakoye, ne sont pas contrôlés. Ce qui veut dire que l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal gère à la fois des débits régulés du Bafing et les débits qui ne sont pas contrôlés sur d'autres affluents. Plusieurs ouvrages hydrauliques permettent de contrôler les flux entrants et sortants au niveau des axes hydrauliques du delta du Sénégal, alors que les barrages de Diama et de Manantali permettent une relative régularisation du cours aval du fleuve.

Les potentialités hydrauliques sont encore énormes dans la vallée du fleuve Sénégal notamment dans la maîtrise de l'eau (ouvrages de régulation hydraulique) donc de l'offre. Cette maîtrise de l'eau a été un processus assez long (initié depuis l'époque coloniale) et qui est loin d'être achevé. De multiples usages se développent :

- l'hydroélectricité dans le contexte d'une crise énergétique dans la sous-région ouest-africaine alors que la production électrique n'arrive pas à décoller ;
- alimentation en eau potable de Nouakchott à partir du fleuve Sénégal à travers le projet *Aftout Es Sahel* ;
- irrigation pour l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire.

Pour arriver à ces objectifs, le bon remplissage des lacs de Guiers et R'Kiz ainsi que des dépressions (*Aftout Es Sahel*) est une condition *sine qua non*. Ce qui pose, à terme, la question de l'arbitrage entre les États d'une part, et entre les usagers d'autre part.

Avant la réalisation des barrages de régulation, l'eau salée était la principale contrainte des activités socio-économiques, particulièrement dans le delta du Sénégal. En effet, entre la période de décrue (octobre – novembre) et la période d'étiage (novembre – juillet), la dynamique marine pouvait remonter jusqu'à près de 400 km (Bogué, Podor) en amont du fleuve Sénégal. À l'époque, cette importante ressource en eau que constituait le fleuve Sénégal était inaccessible pendant la saison sèche et les périmètres (irrigués et de berges) étaient inondés par les eaux salées, surtout aux marées d'équinoxe (vives eaux fortes à partir de mars).

La réflexion sur l'aménagement du barrage de Diama et de Manantali a été un processus très long. Plusieurs options ont été proposées dès le milieu du XIX^e siècle par les Français dans le cadre d'un programme global de maîtrise de l'eau douce pour le développement d'une agriculture irriguée. Le coût financier des projets ainsi que des difficultés d'ordre physique (milieu naturel difficile) ont freiné la mise en œuvre de ces projets. Les études de faisabilité ont été reprises par la Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal (MAS ; mise en place en 1934), puis, dès les indépendances en 1960, par l'Organisation des États Riverains du fleuve Sénégal (OERS ; 1964) et, plus tard, par l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS ; créée en 1972). L'option, finalement retenue, était de mettre en place deux barrages :

- l'un pour stocker l'eau douce pendant toute l'année pour permettre la pratique de l'agriculture irriguée avec des potentialités estimées à 250 000 ha en rive gauche sénégalaise à aménager, dont 67 % se trouvent dans le delta du Sénégal, et 100 000 ha en rive droite mauritanienne. Pour un pays qui dépend essentiellement de l'exportation de produits céréaliers, l'enjeu économique était donc de taille.

- L'autre pour produire 800 Gigawatts-heures / an d'électricité et permettre la navigation fluviale entre Saint-Louis (embouchure du fleuve Sénégal) et Kayes (haute vallée du fleuve Sénégal). Dans le contexte d'une crise énergétique pluridécennale dans cet espace sahélien, cet objectif était stratégique pour le Sénégal, la Mauritanie, le Mali et la Guinée.

Ces ouvrages réalisés, il s'agissait pour l'OMVS de combiner la gestion de l'ouvrage hydroélectrique de Manantali à celle de Diama qui assure certaines fonctions différentes. En effet, au niveau de Manantali, ce sont principalement des lâchers d'eau qui sont effectués à partir de la retenue en amont du barrage alors qu'au niveau de Diama, les fonctions principales sont le stockage de l'eau douce et l'arrêt de la remontée de la langue salée. Les lâchers au niveau de Manantali font que, de temps en temps, il faut écrêter en fonction de l'objectif de gestion, au niveau de la réserve de Diama, qui est de maintenir les hauteurs de l'eau douce entre 1,50 m IGN (pour des raisons de sécurité du barrage) et 2,10 m IGN (pour des raisons d'usage de la ressource), selon les saisons climatiques. En même temps, il faut prendre en compte plusieurs paramètres qui interfèrent sur la gestion de l'eau : l'irrigation des périmètres agricoles, la navigation, la qualité de l'eau, les inondations au niveau de la commune de Saint-Louis, l'alimentation en eau douce des différents affluents et axes hydrauliques au niveau du delta du Sénégal.

À l'échelle de l'OMVS, tous ces axes hydrauliques se trouvent en marge du champ de gestion de cet organisme transfrontalier ; l'OMVS gérant principalement le bras principal du fleuve Sénégal, entre Manantali et Diama. Or, la gestion locale, au niveau de chaque sous-unité, est un élément essentiel de cette gouvernance de l'eau pouvant prendre en charge toutes les dynamiques et influences hydrogéologiques à l'échelle locale. Toutefois, la satisfaction, au niveau de ces sous-unités, doit se traduire normalement par une bonne gestion du bras principal (fleuve Sénégal, de Manantali jusqu'à Diama). Cet enjeu (articulation des niveaux de gestion) est à prendre en compte, notamment à travers l'articulation des échelles, entre une gestion locale et une gestion plus globale de l'eau douce dans le delta du Sénégal.

Étant dans une plaine d'inondation, l'OMVS a jugé utile de consolider la digue de rive gauche qui a été construite en 1964 pour les premiers aménagements hydroagricoles (aménagements primaires basés sur la canalisation de la crue vers la plaine inondable) et de créer, en rive droite, en 1992, une autre digue pour rehausser la ligne d'eau, isoler la plaine d'inondation et développer des aménagements hydroagricoles avec une ligne d'eau assez importante pour permettre d'économiser du carburant (pompage).

3.2. Des conséquences socio-environnementales à prendre en compte

Dans le cadre de la mise en place des barrages, un certain nombre de questions stratégiques sont à gérer.

D'abord, il y a la question essentielle de la qualité de l'eau. Avant les barrages, il fallait gérer les eaux salées qui envahissaient le fleuve Sénégal. Actuellement, il faut gérer l'eau douce présente toute l'année. D'un côté, l'adoucissement de l'eau entraîne le développement de végétaux aquatiques nuisibles qui peuvent changer la qualité de l'eau et constituer une contrainte dans l'accès et l'exploitation de l'eau par différents usages (agriculture, élevage, pêche). D'un autre côté, les populations font de l'irrigation gravitaire de riz et doivent drainer en même temps pour éviter la dégradation rapide des sols (salinisation, alcalisation). Or, beaucoup de périmètres agricoles drainent sur le fleuve alors que d'autres drainent sur des dépressions naturelles (Krankaye, Noar, etc.) proches des cours d'eau ou des périmètres hydroagricoles. Ce qui ne manque pas de poser des problèmes en termes de qualité de l'eau (souterraine et de surface dans le cadre global du cycle de l'eau).

Ensuite vient la question hydrobiologique qui est celle de la vie aquatique (poissons). Une question se pose fondamentalement avec la migration du poisson qui est bloquée si le barrage n'est pas ouvert : quel devenir pour les activités de pêche continentale ? Les activités de pêche traditionnelle étaient importantes dans le delta du Sénégal. Avec le barrage, les captures ont nettement chuté (MAGRIN, SECK, 2009) et les activités économiques traditionnelles remises en question.

À cela, il faut ajouter la situation climatologique du delta (milieu semi-aride). Cet espace, communément dénommé le Sahel sénégalais, est marqué par une sécheresse persistante et récurrente depuis les années 1970 se traduisant par une dynamique éolienne importante renforçant la sensibilité du milieu à la morphodynamique éolienne et exposant les terres agricoles du delta à la dégradation par le vent, en phase avec la recomposition des espaces ruraux et les pressions physiques et anthropiques (SY, 2008). Ces facteurs physiques rendent complexes les projets de développement agricole dans un milieu fortement marqué par la salinité des terres nécessitant des investissements économiques et humains importants.

Enfin, la gestion de l'eau dans le delta repose explicitement la question de l'assèchement de certaines dépressions et zones humides marginales (Trois Marigots, dépression du Ndiael : espace écologique). Ces zones humides, qui étaient alimentées par la crue du fleuve Sénégal, jouaient un rôle important dans la pratique des activités économiques par les populations locales, mais aussi dans la vie biologique dans le cadre de la migration annuelle des oiseaux. Si certains de ces espaces écologiques ont été restaurés (le Djoudj), d'autres sont loin de l'être (Ndiael, Trois Marigots) ou sont menacés par le développement des agro-industries.

Tout ceci débouche sur le problème de la gestion traditionnelle du milieu naturel et sur la question de l'influence d'une hydraulique capitaliste polarisée sur des objectifs de performance, d'optimisation, de rentabilité et de productivité.

4. Des modalités de gestion traditionnelle des ressources marginalisées

Le développement hydraulique se trouve au centre de territoires complexes. Ces territoires se sont mis en place au cours de différentes phases historiques qui ont contribué à la structuration de l'espace deltaïque.

4.1. Une conception de l'espace ethnique

Les nouvelles façons de gérer et de répartir l'eau dans le delta impactent les modalités anciennes d'exploitation et de gestion des ressources naturelles. S'il est impossible de mettre en place de nouvelles solutions hydrauliques sans affecter les activités ou règles traditionnelles, il est nécessaire de trouver un équilibre entre les activités traditionnelles (agricultures sur berge et pluviale, pêche continentale, élevage transhumant, etc.) et les activités modernes (agriculture irriguée, alimentation en eau potable, navigation, etc.). C'est à cette question et aux difficultés d'articulation d'une hydraulique moderne et d'exploitation ancienne que cette thèse essaie, dans un premier temps, de travailler, pour, dans un second, proposer des solutions.

Les difficultés majeures ne sont peut-être pas au niveau de l'apparence des choses, mais dans les conceptions radicalement différentes du monde que véhiculent ces différents modes de mise en valeur. Le temps n'est pas celui de la construction du système hydraulique, mais celui de la transformation des conceptions des acteurs locaux ; certains pesants plus que d'autres. En raison des occupations historiques successives, les structures anthropologiques sont fortes dans le delta du Sénégal, ce qui rend complexes toutes interventions pour une gestion intégrée de l'espace, des ressources et des activités socio-économiques.

Pour arriver à une production agricole satisfaisant l'autosuffisance alimentaire du Sénégal, ces structures anthropo-ethnologiques et leurs évolutions sont évidemment à prendre en compte, notamment pour assurer la durabilité des activités traditionnelles, dont dépendent bien des populations. Fondamentalement, l'enjeu est davantage lié à une maîtrise, par les populations locales, des nouvelles modalités de gestion de l'espace et des ressources naturelles qu'à une maîtrise poussée des ressources hydrauliques. Autrement dit, si ce premier préalable n'est pas établi, les objectifs de développement agricole ou de mise en valeur de l'espace sont largement voués à l'échec.

4.2. Des structures anthropologiques fortes

Les changements intervenus dans le delta (barrage, irrigation, etc.) entraînent une déstructuration – restructuration socioanthropologique inscrite dans le cadre de rapports (sociaux, psychologiques, géographiques, etc.) avec la terre, avec l'eau, avec l'espace, avec le temps, etc. qui renvoient à des relations entre et dans les groupes ethniques spécifiques (CROUSSE, HESSELING, 1994 ; NGOM, 2010). Ces rapports complexes à l'espace ne peuvent être organisés, dans un cadre moderne, qu'en prenant en compte les structures anciennes fortement ébranlées par la modernisation hydraulique. Ces structures traditionnelles restent, pourtant, solidement ancrées dans le delta du Sénégal.

Le modèle traditionnel de gestion des ressources naturelles a permis de gérer durablement des ressources naturelles rares en organisant et en adaptant les structures ethniques et anthropologiques selon la disponibilité spatiotemporelle des ressources (KAMARA, MARTIN, 2011). Différentes logiques et stratégies opposent le modèle traditionnel et le modèle actuel de gestion de l'espace et des ressources naturelles dans le delta du Sénégal. Dans le modèle traditionnel, les modalités et les règles de gestion sont basées sur la coopération, l'espace étant considéré comme un tout (dimension sociospatiale et anthropologique forte) alors que la modernisation hydraulique a introduit une marchandisation des échanges, la compétition pour l'accès aux ressources naturelles à l'échelle locale et une crise de l'eau à l'échelle globale (dimension économique forte), mais aussi une fragmentation de l'espace (discontinuités spatiales) qui n'est plus qu'un support à exploiter.

Ces aspects ne doivent pas être ignorés. Il s'agit alors de percevoir, dans la configuration anthropospatiale ancienne et actuelle, des éléments d'ethnophilosophie (HOUNTOUNDI, 2000), d'anthropologie culturelle et spatiale (BERQUE, 2000) et de géographie structurale (RITCHOT, 1999).

Ces questions sont en partie abordées à partir d'une étude comparative de quatre groupes ethniques majeurs afin de mettre en évidence les rapports de position, les structures anthropologiques (modes de régulation sociospatiale et invariants culturels – LEVY, LUSSAULT, 2003) et l'organisation sociale, spatiale et économique qui en découle (RITCHOT, 1999).

L'idée fondamentale étant, au fond, qu'il n'est pas possible d'arriver à un développement économique-social satisfaisant sans tenir compte de ces structures anthropologiques qui se projettent sur le territoire et qui l'organisent pour partie, ce qui, en retour, a des conséquences sur son fonctionnement au jour le jour. Cette approche relève, en partie, de la géographie structurale déjà appliquée au Canada (RITCHOT, 1999 ; DESMARAIS, 1999 ; RITCHOT, DESMARAIS, 2000), sur Paris (DESMARAIS, 1995, 2010), Québec et Rome (RITCHOT, 1999, 2011) et en cours de développement sur des situations africaines (THIAM, 2008, 2010) urbaines et/ou rurales, mais aussi de la sociologie (PICON, 1999). Nous tenterons de l'appliquer sur des territoires semi-ruraux en mutation, organisés par la présence et l'aménagement des ressources hydriques.

4.3. Régulation hydrologique, activités économiques modernes et structures anthropologiques : triptyque d'une gestion réussie

Les aménagements hydrauliques (barrages de Diama et de Manantali, petits barrages multifonctionnels dans le delta du Sénégal) et hydroagricoles ont modifié la dynamique des espaces économiques du delta (espace pastoral, espace rizicole, espace écologique, etc.) en offrant de nouvelles possibilités de mise en valeur et de développement, en réduisant la dépendance des populations et des activités aux aléas hydroclimatiques (sécheresse, étiage prolongé).

Des conflits fonciers, d'usage et étatiques sont apparus dans le cadre de cette meilleure disponibilité des ressources en eau douce. Il s'agit des affrontements sanglants de 1989 entre le Sénégal et la Mauritanie ou entre les populations *peules* du *Diéri* et les autorités locales, en 2011, à Fanaye dans le cadre de l'implantation de l'agro-industrie Senhuile-Senethanol. Il s'agit aussi des oppositions entre riziculteurs et éleveurs *peuls* pour l'utilisation de l'espace et de ses ressources (l'eau douce, les pâturages naturels et post-récoltes, la divagation du bétail dans les périmètres irrigués et les potentiels impacts sur les réseaux d'irrigation et de drainage, etc.). Les situations conflictuelles deviennent de plus en plus courantes dans le delta du Sénégal.

Des instruments et des institutions de résolution des conflits ont progressivement été mis en place : la Commission Permanente des Eaux (depuis 1972), la Charte des eaux (depuis 2002), les Plans d'Occupation et d'Aménagement des Sols (depuis 1996). L'objectif qui sous-tend ces instruments et institutions est l'arbitrage des conflits et des usages liés à l'eau (eau potable, agriculture, élevage, pêche, faune, flore, environnement, agro-industrie) dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal.

Il reste donc une certaine « marginalisation » des structures anthropologiques du delta dans les stratégies de développement. Les structures anthropologiques (*Wolof, Peul, Maure, Toucouleur*) ont construit (et continuent de construire) les territoires depuis des millénaires en développant des relations complexes par rapport aux ressources de la nature, en fonction d'un ensemble de filtres (religieux, politique, économique, culturel). Pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de la régularisation hydrologique du fleuve Sénégal et de développement des usages modernes, il est essentiel de réussir la « transition technologique », mais à l'intérieur de ces structures anthropologiques qui devront être les porteurs du développement économique et social du delta du Sénégal.

5. L'acceptabilité sociale de la gestion de l'eau dans le delta du Sénégal comme fil conducteur

Ces considérations faites ramènent le débat vers l'acceptabilité sociale de la gestion de l'eau et des structures économiques et hydrauliques modernes par les acteurs locaux. Cette problématique est le principal fil conducteur de cette thèse. Ceci sera décliné en termes d'objectifs de recherche, d'hypothèses de recherche et de modalités de vérification de ces hypothèses.

5.1. Les objectifs de la recherche

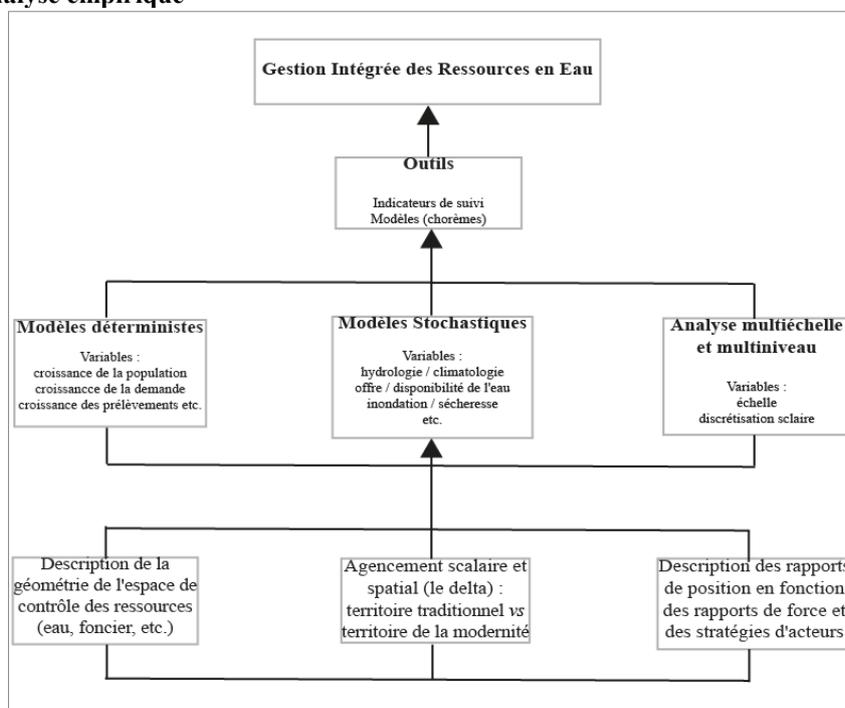
L'approche théorique et critique tente de cerner certaines problématiques actuelles comme :

- la gestion ancienne de l'eau et ses fondements philosophiques et anthropospaciaux ;
- la gestion actuelle de l'eau et ses fondements idéologiques ;
- la crise de l'eau dans le delta et ses fondements historiques, politiques et socio-économiques (programme de développement, objectifs politiques, etc.) et spatiaux.

La dimension structurale de ces évolutions spatiotemporelles est mise en évidence. L'objectif est de fournir les bases globales d'une gestion des ressources naturelles. Les conditions anthropologiques et symboliques (culturelles) sous-jacentes à toute occupation de l'espace déterminent les rapports Homme/Nature (ou les rapports Culture/Nature si on considère avec BERQUE (2000) que l'homme – microcosme – et la Nature – macrocosme – ne font qu'UN). Cette conception développée à propos de la théorie de l'écoumène et celle de la géographie structurale par un ensemble de géographes français et canadien (BERQUE, 1994, 1998 ; DESMARAIS, RITCHOT, 2001) sera appliquée dans le cadre de ce travail. Cette analyse se structurera alors autour :

- des rapports contradictoires Homme/Nature (Culture / Monde, Matérialité / Immatérialité). Ceci introduira les éléments de relativité spatiale et temporelle dans les rapports société / ressources naturelles, d'anisotropie spatiale, etc. ;
- l'étude de la réalité formelle (morphogenèse, développement et attractivité d'un espace, centralité – DESMARAIS, 2008) d'un phénomène dans sa dimension structurale, systémique et évolutive (Fig. 5).

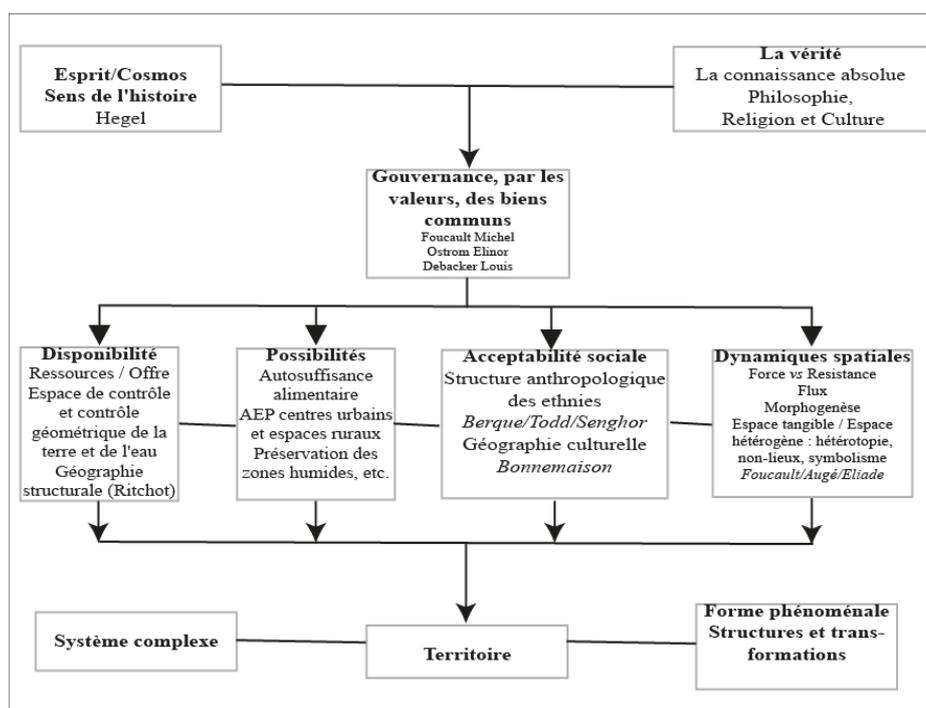
Figure 5 : Concilier les valeurs dans la gouvernance des ressources naturelles ; le delta du fleuve comme support d'une analyse empirique



Cela débouche sur l'analyse des fondements culturels, politiques, économiques, etc. de l'appropriation d'un espace géographique autour (Fig. 6) :

- des ressources naturelles (disponibilité et possibilité spatiotemporelle) qui organisent l'espace et l'écoumène ;
- de l'acceptabilité sociale de la gouvernance de l'eau par les différents acteurs concernés par la gestion des ressources en eau dans le delta du Sénégal ;
- de la différenciation / hétérogénéité spatiale à prendre en compte pour le succès d'une gestion des ressources en eau : les espaces de la prémodernité, les hétérotopies ou les espaces de la postmodernité (FOUCAULT, 2009), lieux/non-lieux ou les espaces de la surmodernité (AUGÉ, 1992, 1994), etc.

Figure 6 : Les fondements d'une gouvernance des territoires de l'eau



À côté de cette approche théorique et empirique, l'approche opérationnelle s'attèle, à travers l'analyse de contrôle territorial ancien et actuel (éléments de conflits territoriaux, de complémentarités, etc.), à la construction d'un modèle de gestion fine, plus productive et moins conflictuelle et socialement acceptable des ressources en eau dans le delta du Sénégal.

Ces questions sont analysées autour d'un certain nombre de notions qui participent, dans leur dimension opérationnelle et dialectique, à la structuration du territoire local : gestion traditionnelle et moderne des ressources, gestion technique et gestion sociale des ressources, gestion locale et globale, système d'utilisation amont et aval de l'eau, espace isotrope et espace anisotrope, continuités et discontinuités spatiales, sécurité en eau et sécurité alimentaire.

De façon plus spécifique, l'objectif principal est un déploiement opérationnel de la GIRE. Cette recherche a d'abord visé à apporter des informations brutes (relevés, enquêtes, mesures, etc.) et des éléments de connaissance (cartographie, SIG, chorèmes) sur le delta ; le but de ce travail étant de contribuer à la mise en place d'un modèle spatialisé, qualitatif et quantitatif, de gestion intégrée de l'eau dans le delta. Il s'agit donc d'un déploiement opérationnel de la GIRE à partir d'une caractérisation fine de ce territoire ; la GIRE devant servir de modèle alternatif au système de gestion actuelle qui a été à l'origine de bien des crises.

Cette recherche se place donc à la croisée de différents champs disciplinaires (sociologie, économie, agronomie, hydrologie, sciences de l'environnement, urbanisme, etc.) ce que permet l'approche spatiale et scalaire de la géographie, idéalement placée sur la double charnière homme – nature et rural – urbain.

De même, cette thèse a pour objectif de mettre en jeu différentes méthodes et conceptions (systémiques, cartographie, géomatique, SIG, etc.) ce qui la met dans une position d'interface ; interface au niveau de laquelle bien des choses se jouent.

Dans cette perspective, la question de l'eau constitue un fil rouge, un révélateur, tout en apparaissant aussi comme un moyen d'action, comme un outil de gestion politique de l'espace géographique.

Il s'agit alors :

- d'analyser et de comprendre l'organisation de cet hydrosystème anthropisé afin d'assurer une meilleure gestion de ses territoires et des ressources hydriques qui leur donnent leurs spécificités et les maintiennent dans un équilibre dynamique à stabiliser ;
- d'étudier la gestion actuelle de l'eau dans le delta ; cela passe par une géographie des centres décisionnaires sur les ouvrages vannés et des structures ou agents de décisions¹, mais aussi par une évaluation des changements intervenus à la suite de la mise en place du barrage antisel de Diama (1985) et de celui, hydroélectrique, de Manantali (1987) ; cela nous conduira à nous interroger sur les implications, en termes d'efficience et d'efficacité, d'éthique et d'équité, de ces aménagements ;
- de contribuer à la systématisation des indicateurs de gestion des ressources en eau. Le système d'indicateurs sera la base et le référentiel d'une démarche de qualité passant par l'évaluation multiscalaire du modèle alternatif de gestion des ressources en eau. Il s'agit donc de mettre en place un système d'indicateurs périodiquement alimenté. Ce dispositif devra permettre de suivre et d'évaluer la gestion, globale et locale, de l'eau à des pas de temps différents, afin d'avoir des éléments objectifs permettant de piloter une évolution choisie, d'anticiper les crises et de proposer des évolutions structurelles.

5.2. Hypothèses principales de travail

Hypothèse 1

La relation entre la dimension anthropologique et sa projection dans l'espace structure les territoires dans le delta du Sénégal. L'hypothèse anthropologique fait référence au fait que le territoire, dans sa forme ancienne ou locale, est la manifestation d'une structure ethnique qui organise l'espace pour l'exploiter, avec une technologie « primitive », en fonction du système culturel, politique, social et symbolique. Les projets économiques, d'abord coloniaux (domination économique, territoriale et colonisation agricole) avant d'être renouvelés par l'État indépendant, sont à la base d'une certaine affirmation ethnique et identitaire dans le delta du Sénégal.

La question qu'essaie de reposer cette hypothèse est la prise en compte des structures ethniques dans une approche de gestion intégrée de l'espace et des ressources naturelles. Les dynamiques actuelles de développement sont à la base d'une recomposition sociospatiale (arrivée de nouveaux groupes ethniques, sédentarisation d'anciens groupes et migrations de certaines populations nomades et sédentaires) et des tensions et conflits autour de l'eau, du foncier et des autres ressources naturelles à travers un double aspect : territoires et conflits sociospatiaux et autour des ressources naturelles.

Hypothèse 2

Les phénomènes socio-économiques et hydrologiques (qui se lisent à travers l'abondance et la pénurie, les inondations et les sécheresses) sont interdépendants autour du delta du Sénégal. Cette relation spatiale induit une structuration de l'espace telle que les modifications d'un point impactent l'ensemble des relations homme – nature étudiées sous le prisme de la géographie humaine structurale. Cette situation rend nécessaire une approche systémique et multiniveau dans la gestion de l'eau (une gestion à la fois globale et locale) pour atténuer la vulnérabilité des populations locales (pauvreté), favoriser le développement d'une agriculture irriguée garante

¹ Les agents de décision sont, selon DURAND-DASTÈS (1977), « des individus ou groupes restreints qui prennent des décisions concernant des espaces peu étendus » (p.21). Il peut s'agir, toujours selon lui, de l'État, des collectivités locales, des associations ou syndicats d'usagers ou des groupes de pression.

d'une certaine sécurité alimentaire nationale et arriver à un modèle intégré de gestion de l'espace.

Hypothèse 3

Le manque d'harmonisation des échelles (décisionnelles, spatiales, temporelles, usage) est un élément de la crise de la gouvernance de l'eau dans le delta. En effet, il est difficile de savoir qui gère réellement l'eau entre les structures étatiques, les structures intervenant au niveau de la gestion hydraulique du système, les organisations paysannes et les organisations situées au niveau du partenariat (ONG, projets).

5.3. L'acquisition des données et traitement géographique et statistique de l'information

5.3.1. *La recherche bibliographique et cartographique*

L'objectif qui a sous-tendu notre démarche empirique est d'étudier la gestion de l'eau selon les différents niveaux de pouvoir et de décision dans leurs rapports avec les populations locales ; ces trois niveaux sont :

- le système d'exploitation agricole en se basant sur l'exploitation de sources relevant de la tradition, de la religion, de l'ethnicité, etc., pour mettre en place une grille d'analyse structurelle des rapports des populations anciennes ou nouvellement arrivées au territoire ;
- le niveau SAED en se basant sur les différentes lettres de mission et les POAS pour percevoir les logiques de développement qui sont à l'œuvre dans le delta du Sénégal, ainsi que le système d'appropriation des ressources développées dans le cadre de certaines trajectoires politiques et économiques définies par l'État du Sénégal depuis les indépendances (1960) ;
- le niveau OMVS en se basant principalement sur les procès-verbaux de réunions de la CPE¹, les programmes et bilans de gestion des eaux, etc. pour mettre en évidence les structures de gouvernance territoriale des eaux.

À chaque niveau, le système de décision est étudié au travers des structures mentales pour mieux appréhender les relations entre l'offre et la demande. La demande, substituable et compressible (HUBERT, 1984) étant liée à l'offre. Elle peut être inférieure aux besoins (créant une situation de pénurie) ou supérieure dans le cas où l'offre est surabondante et accessible. Le besoin est une norme (MARGAT, 1997) ni substituable ni compressible (HUBERT, 1984).

Cette démarche a été complétée par une approche cartographique. Le Système d'Information Géographique (SIG) est basé sur l'existant cartographique (système cartographique réalisé par les structures d'appui au développement). À partir de ce travail, un traitement a été proposé (Fig. 7).

Les séries de cartes utilisées sont les suivantes :

- carte de l'Afrique de l'Ouest au 1:200 000 (feuilles Saint-Louis et Dagana) ; 1^e édition 1957, 1^e réimpression avril 1971 et 2^e réimpression octobre 1996. Cette série de cartes à la particularité de couvrir les deux rives du fleuve Sénégal. Les informations fournies ont trait aux réseaux hydrographiques, aux zones inondables, aux campements de pasteurs et aux courbes de niveau (équidistance de 10 m).
- Cartes d'assemblage DTGC - 1996 - (cartes de 1955 et 1959 pour le haut delta et la moyenne vallée et 1991 pour le bas et moyen delta) au 1:50 000^e (feuilles Saint-

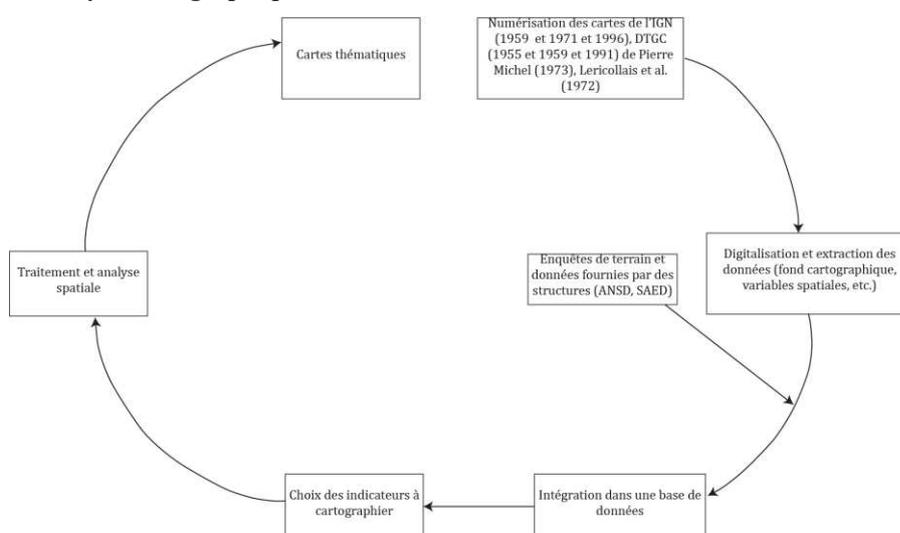
¹ Commission Permanente des Eaux.

Louis et Dagana) réalisées par divers opérateurs (IGN¹, JICA²) dans le système de projection UTM³, ellipsoïde Clarke 1880 et une équidistance des courbes de niveau de 10 m ;

- carte 1:100 000^e (LERICOLLAIS, DIALLO, 1972) couvrant l'ensemble du delta dans ses aspects anthropo-ethnologiques ;
- cartes géomorphologiques (feuilles delta et basse vallée) au 1:200 000^e établi par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (1967), repris par Pierre MICHEL (1973).

Cette représentation à petite échelle a permis d'avoir une vision assez fine de l'espace et du territoire du delta du Sénégal. Cette base de données a été alimentée à partir de diverses sources : enquêtes de terrain, ANSD⁴, PEPAM⁵, FAO⁶, etc.

Figure 7 : Modèle d'analyse cartographique



Pour analyser les changements de l'espace hydraulique dans le delta du Sénégal, certaines cartes sont basées sur l'interprétation d'images satellites Landsat 1 (1973 ; quatre bandes spectrales) et Landsat 5 (1985, 2009 ; sept bandes spectrales) déclassifiées. À défaut d'avoir des images de la même date, nous avons travaillé sur celles de la période de saison sèche (octobre-juin). L'analyse combinée des trois cartes donne une idée globale sur l'influence de la langue salée dans le delta du Sénégal avant et après l'édification successive du barrage-bouchon temporaire de Kheune (1983-1985) et du barrage de Diama (1986). L'approche de classification par pixel (supervisée) a été privilégiée en se basant sur la vraisemblance maximale (création de signatures) en fonction de cinq classes où ont été extraites les informations sur les eaux douces, les eaux salées ou les zones fluviales couvertes par la végétation aquatique.

¹ Institut Géographique National.

² Japan International Coopération Agency.

³ Universal Traverse Mercator.

⁴ Agence National de la Statistique et de la Démographie.

⁵ Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire.

⁶ Food and Agriculture Organization of the united nations..

5.3.2. Les enquêtes de terrain

Dans le cadre de la collecte d'informations, un ensemble de missions de terrain a été effectué dans le delta entre 2011 et 2013. La logique suivie a été d'organiser deux missions basées sur des observations participantes (échange, focus group). À partir des informations recueillies, il nous a semblé nécessaire de faire une troisième mission de cinq jours en choisissant un ensemble de cuvettes dans le delta du Sénégal. Chaque mission de terrain répondait à des objectifs précis. Dans la mesure du possible, ces missions ont couvert l'ensemble du delta du Sénégal à l'exception du lac de Guiers.

Tableau 1 : Synthèse des enquêtes de terrain effectuées dans le delta du Sénégal

Période	Code dans le texte	Lieux visités (villages ou cuvettes)	Cibles	Techniques de collecte
22 au 27 mai 2011 (Figure 8)	1	Bas delta du Sénégal (périmètres agricoles de Ndiorno, Sanar Wolof, périmètres sur le défluent du Djeuss, barrage de Diama) + estuaire (Gandiolais)	exploitants agricoles, institutions de développement (SAED, OMVS)	Entretiens semi-directifs Échanges
08 au 12 août 2011 (Figure 8)	2	Villages : Lampsar, Diaguambal, Mbodiène, Baridiam, Ndiaye, Thilène (bas delta du Sénégal)	exploitants agricoles	Entretiens semi-directifs Focus groups
14 au 19 mai 2012 (Figure 9)	3	Cuvettes de Pont-Gendarme, de Boudoum, de Thiagar, de Dagana (delta du Sénégal)	exploitants agricoles, gestionnaires de l'eau, conseils agricoles	Focus groups Questionnaires Entretiens semi-directifs Fiches de collecte de données

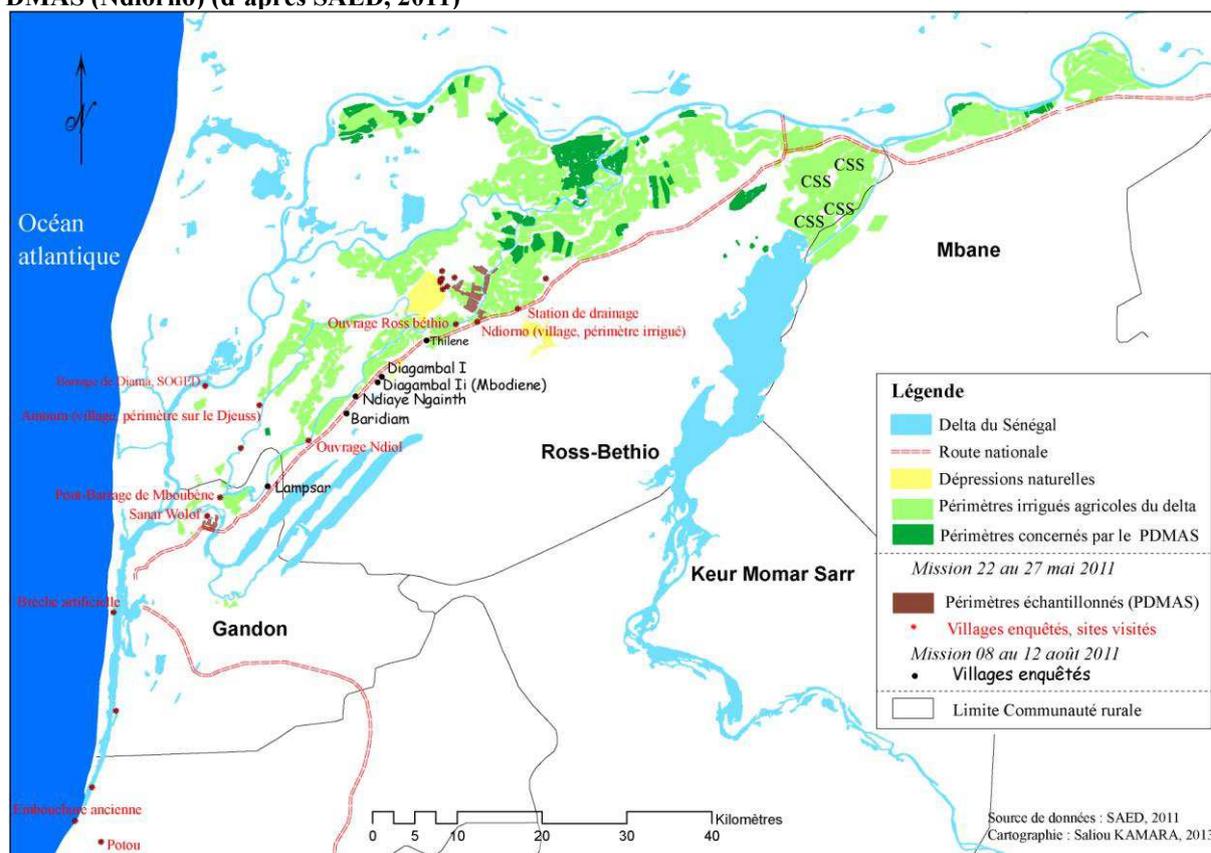
Dans le contexte d'un programme de réhabilitation de 7 000 ha financé par la Banque Mondiale à travers le PDMAS¹, une première mission de terrain a été organisée pour collecter des données. Ce programme a constitué un tremplin pour la collecte de données sur le delta du Sénégal.

Les périmètres irrigués étant éparpillés (Fig. 8), un échantillon de deux sites (près d'une centaine d'hectares) a été visité dans le bas delta du Sénégal (Sanar *Wolof* et Ross Béthio – Ndiorno –). Ces périmètres ont été choisis en fonction de l'importance des associations ou organisations liées aux femmes ou aux jeunes en présence. Ceci permet de comprendre les changements socioanthropologiques dans le delta du Sénégal dans le cadre du développement de l'irrigation. Ces aménagements hydroagricoles correspondent à des Périmètres Irrigués Villageois (de 1 à 5 ha par exploitant) situés sur les sols sableux, dans la berge du fleuve (ou alimentés par un chenal d'amenée depuis le fleuve). Ces périmètres se caractérisent par des aménagements hydroagricoles (canaux d'amenée et de redistribution de l'eau à l'intérieur des parcelles) souvent sommaires (en terres compactées), un système de drainage quasi inexistant.

Les PIV représentant 8 % des superficies aménagées dans le delta du Sénégal (le delta proprement dit et le secteur lac de Guiers). Toutefois, une partie importante de la population locale (70 %) dispose de ces types de périmètres. Ils représentent donc un échantillon assez pertinent pour l'analyse des structures hydroagricoles en rapport avec le territoire ainsi que les dynamiques spatiales et socioethniques engendrées. Cet échantillon de 7 000 ha a constitué une base de travail et d'enquête dans le cadre de cette thèse (Fig. 8).

¹ Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal.

Figure 8 : Carte des zones (et sites) enquêtées et du périmètre échantillonné dans les 7 000 ha du programme PDMAS (Ndiorno) (d'après SAED, 2011)



L'objectif principal de la mission 1 était de collecter des données brutes par le biais d'observations de terrain.

Les principales problématiques abordées lors de cette mission sont :

- le phénomène d'anthropisation du milieu naturel (brèche, barrages, aménagements hydroagricoles, etc.), dans la zone estuarienne notamment ;
- l'usage de l'eau dans les axes hydrauliques (Djeuss, Lampsar) et les dynamiques spatiales dans le delta du Sénégal ;
- la gestion de l'eau à l'échelle des périmètres irrigués (privés, publics, villageois) ;
- la gestion de l'eau à l'échelle du sous bassin versant du delta du Sénégal ;
- la gestion du barrage de Diama.

Pour mieux cerner la problématique des changements socioanthropologiques impulsés par les aménagements hydroagricoles et les barrages, le travail méthodologique était axé sur des :

- visites de site (delta du Sénégal et estuaire) ;
- visites d'institutions (SAED, OMVS) ;
- entretiens avec les acteurs locaux (agriculteurs, pêcheurs, éleveurs) pour comprendre les conflits locaux.

Une seconde mission de terrain (mission 2) a été organisée sur le bas delta du Sénégal (Saint-Louis – Ross Béthio). Les objectifs étaient doubles :

- interroger les acteurs locaux sur les conceptions qu'ils ont des aménagements hydroagricoles initiés par les pouvoirs publics ;
- évaluer la performance des exploitations agricoles en rapport avec l'eau douce et les structures socioanthropologiques.

Les éléments suivants ont constitué la base des échanges :

- le statut des périmètres irrigués : type de propriété et mode d'acquisition des terres ;
- la géographie des périmètres (site, situation par rapport aux sources d'eau douce) ;
- la taille des parcelles en fonction de la taille de la famille ;
- l'appartenance ethnique de l'individu ;
- l'ancienneté de la mise en valeur des parcelles ;
- les relations entre structure de développement (SAED) et structure sociale locale.

Chaque élément devait mesurer un indicateur précis : type de propriété, distance métrique, sécurité alimentaire, etc. En effet, la gestion de l'espace et des ressources naturelles dans le delta du Sénégal exige la prise en compte de certains éléments qui contribuent à la structure de l'espace à travers :

- les fondements idéologiques, économiques et politiques des rapports de l'homme à la nature ;
- l'organisation de l'espace en fonction de la disponibilité des ressources naturelles renouvelables et non renouvelables (transformation d'un espace en front pionnier) ;
- le fait ethnique comme élément structurant l'espace et déstructurant les conceptions hydroagricoles modernes.

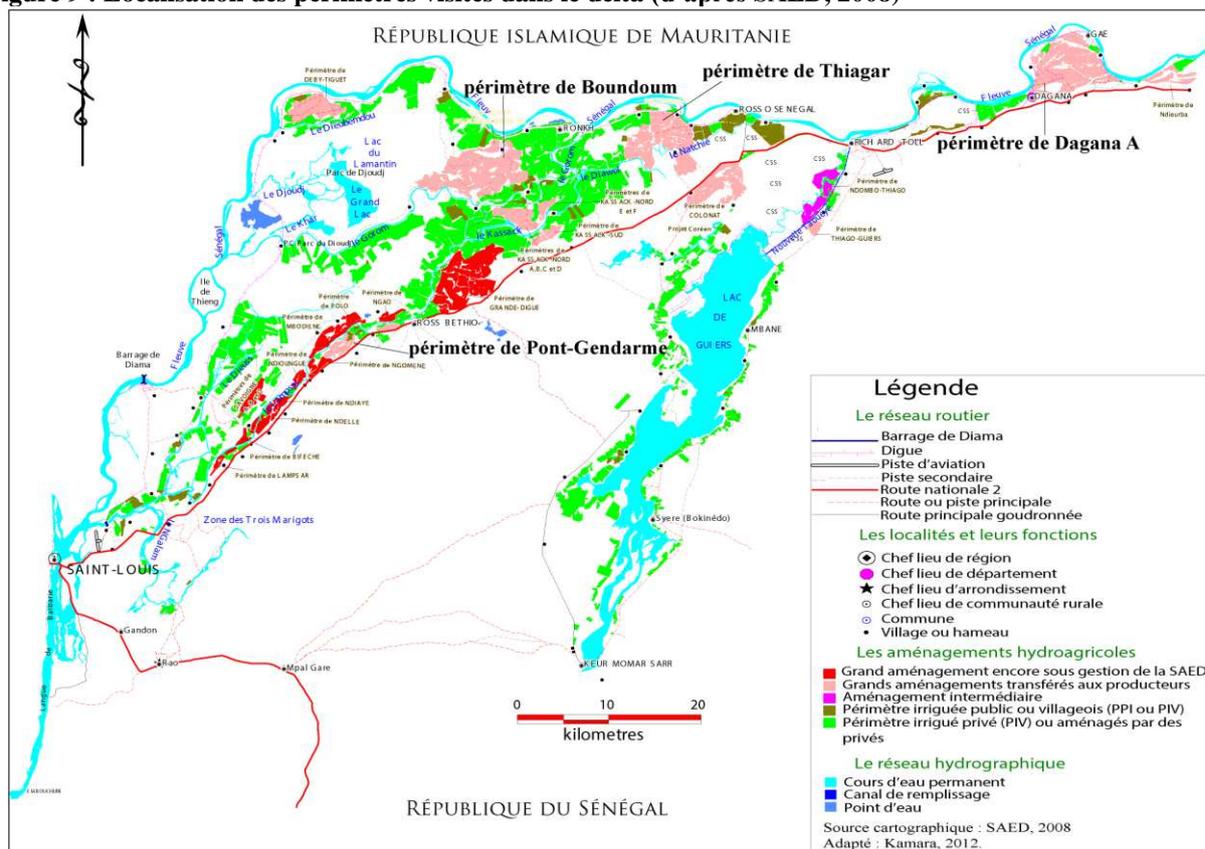
Pour collecter des données d'analyse de cette question, le focus group a été privilégié. Cette forme d'entretien, basée sur un groupe d'individus, est utilisée notamment pour explorer la connaissance et l'expérience des populations (KITZINGER, 1995). C'est une méthode de recherche-participation qui sied aux études de type anthropologique et ethnologique. La démarche est simple : il s'agit de confronter les individus ainsi que leurs idées pour comprendre une situation socio-économique complexe, celle des rapports entre structures ethniques, aménagements hydroagricoles, l'espace comme support des activités, mais aussi comme révélateur des structures anthropo-ethnologiques et l'eau comme fil conducteur de ces activités et des dynamiques sociospatiales locales.

En tout, six focus groups de quatre à six personnes ont été organisés. L'espace concerné est le bas delta du Sénégal. Les villages enquêtés sont : Lampsar, Diaguambal, Mbodiène, Baridiam, Ndiaye, Thilène ce qui fait une trentaine d'exploitants interviewés (Fig. 7.)

Ce travail a été complété par une troisième mission de terrain (mission 3) entre le 14 et le 19 mai 2012 (Fig. 9). Il s'agissait essentiellement de comprendre :

- la position des agents de décision (pompiers, aiguadiers, etc.) dans le système socio-économique local ;
- les relations entre agents de décision et exploitants des périmètres, le GIE, etc. ;
- les facteurs socioculturels et anthropologiques à l'œuvre dans le système de décision locale ;
- les mécanismes réglementaires et/ou tacites d'attribution des ressources (eau et terre) ;
- les mécanismes de formation et de diffusion des formes de *leadership* dans le périmètre irrigué.

Figure 9 : Localisation des périmètres visités dans le delta (d'après SAED, 2008)



Il s'agissait aussi de faire :

- la cartographie des problèmes dans les périmètres irrigués ;
- l'inventaire des pratiques d'utilisation de l'eau et leur cartographie ;
- le positionnement spatiotemporel des pratiques identifiées.

Pour arriver à des résultats, un certain nombre de variables a constitué la base d'enquête et d'analyse (Tableau 2) :

Tableau 2 : Système d'échantillonnage, acteurs ciblés et outils de collecte de l'information

Cibles	Variables	Échantillonnage	Outils
Conseils agricoles	Système relationnel	4 / 16	Fiche de collecte de données Guide d'entretien
Chefs d'Organisation de Producteurs (OP)	Système relationnel Pouvoir décisionnel	4 / 16	Fiche de collecte de données Guide d'entretien
Chefs comité de gestion de l'eau	Système relationnel Pouvoir décisionnel	4 / 16	Fiche de collecte de données Guide d'entretien
Pompistes (irrigation et drainage)	Position sociale Système relationnel Pouvoir décisionnel Avantages de la fonction	20 ¹	Questionnaire
Aiguadiers	Position sociale Système relationnel Pouvoir décisionnel Avantages de la fonction	3	Guide d'entretien

¹ Le nombre de pompiste tourne autour d'une cinquantaine pour une dizaine d'aiguadiers.

Dans le delta, les périmètres irrigués sont divisés en quatre catégories (Fig. 9)¹ : les Grands Aménagements Non Transférés (GANT), les Grands Aménagements Transférés (GAT), les Périmètres Irrigués Privés (PIP) et les Périmètres Irrigués Villageois (PIV). Dans le cadre de cette mission, le choix des périmètres s'est fait en fonction de trois critères :

- les périmètres choisis devaient comporter deux catégories d'aménagements (GANT + PIP, GAT + PIV, GAT+PIP, GAT+PIP, etc.) ;
- les périmètres sont connectés au fleuve ou à l'un des différents affluents du fleuve Sénégal ;
- les périmètres sont mis en valeur pendant la contre-saison sèche (période de l'enquête) et devaient être, au moins, à leur deuxième année de mise en valeur.

En fonction de cet ensemble de critères, les périmètres suivants ont été choisis (Fig. 9 et Tableau 3), dont l'ensemble correspond à grands aménagements transférés aux producteurs (Fig. 89, en mauve) :

Tableau 3 : Caractéristique des périmètres choisis

	Superficie initiale (en ha)	Superficie en extension (en ha)	Superficie totale (en ha)	Nombre d'OP concernés	Type dominants d'OP	% extension	Capacité de la station de pompage
Pont-Gendarme	170	80	250	78	GIE	32	0,8 m ³ /s
Thiagar	875	753	1 628	50	GIE	46	4,2 m ³ /s
Dagana A	669	193	861	9	Sections villageoises	22	3 m ³ /s
Boundoum	3 362	0	3 072	69	Sections villageoises/GIE		3 m ³ /s
Total	5 076	1 026	5 811	206		34	11 m ³ /s

Pour mieux cerner la problématique de gestion de l'eau dans le delta du Sénégal, une collecte d'information sur les ouvrages hydrauliques du delta du Sénégal a été réalisée à partir d'une fiche d'inventaire des ouvrages hydrauliques (voir en annexe) en 2011. Cette fiche a permis la cartographie des ouvrages hydrauliques dans le delta du Sénégal alimentée à partir de certains indicateurs techniques : fonction de l'ouvrage, hauteur d'eau sur la crête de l'ouvrage, débit, état de l'ouvrage, etc. Cette fiche d'inventaire a été soumise aux différents organismes de gestion de l'eau dans le delta du Sénégal (SAED, OLAG).

Ces enquêtes de terrain ont ciblé des acteurs et institutions situés à différent niveau spatial et géographique. Des campagnes de mesure sur la qualité de l'eau dans un périmètre irrigué du delta du Sénégal (Pont-Gendarme) ont complété ce travail (entre décembre 2012 et février 2013).

5.3.3. Les campagnes de mesures sur la qualité de l'eau

Les missions de terrain précédentes ont permis de collecter un ensemble de données anthropologiques et hydrauliques. Ces indicateurs ont été complétés par la qualité de l'eau dans les canaux d'irrigation des périmètres irrigués. La qualité de l'eau peut être mesurée par le biais d'un ensemble de paramètres et d'outils. Certains paramètres sont mesurés *in situ* (température, pH, conductivité, oxygène dissous), d'autres analyses sont effectuées au laboratoire, après prélèvement d'un échantillon (pH, bicarbonate, dioxyde de nitrogène, nitrates, magnésium, sulfates, etc.). Enfin, d'autres subissent des interprétations isotopiques (oxygène 18, etc.). Ainsi, les paramètres à mesurer déterminent la méthode de collecte des données.

¹ Pour la définition de ces différentes catégories, il faut se référer au tableau 26, page 169.

L'objectif étant de mesurer la variation spatiotemporelle de la qualité de l'eau dans les périmètres irrigués du delta à partir de la salinité des eaux (principales contraintes de la riziculture), les variables suivantes ont été choisies : la conductivité et la température. La conductivité électrique, à l'instar de la température, se mesure sur le terrain. Dans ce cadre, des campagnes de mesure de terrain ont été organisées dans le site de Pont-Gendarme, pendant la période de culture de contre-saison froide (décembre à avril ; Tableau 4).

Pont-Gendarme est une cuvette agricole située dans le bas delta du Sénégal (Fig. 9). Trois campagnes agricoles annuelles sont organisées avec des productions différentes : le riz durant la campagne de contre-saison chaude (février-juin ; la campagne de contre-saison chaude et froide s'imbriquant) et d'hivernage, les cultures de diversification durant la campagne de contre-saison chaude (tomate, oignon, aubergine, gombo). La production de la tomate est revendue à la SOCAS (contrat avec les exploitants) ; les autres productions étant écoulées sur le marché local ou national. La production d'oignons bénéficie de certaines mesures de protection de la part de l'État. Il s'agit de la suspension des exportations (de Hollande, mais aussi de France) sur une période donnée (l'exportation d'oignon étant gelée, pour 2013, entre le 10 février et le 31 août).

Tableau 4 : Campagnes de mesure de la qualité de l'eau d'irrigation dans la cuvette de Pont-Gendarme (canal d'irrigation)

Date de mesure	Correspondance dans le calendrier agricole
26/12/2012	Semis ; irrigation
09/01/2013	Traitement (engrais, etc.), irrigation,
30/01/2013	Croissance des plantes : irrigation
13/02/2013	Fécondation : traitement (engrais), désherbage chimique, irrigation
28/02/2013	Fructification et maturité (dernière phase de croissance) : irrigation
20/03/2013	Début de la récolte ; irrigation des autres parcelles en fructification et des rizières
10/04/2013	Récolte, irrigation des autres parcelles en fructification et des rizières
24/04/2013	Récolte, irrigation des autres parcelles en fructification et des rizières

Le choix du périmètre hydroagricole de Pont-Gendarme est motivé par plusieurs raisons :

- sa proximité par rapport à Saint-Louis (42 km) permettant de faire des relevés périodiques en rapport aux moyens financiers à notre disposition ;
- sa situation géographique particulière, entre le Lampsar à l'ouest et la dépression de drainage de Noar au sud-est ; cette position permettant de mieux comprendre les interactions complexes entre les eaux douces, les eaux usées agricoles et les eaux salées souterraines. L'étude de la qualité des eaux de drainage dans le delta du Sénégal est entièrement prise en charge par une thèse récente (CISSÉ, 2011).

La problématique de salinisation des terres mise en évidence par les différentes enquêtes et missions de terrain (cf. section précédente).

À partir de ce choix, un protocole de collecte de données spécifiques a été appliqué. Ainsi, un certain nombre d'outils ont été utilisés :

- un conductivimètre mesurant les indices de conductivité électrique et de température des eaux d'irrigation avec une marge d'erreur de $\pm 2\%$ (conductivité électrique) et $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (température) ;
- un GPS pour la géolocalisation des différents points mesurés ; la marge d'erreur étant d'environ ± 9 m ;
- une pissette pour nettoyer le conductivimètre après chaque point mesuré à l'aide d'une eau déminéralisée ;
- un thermomètre à mercure pour calibrer les outils de mesure de la qualité de l'eau et vérifier (comparer) les mesures de température
- un double décimètre pour mesurer la croissance des plantes.

Entre la première mesure et la dernière, les points choisis au départ ont été affinés pour avoir une meilleure cohérence spatiale. D'une part, la première mesure s'est basée sur une quinzaine de points qui ont été étendus à vingt en fonction des premiers résultats et analyse statistique (Tableau 5). D'autre part, sur le plan spatial, des ajustements ont été faits (choix de points supplémentaires). De ce fait, l'échantillon de travail est devenu plus pertinent à partir de la troisième mission. Ces points choisis seront détaillés dans la présentation des résultats (Chap. 9).

Tableau 5 : Échantillon représentatif des niveaux d'organisation du réseau d'irrigation

Niveau	Nombre de canaux	Nombre de points échantillonnés	%
Fleuve	1	1	5
Canal principal	1	3	15
Canal secondaire	3	6	30
Canal tertiaire	16	10	50
Total	21	20	100

La méthode de représentation cartographique est basée sur l'analyse spatiale de l'évolution de la salinité, dans le temps, dans la cuvette de Pont-Gendarme. La méthode d'interpolation de krigeage (modèle semi-variogramme gaussien) a été privilégiée. Le krigeage est un modèle géostatistique d'autocorrélation spatiale (relations statistiques entre les points mesurés sur le terrain en fonction de la distance). Il s'agit de l'interpolation géostatistique de la variable Z étudiée (conductivité). Cette méthode permet d'étudier la variabilité spatiale et temporelle de la qualité de l'eau dans la cuvette de Pont-Gendarme

Les méthodes de représentation graphique dépendent des indicateurs et « types d'eau » étudiés. Ainsi, le diagramme de Piper représente des eaux potables alors que celui de Wilcox présente des eaux d'irrigation en fonction de certains aspects normatifs.

Les traitements statistiques sont basés sur les courbes gaussiennes (logarithme népérien et ajustement gaussien). La loi de Gauss (ou loi normale) est une loi de probabilité basée sur une approximation de la somme – ou « résultante additive » – de grandeurs aléatoires petites et nombreuses, et pas trop mutuellement dépendantes (DRESS, 2007).

6. En conclusion

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau est positionnée à l'interface des relations entre les institutions de gouvernance, les activités économiques et les acteurs locaux. Ces acteurs sont portés par des structures anthropologiques complexes qui déterminent le profil de la demande en eau ; l'offre étant technique (barrages, forages, etc.).

L'articulation de l'offre et de la demande, envisagée dans le cadre de la GIRE, passe donc par la compréhension des relations souvent complexes entre les sociétés du delta, les ressources hydriques et foncières et les territoires. Cette perspective est analysée dans le cadre de la géographie humaine structurale.