

---

# La géographie structurale comme support théorique d'une analyse empirique d'un système complexe africain

Ce chapitre met en relief les éléments théoriques et conceptuels qui sont à la base de cette thèse. Ainsi, il sera structuré autour 1) de l'évolution des études anthropologiques dans la géographie humaine, 2) des niveaux concernés par cette étude et 3) des outils de modélisation utilisés.

## 1. Des études anthropologiques et anthropospatiales à la géographie humaine structurale

La gouvernance est à la fois décision et médiation, consensus et fermeté. Chez FOUCAULT (2004), la gouvernance est la manière de mettre en relation un ensemble d'éléments dans le but de prévenir. Elle s'applique autant aux hommes (relations entre les hommes, la richesse, les ressources, etc.) qu'aux « choses » (coutumes habituelles, savoir-faire, manière de pensées – culture –, etc.). Elle recouvre chez FOUCAULT trois niveaux en interaction : la famille, la population et l'État dans une logique où la structure familiale, interne à la population, est le relais de l'État.

La gouvernance de l'eau fait référence aux institutions – dimension décisionnelle – dont les interventions sont diverses (planification des ouvrages hydrauliques et du développement, réformes politiques et administratives, etc.).

### 1.1. La gouvernance dans les études anthropologiques en Afrique

Les études anthropologiques se sont développées en Afrique dans le courant des années 1980<sup>1</sup> ; les études anthropologiques et ethnologiques étant très nombreuses durant la période précoloniale et coloniale en Afrique, dans le cadre de l'*anthropologie coloniale* des missionnaires, administrateurs et ethnologues visant à identifier et classer les groupes humains selon l'aspect physique, la culture (*genre de vie*, au sens vidalien du terme, c'est-à-dire la coïncidence entre les activités d'une société et un écosystème donné, soit un rapport homme/milieu équilibré et des paysages construits pour durer), le système de parenté (matri- ou patrilinéaire, le mode d'organisation politique – segmentaire, en chefferies, ou en États –, etc.), la langue, mise au cœur de l'ethnie (BRUNEAU, 2006).

Ces études concernent le développement à travers le développement local, la décentralisation, etc., en tant qu'idéologie politique (FALL, 2011.a) et les structures de décision et de pouvoir dans le cadre du maillage territorial de l'espace public – décentralisation, collectivités locales, développement local, etc. – (SARDAN, 1995, 2004, 2007 ; LESERVOISIER, 1994, 2011 ; BAYART, 1989). Le développement local (dans le sens de valorisation des ressources locales), issu des thèses du développement endogène ou de la dimension culturelle du développement, est ainsi perçu comme l'opérateur de la réalisation, à chaque échelle d'intervention territoriale (régions, communes, communautés rurales, villages), du développement humain ou du développement durable (FALL, 2011.b). Ce développement local passe par une certaine redistribution des pouvoirs dans les différentes sphères territoriales.

La modernité africaine tente d'appréhender les formes contemporaines du pouvoir en Afrique (corruption, décentralisation, pouvoirs locaux, système de santé, système judiciaire,

---

<sup>1</sup> Dans un courant de pensée moderne, cela s'entend.

etc.). La modernité africaine (comme concept opératoire) est devenue la base des études anthropologiques sur l'Afrique. Elle traduit davantage la résilience des systèmes locaux qu'une véritable modernité dans le sens occidental du terme (c'est-à-dire un système en rupture par rapport aux systèmes précédents axés sur la (sur)consommation, la croissance, l'industrialisation dans sa dimension économique – BRAUDILLARD, 1970 –).

Si les concepts fusent pour décrire les situations de changement dans l'évolution des sociétés à l'échelle mondiale (prémodernité, modernité, postmodernité<sup>1</sup>, surmodernité<sup>2</sup>, transmodernité, etc.), la modernité africaine devient, ainsi, le concept d'investigation des réalités de la gouvernance en Afrique contemporaine en leur rendant leurs diversités.

Ces études anthropologiques s'attachent donc à la formalisation de la spécificité de la gestion des biens et services publics ou collectifs en Afrique (SARDAN, 2007). Dans ce cadre, plusieurs disciplines (anthropologie, science politique, sociologie) vont s'approprier l'étude de ces problématiques. D'une part, il y a le paradigme de l'anthropologie du développement et, d'autre part, le paradigme de la socioanthropologie des espaces publics. Ces paradigmes sont articulés aux travaux de M. AUGÉ (1992, 1994, 2009) sur l'espace des identités permettant de saisir la réalité d'un phénomène contemporain à travers l'histoire (le sens de l'histoire et les héritages anthropostructureaux « modernisés » qui font perdurer les anciennes structures anthropologiques d'une autre façon), l'anthropologie (à travers l'espace géométrique et l'espace anthropologique, existentiel et symbolique) et la géographie (espace – lieux, non-lieux).

Ces études anthropologiques s'inscrivent dans la logique de l'étude des espaces contemporains (plus précisément de l'étude de l'espace de la quotidienneté ou de l'immédiateté<sup>3</sup>) sur les bases historiques (temps, durée), anthropologiques (identité, culture, sens) ; la base géographique se situant dans les études de l'anthropologie spatiale et de la géographie structurale (Berque, Desmarais, Ritchot).

Les espaces contemporains et les idéologies qui les portent (développement, décentralisation, etc.) constituent les domaines d'étude empiriques récemment étendus à l'Afrique non plus seulement par rapport aux approches ethnocistes ou culturelles, mais surtout par rapport aux multiples interactions des différentes sphères de la quotidienneté qui influent sur la gouvernance des ressources et des biens publics en Afrique.

Ces études ont été formalisées dans le cadre de l'APAD<sup>4</sup> à partir des années 1990. Dans ce cadre, un ensemble de travaux ont rendu compte de la gouvernance, aux échelles locales et globales, des ressources naturelles au Sénégal (SALZBRUNN, 1996 ; FAYE, 2001 ; DIA, 2002), mais aussi de la déconstruction / reconstruction des systèmes de pouvoirs et de décision contemporains (décentralisation, courtage et intermédiation socio-économique, coopération internationale) par les systèmes traditionnels locaux (SARDAN, BIRSCHENK, 1993 ; BLUNDO, 1998.a, 1998.b ; LEMARCHAND, 1998 ; SARDAN, 1998 ; DIOUF, 2002). Ces études tendent à montrer l'espace des hybridités que constitue le rapport au pouvoir dans les systèmes locaux (ou

---

<sup>1</sup> Développé par J.-F. LYOTARD (1979). Si l'ère de la modernité correspond aux transformations technologiques, l'ère postmoderne, quant à elle, fait d'abord référence à une posture de pensée non cartésienne et explorant des champs scientifiques « tabous ». La postmodernité est une réponse aux crises des avant-gardes (sur le plan esthétique et politique), du projet moderne (progrès), de la connaissance et des discours de légitimation (cartésianisme, raison).

<sup>2</sup> Développé par Marc Augé dans ses travaux. La surmodernité traduit des situations d'excès, de temps d'abord (surabondance événementielle), d'espace ensuite (réduction des distances par le développement technologique) (AUGÉ, 1992) résultant d'une modernité dans le sens de Braudillard (surconsommation, etc.)

<sup>3</sup> Système dans lequel la gestion, la gouvernance s'adapte tellement à l'immédiat et au quotidien qu'il en devient informel.

<sup>4</sup> Association Euro-Africaine pour l'Anthropologie du Changement Social et du Développement.

globaux) de gouvernance (la dichotomie importée vs « inventée » largement décrite dans les travaux d'O. SARDAN).

Le discours sur la modernité africaine (si l'on s'accorde qu'il existe une modernité africaine) est fortement teinté des postulats déterministes : ethnique (BAYART, 1989), culturel, structure de la parenté et du lignage<sup>1</sup> (DAHOU, 2002.a, 2004, 2011).

Une analyse empirique approfondie révèle qu'au-delà de l'ethnique ou du culturel, le cadre de la communauté (que cette communauté soit ethnique, familiale, lignagère, religieuse, confrérique, sectaire, politique – le parti –) constitue le ciment de la gouvernance en Afrique ou de la gouvernementalité au sens foucauldien du terme c'est-à-dire, d'une part, l'ensemble des institutions, procédures, analyses, réflexions, calculs, tactiques qui permettent l'exercice du pouvoir sur la population et, d'autre part, le développement d'appareils ou de savoirs pour gouverner (FOUCAULT, 2004). Cette gouvernance s'exerce à plusieurs niveaux : du haut vers le bas, de l'amont à l'aval, etc. dans le cadre de l'espace des relations dans les structures publiques voire privées.

## 1.2. L'anthropologie structurale au cœur de la relation homme - nature

### 1.2.1. Approche critique de la géographie structurale

En géographie, ces aspects sont élucidés par l'anthropologie spatiale (A. Berque) qui constitue le second niveau dans l'étude de la « diversité » anthropologique en introduisant la dimension spatiale.

L'anthropologie spatiale est une dérivée des courants d'anthropologie sociale et culturelle et d'anthropologie de la nature. L'anthropologie sociale et culturelle étudie les médiations entre la nature et la culture, entre les déterminations physiques qui conditionnent la vie des humains et les significations d'une étourdissante diversité dont ces déterminations sont investies (DESCOLA, 2011). Par ricochet, l'anthropologie spatiale étudie la médiation Nature / Culture dont l'espace, sa structure (établissement humain) est le révélateur des régulations anthropologiques. La géographie structurale se situe dans l'orbite de l'anthropologie spatiale. On peut l'aborder à travers l'ensemble des critiques qui ont été faites de cette démarche théorique pour mieux appréhender sa dimension théorique et conceptuelle en construction.

La démarche de géographie structurale est souvent remise en question par la dimension narrative et descriptive des études consacrées à la ville, au territoire. Il y a une part belle réservée aux récits (sur des siècles, voire des millénaires) dans les études de cas de la géographie humaine structurale. RITCHOT s'en défend dans l'introduction de son ouvrage *Morphogénèse de Rome* (2011) :

*« De nombreux passages pourront ressembler à des récits historiques. Mais l'ensemble ne racontera pas des histoires et encore moins l'Histoire. Mon ouvrage est de géographie théorique et non pas d'histoire factuelle » (RITCHOT, 2011 : 13).*

Sans nier la prégnance de la dimension narrative dans ces études, cette forme donne à la théorie une dimension historique qui s'approcherait de la géohistoire (GRATALOUP, 1996 ; construction des espaces sur la longue durée au sens braudélien du terme) tout en se démarquant par sa dimension structuraliste (construction des identités actuelles à travers la longue évolution, l'organisation de l'espace non plus autour d'un centre attractif, mais répulsif à travers l'interdiction). Dans ce cadre, la posture serait d'arriver à une construction structurale qui donnerait le même résultat qu'un récit ; ce que le recours à la chorématique pourrait donner.

---

<sup>1</sup> Selon l'approche de l'anthropologie structurale levistraussienne étendue aux structures de pouvoir moderne.

À ces critiques, il faut ajouter celle d'A. Berque par rapport à la structuration spatiale à travers des phénomènes a-spatiaux (pouvoir, anthropologie, etc.) dans le sens d'une démarche de la modernité (cartésianisme réduisant les phénomènes à leur caractère matériel).

« *La TFU [théorie de la forme urbaine] explique la disposition des villes et des formes architecturales par des rapports de position spatiale déterminés par une structure morphologique abstraite, en elle-même non spatiale, car elle est engendrée par des motivations anthropologiques fondamentales, telles que vie/mort, pouvoir, salut, etc. agencé entre elles par des processus dynamiques de nature sémiotique* » (Berque, 2009 : 213.)

Sur ce rapport, les phénomènes anthropologiques ou politiques sont fondamentalement spatiaux (cristallisation catastrophique – au sens de Thom – liée à la matérialité et à l'affectivité de l'action nécessaire à l'existence) dans la mesure où ils contribuent à la mise en place des territoires dans lesquels se jouent les actions de développement, à différentes échelles spatiales.

En 1992, un numéro spécial de la revue des *Cahiers de Géographie de Québec* est consacré à la géographie humaine structurale pour dessiner les contours d'une théorie dont les ébauches datent du début des années 1980. Dans ce numéro, Ritchot et Mercier définissent le parcours structural de la géographie humaine, l'établissement de l'homme sur la Terre, « composé de formes concrètes qualitativement différenciées (villes, campagnes, quartiers, faubourgs, villages, banlieues, etc.) résult[ant] d'un processus de spatialisation débutant, en chaque cycle long (*circa* un siècle) et en chaque « région » que polarise une agglomération-métropole, par une actualisation de valeurs anthropologiques. L'opérateur de cette actualisation est la règle de propriété. Cette règle universelle détient une dimension politique : le contrôle de la mobilité des acteurs. Cette dimension politique se traduit en trajectoires de mobilité (endo- et exorégulées, focalisantes et diffusantes) qui engendrent les discontinuités d'une catégorisation en domaines abstraits qualitativement distincts » (RITCHOT, MERCIER, 1992 : 169.)

Trois concepts sont essentiels pour comprendre les fondements de cette théorie : la propriété, le contrôle politique de la mobilité et le sens anthropologique. La propriété (capacité entraîne une différenciation qualitative et des discontinuités dans l'espace (règle de propriété, rente foncière) qui, d'essence politique, endorégule la mobilité en limitant l'accès à certains domaines tout en contraignant la mobilité dans d'autres domaines qualifiés par l'exorégulation (DESMARAIS, 1992).

### 1.2.2. *L'étude des territoires en mutation dans le delta du Sénégal*

Abordé sous l'angle du territoire, notre démarche vise à objectiver et à mettre à distance l'émergence des territoires à travers les valeurs identitaires (ethniques et anthropologiques) (BAYLE, 2011 ; *in* avant-propos RITCHOT, 2011) et ontologiques dans le contexte des approches technicistes (BERQUE, 2009) ou développementalistes (barrages, aménagements hydroagricoles, etc.).

La démarche de géographie structurale pose donc comme postulat que « la structure de l'espace est *a priori* complexe et discontinue » (Bayle dans l'avant-propos de l'ouvrage de RITCHOT, p.10) ; cette discontinuité donnant sens aux formes d'établissement humain et à l'occupation des lieux ainsi que l'utilisation des ressources de la nature par les populations. Cette approche aborde autrement les relations homme - nature, dans la droite ligne des recherches de Berque sur l'écoumène à travers le concept de la médiance et en opposition aux approches marxistes et néoclassiques.

Dans ce cadre, la notion de structure mentale utilisée dans ce travail interroge l'ontologie, dans le sens des relations entre l'Homme et la Nature à travers les systèmes de médiation

socioculturelle. Sa définition est proche de l'approche hégélienne de l'Esprit c'est-à-dire des phénomènes généraux spécifiques à une civilisation – croyances, religions, spiritualité, etc. – et inscrits dans l'espace-temps (KAMARA, 2010). La structure mentale renvoie donc à cette médiation culturelle (ontologique) qui tisse les relations entre l'Homme et la Nature.

Ces approches de géographie structurale sont jusque-là centrées sur des espaces urbains. La nouveauté de l'application au cas d'un espace semi-rural, semi-désertique d'un pays africain en développement est un élément essentiel de ce travail. Ces approches théoriques offrent des perspectives nouvelles d'analyse des dynamiques comme on a pu le voir dans le cas du delta du Sénégal (KAMARA, MARTIN, 2011 ; KAMARA, MARTIN, COLY, 2013).

La terre, la question de sa propriété ou les formes de régulation anthropospatiales sont au cœur de la géographie humaine structurale. En ce sens, cette théorie permet de saisir la complexité qui est au cœur des structures économiques dans le delta du Sénégal, l'eau n'étant qu'un révélateur de dynamiques spatiales multiscalaires.

### *1.2.3. Discontinuités spatiales et émergence des territoires*

Les étapes de la formation d'une discontinuité (HUBERT, 1992, Fig. 10) sont à la fois investies par l'évolution de la rente foncière et le sens anthropologique lié à l'espace (rupture du sens par un processus de contrôle de la mobilité). Ce processus est à la base de la mise en place des territoires par la création de discontinuités spatiales (mobilité, trajectoires → contrôle politique de l'espace → frontière) qui expliquent bien des conflits dans le delta du Sénégal. Ces trajectoires de la mobilité sont au cœur de la déconstruction - reconstruction des territoires anthropologiques vers des territoires politiques fortement astreints au développement de l'économie capitaliste.

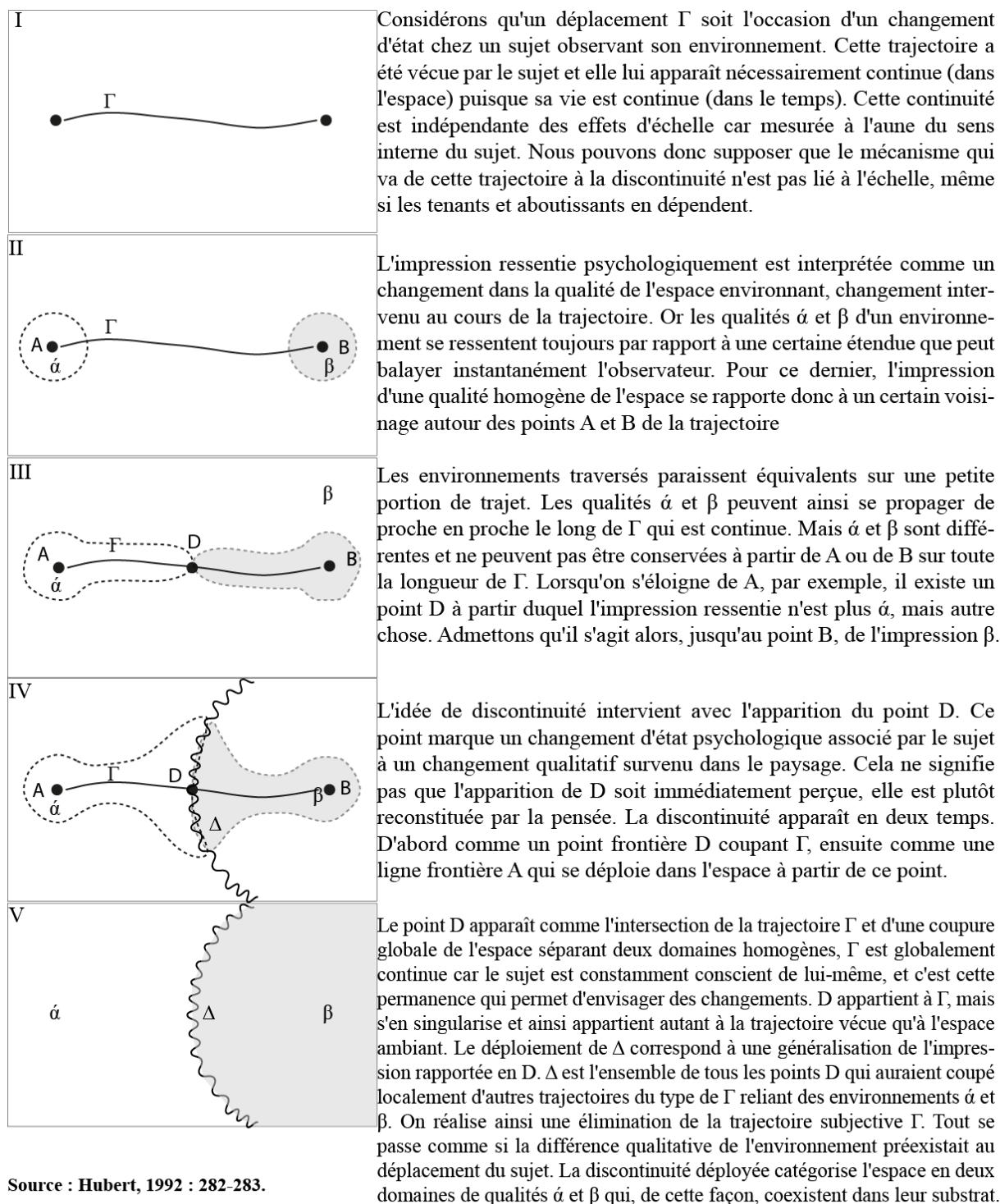
La géographie structurale est avant tout une réponse innovante à la conception classique des rapports Homme / Nature. Ces rapports ne sont pas directs, mais régulés par un interdit de propriété foncière qui organise un système de discontinuités qualitatives dans l'espace géographique dans le cadre d'une économie de production (REBOUR, 2010). C'est dans ce sens qu'il faut percevoir le réel apport d'une telle démarche dans le champ théorique de la géographie actuelle.

La géographie humaine structurale permet d'élucider les rapports Homme / Nature envisagés sous la forme d'interdit spatial (vacuum) qui permet, par des formes culturelles, politiques différentes, de limiter le besoin par rapport à l'offre (sur les ressources : eau, terre) par des systèmes de régulation anthropologique, notamment dans des espaces aux ressources naturelles potentiellement réduites.

Il s'agit ici de l'appliquer à deux types d'espaces :

- d'une part à des espaces où les ressources naturelles sont réduites (espace pastoral par exemple) et,
- d'autre part, à des espaces où les ressources naturelles sont relativement abondantes dans le temps et dans l'espace (terre, eau), à l'exception de périodes de crise climatique (sécheresse) ou politique (migration), etc. (zone inondable).

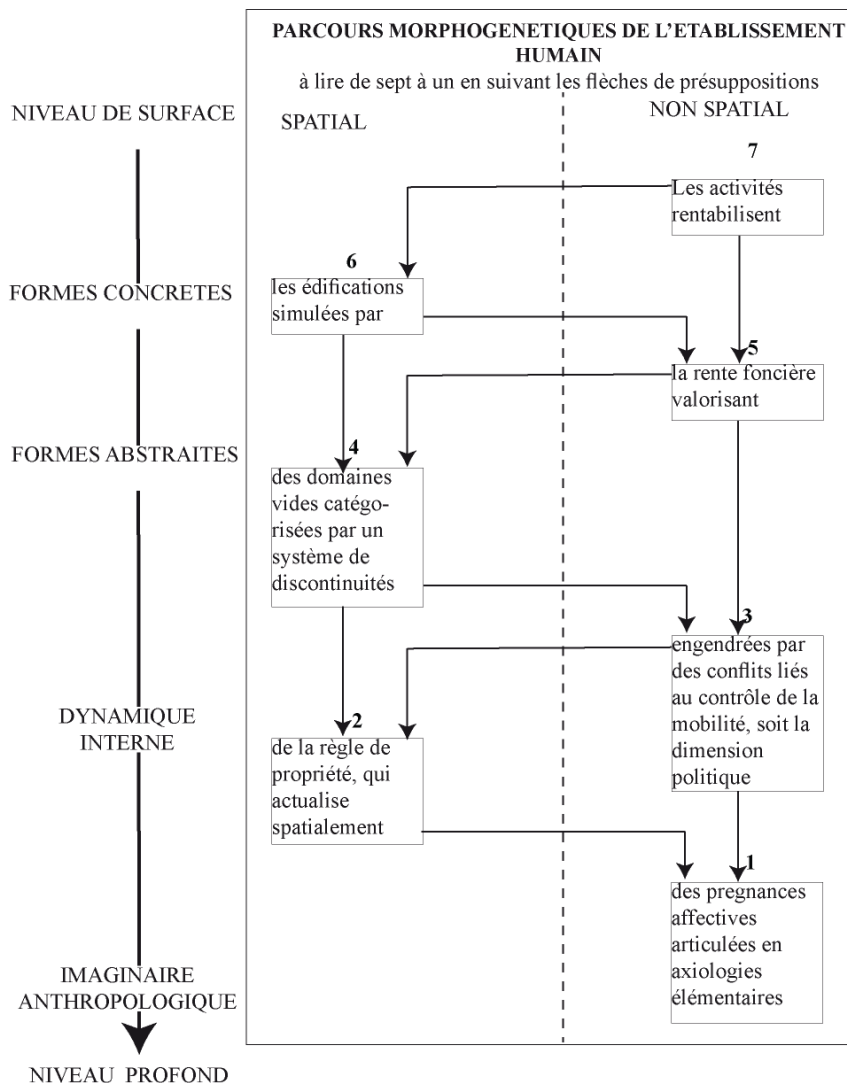
**Figure 10 : Les étapes de la formation d'une discontinuité**



Source : Hubert, 1992 : 282-283.

La figure 11 peut être analysée en fonction de deux entrées : spatiale et non spatiale. Une lecture spatiale (6-4-2) montre la dynamique de territorialisation à partir d'une phase d'occupation de l'espace, d'une phase d'appropriation et d'une phase d'investissement (Tableau 6). Ceci se traduit par la mise en place des frontières (discontinuités spatiales) par le biais de la propriété.

Figure 11 : Le parcours morphogénétique de l'établissement urbain (d'après Desmarais, 1992 ; modifié)



Une lecture non spatiale (7-5-3-1) révèle l'importance des phénomènes a-spatiaux sous-jacents à travers la valorisation des terres (le niveau économique), la génération des positions spatiales et l'appropriation de l'espace (le niveau géopolitique) et la saisie de sens (le niveau anthropologique). L'interactivité entre le domaine spatial et le domaine non spatial se traduit par des conflits (de positions, d'appropriation) entre différentes entités socio-économiques (les éleveurs, les agriculteurs, l'État à travers sa politique d'aménagement du territoire par exemple, les agribusiness, etc) en fonction de logiques locales (autosubsistance), nationales (autonomie alimentaire, migration), internationales (agribusiness, balance des produits, etc.). La question anthropologique étant profondément ancrée, elle se révèle *a posteriori* par rapport aux dynamiques politiques et économiques.

Une telle approche permet donc d'appréhender les conflits spatiaux dans le cadre des changements et mutations des ensembles spatiaux du delta du Sénégal (espace rizicole, espace écologique, espace pastoral, espace hydraulique, etc.) valorisés par différentes activités (agriculture irriguée, agricultures sur berge et pluviale, pêche, élevage) et différents acteurs et usagers aux structures anthropo-ethnologiques spécifiques.

Cette étude est étendue, dans la perspective des changements induits par la modernité qui crée de nouvelles formes d'espace (espace hydrique avec des ressources importantes dans le cadre de la maîtrise de l'eau et l'espace économique avec des ressources foncières ou pastorales réduites) à d'autres formes de structures territoriales (modernes). Cette évolution crée forcément de nouvelles formes de discontinuités spatiales, + ou – selon le modèle décrit plus haut par Hubert, et une nouvelle organisation de l'espace qui sera mis en perspective.

**Tableau 6 : Syntèse du parcours structural de l'établissement humain (d'après DESMARAIS, 1992 ; modifié)**

	Niveau	Thématique	Dynamiques
<b>3<sup>ème</sup> niveau</b>	de surface	économique	d'occupation
<b>2<sup>ème</sup> niveau</b>	intermédiaire	géopolitique	d'appropriation
<b>1<sup>ème</sup> niveau</b>	profond	anthropologique	d'investissement

En tout état de cause, la trajectoire qui crée la position engendre des conflits, car empiétant sur la position de l'Autre (contrôle politique – colonisation, migration et instance de transfert –, modernisation, pouvoir, décision – gouvernance –, territoire) à travers la dimension économique en surface, la dimension géographique en interface et la dimension anthropologique en profondeur (symbolisme religieux, rite, etc. ; Fig. 10 et Tableau 6). Ainsi, O. THIAM (2008) a montré, dans sa thèse (dimension morphologique, plus proche de la géographie humaine structurale), que la ville de Touba s'organise à partir des lieux symboliques (mosquées, tombe du fondateur de la ville, maisons maraboutiques). Autour de ces espaces symboliques, se déploient les stratégies d'appropriation foncière et de mise en valeur de nouveaux espaces ; la Grande Mosquée étant le point de cristallisation du schéma urbain (THIAM, 2008). On est loin d'une organisation de l'espace autour du vide ritichottien (vacuum), mais le symbolisme religieux structure l'espace et ses dynamiques (migratoires, organisation en cercle concentrique autour de l'espace symbolique, etc.). En effet, le vacuum n'est plus forcément un vide spatial ; cet interdit pouvant prendre différentes formes : économique, religieux, etc. comme pour le cas de Touba (THIAM, 2008). La même structuration spatiale étant observée pour les églises en Occident (relations entre la religion et le commerce).

## 2. Formalisation des niveaux d'analyse empirique du delta du Sénégal

Dans le delta, les niveaux décisionnels sont multiples. Il s'agit des institutions de la décentralisation (les collectivités locales) ou de la déconcentration (services déconcentrés de l'État), mais aussi les institutions traditionnelles. Chaque niveau de pouvoir dispose d'une légitimité politique ou socio-économique lui conférant un rôle stratégique dans la gouvernance des ressources naturelles dans le delta du Sénégal.

### 2.1. Échelle et niveau en géographie

Au départ de cette thèse, l'échelle a été considérée comme l'un des outils adéquats pour la compréhension du delta du Sénégal et sa gestion. Au fur et à mesure de nos investigations, on s'est rendu compte que cette notion est aussi pertinente que celle de niveau. L'échelle et le niveau renvoient à des réalités aussi complexes que différentes, mais complémentaires dans le cadre de certaines études.

La notion d'échelle recouvre plusieurs réalités en géographie. L'échelle s'applique à une information spatiale ou temporelle. La première approche géographique de l'échelle est cartographique (LACOSTE, 1968 ; ROBIC, 2002).



L'échelle d'une carte est le rapport constant qui existe entre les longueurs mesurées sur la carte et les longueurs correspondantes mesurées sur le terrain. Elle est un rapport de similitude convenable : on peut alors parler « d'échelle horizontale » dans une géométrie euclidienne. Elle doit être choisie soigneusement en fonction du problème à traiter et de la surface à représenter (JOLY, BONNEROT, 2009).

L'échelle, comme instrument de mesure, est une disposition verticale, graduée permettant de hiérarchiser les phénomènes naturels (marée, vent, etc. ; VOLVEY et *al.*, 2005). On peut la qualifier « d'échelle verticale ».

Ces deux formes d'échelle respectent des normes préétablies, une convention qui leur donne un caractère objectif pour l'analyse des phénomènes humains (cartographie et analyse spatiale, etc.) ou naturels (limnologie, mareyage, tremblement de terre, etc.).

L'échelle géographique est une approche explicative permettant de comprendre, d'analyser des objets ou phénomènes selon différents ordres de grandeur. Elle renvoie à une structure (ou configuration) spatiale stable, perceptible par des limites (VOLVEY et *al.*, 2005) variant dans l'espace et le temps. Autrement dit, c'est un ensemble organisé présentant des similitudes intrinsèques (région, pays, etc.) qui prend en compte un phénomène. L'échelle géographique correspond à un niveau de prise en compte d'un phénomène géographique pour mieux le représenter ou l'étudier (FERRAS, 1995). L'échelle qui se définit ici au sens d'A. VOLVEY et *al.* (2005) nécessite une limite d'objets appartenant à un ensemble géographique. L'approche est aussi subjective que l'échelle métrique puisqu'elle est utilisée par un chercheur qui l'appréhende selon la nature des études envisagées et des finalités de recherche.

Ces considérations définitionnelles faites entre les échelles de mesure (échelle cartographique, échelle limnimétrique, échelle stratigraphique, échelle de Richter, etc.) et les échelles d'analyses (échelle géographique), il est essentiel de reconsidérer le champ théorique pour mieux aborder la question du niveau. En effet, cet aspect définitionnel cache un débat bien plus complexe sur la place de l'échelle dans la géographie théorique (VERDIER, 2004), notamment avec l'incursion de la géométrie fractale et les invariances d'échelle (FORRIEZ, 2010). Cette question ne sera pas abordée ici ; le texte de VERDIER (2004) apportant des éclaircissements bien plus complets sur l'historicité du concept d'échelle dans les champs disciplinaires de l'histoire, de la géographie, de l'« architecturologie » ou de l'économie.

La réflexion sur l'échelle géographique est assez récente (LACOSTE en 1968, DAUPHINÉ en 1984, etc.) ; échelles et niveaux devenant deux réalités géographiques à part entière, mais naturellement liées. Le niveau (multi niveau) introduit alors la hiérarchie alors que l'échelle (multi échelle) implique la variation et les ordres de grandeur d'autant plus qu'une échelle « n'est pas comprise dans – ou n'est pas supérieure à – une autre » (VERDIER, 2004) ; les relations interscalaires étant assurées par la superposition, l'imbrication, l'enchevêtrement, etc.

À partir de ces définitions proposées, il est évident que les structures scalaires peuvent être perceptibles ailleurs dans le delta, notamment dans le cadre des trajectoires historiques qui restent des phénomènes éminemment multiscalaires (KAMARA, MARTIN, COLY, 2013). Toutefois, dans le cadre du processus *Ressource Usage Décision* (RUD), l'organisation en niveau hiérarchisé est un élément essentiel de la structure de l'espace décisionnel et de la gestion des ressources en eau.

Le niveau est une approche essentiellement qualitative (cohérence, nécessité de découper, potentiel d'agrégation spatiotemporelle) alors que l'échelle est à la fois une référence (unité de mesure), une résolution et des facteurs de réduction dans le cadre de la cartographie (FORRIEZ, MARTIN, NOTTALE, 2011.b). Si le niveau reste une approche qualitative, l'échelle est éminemment une approche quantitative régie par certaines lois (variation d'une quantité entre

deux échelles). En ce sens, l'approche multiniveau consiste à mettre en relation les niveaux d'observation et les niveaux d'organisation de l'espace à travers l'inclusion ou l'intersection (FORRIEZ, 2010).

## 2.2. Des niveaux de pouvoir dépendants dans la gestion de l'eau du delta

Les systèmes sont subdivisés en sous-systèmes qui correspondent à des niveaux souvent hiérarchisés, fondamentalement liés par des relations souvent complexes.

Au-delà de la dichotomie : gestion technique et gestion sociale de l'eau (ou de la traditionnalité et de la modernité), la gestion des ressources naturelles est bien plus complexe, notamment dans le delta du Sénégal. La gestion de l'eau intègre à la fois des niveaux de décision différents, mais aussi des stratégies issues des structures mentales et anthropologiques, des structures culturelles et politiques, des choix et des orientations économiques, etc. Tous ces facteurs font que, malgré les barrages antisel de Diama sur le bas delta et hydroélectrique de Manantali sur le haut bassin et la relative maîtrise des ressources en eau, la problématique de la gestion des ressources se pose en termes de mauvaises adéquations entre l'offre et la demande ou en termes d'articulation des aspects techniques et des aspects anthropo-ethnoculturels à travers les échelles et les niveaux d'organisation.

Si l'espace est le support des activités socio-économiques, le passage sans rupture d'un niveau de décision et de gouvernance à un autre est une des bases de la satisfaction des usagers. Ce passage de niveau se traduit par une relation complexe entre les différents centres de décision (ouvrages hydrauliques) et les usages en présence.

L'articulation entre dimension technique et dimension anthropoculturelle est peu ou prou prise en considération dans les documents de planification (ex. PDRG) et de gestion des ressources en eau (ex. SDAGE) qui se limitent souvent à la dimension technique (les outils de gestion) et économique (développement hydraulique, autosuffisance alimentaire, mise en place d'infrastructure de communication ou d'aménagements des ressources, etc.).

Sur le plan scientifique, cette situation se traduit par un nouveau discours sur les voies africaines du développement, du socialisme, de la gouvernance, etc. Cette prise en compte, au moins sur le plan scientifique, de la complexité des systèmes économiques et socioanthropologiques en Afrique permet de reconsidérer les approches de gestion des ressources naturelles, notamment au niveau de l'État et des structures de développement (OMVS, SAED). Ainsi, on verra qu'à travers la mise en place des différents États (précolonial, colonial, postcolonial) et des relations entre ces États et les pouvoirs locaux, se structurent les chaînes de décision, de gouvernance à travers un clientélisme, des allégeances, etc. ; ce qui se répercute largement dans les différents niveaux de gouvernance et de gestion des ressources naturelles (hydriques, foncières, etc.) dans la zone d'étude du delta ou ailleurs, à d'autres échelles géographiques. Cette démarche empirique, se rapprochant de la géographie structurale, permet d'appréhender la complexité de la gestion des ressources.

Les relations entre les niveaux de décision sont régies par la dimension économique (redevances par exemple) qui détermine le signal et la prise de décision dans les différents centres. La réponse, politique, est conditionnée par des critères de performance, de productivité, d'efficacité ou de rentabilité (Fig. 11).

La dimension anthropologique est assez importante au niveau du périmètre irrigué agricole dans la mesure où elle influence la prise de décision (démarrage et arrêt de la station de pompage) et la productivité agricole en fonction du degré d'assimilation anthropologique de la

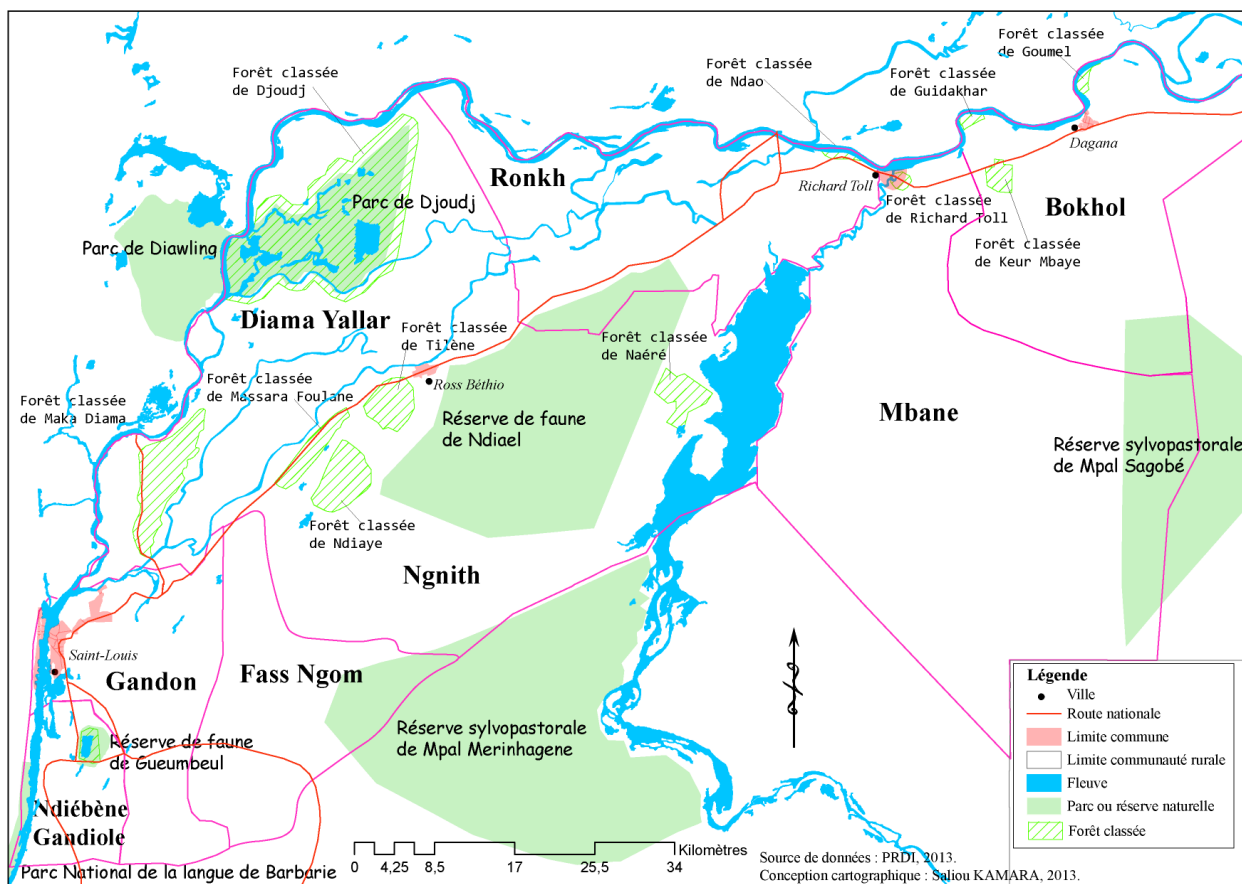
technologie. À l'inverse, la dimension économique est le principal régulateur de la décision au niveau des axes hydrauliques (secondaires) et de Diama (Fig. 12).

Les niveaux à prendre en compte sont donc multiples : la station de pompage, l'ouvrage dans l'axe hydraulique, le barrage qui alimente le bras principal du fleuve (Fig. 12). Ces niveaux sont liés par l'offre (technique) et la satisfaction du besoin à travers des aspects économiques (redevances versées) ; la réponse se traduisant par la circulation d'un flux d'eau (et d'informations) contrôlé par des vannes (barrages à batardeaux). À l'intérieur de chaque niveau, différents aspects conditionnent la demande ou le besoin (la structure mentale, la compétence, les jeux de pouvoir, les intérêts en jeu, les choix politiques, etc.). L'étude de ces dimensions se fait à travers l'étude des structures anthropologiques. Ces structures anthropologiques conditionnent à la fois le signal (l'information qui circule d'un niveau à un autre ; cette information pouvant être formalisée à travers le besoin, la demande, la redevance versée, etc.) et la réponse (décision d'ouverture des vannes, allocation d'une ressource par la Commission Permanente des Eaux, etc.). Cette interaction de niveaux anthropologiques différents rend complexe la gestion de l'espace et des ressources naturelles dans le delta du Sénégal.

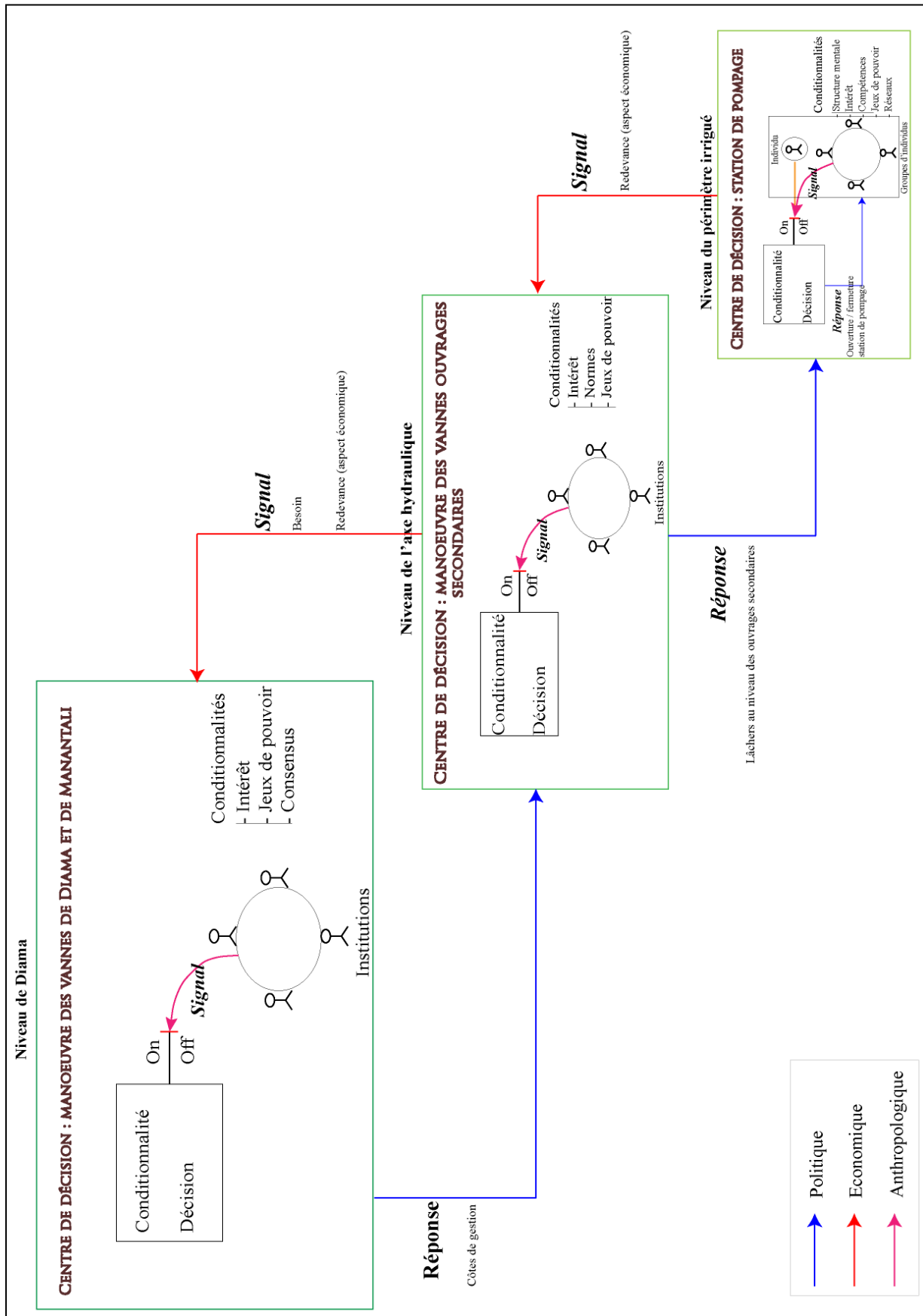
### 2.2.3. Niveaux administratifs

Notre échelle de travail correspond à l'espace *stricto sensu* du delta du Sénégal (de Dagana à Saint-Louis). Cet espace géographique englobe les départements de Dagana et de Saint-Louis, les communes de Dagana, Richard Toll, Ross Béthio ou Saint-Louis et les communautés rurales de Ndiébène Gandiole, Gandon, Fass Ngom (département de Saint-Louis), Diama, Ngnith, Ronkh, Mbane et Bokhol (département de Dagana).

**Figure 12 : Localisation des collectivités locales du delta du Sénégal (d'après PRDI, 2013)**



**Figure 13 : Système théorique de flux d'information et de prise de décision dans le delta du Sénégal**



Le découpage administratif actuel du delta est le résultat d'un ensemble de réformes (1972, 1996, 2002, 2002). Les sites, terroirs et territoires de cette étude sont principalement localisés dans les communautés rurales de Gandon, de Ngnith, de Ronq, de Mbane et de Bokhol.

Les changements d'échelle géographique permettent de mieux articuler les dynamiques multiscalaires du delta du Sénégal (échelle bassin versant, échelle de l'État du Sénégal, échelle saharo-sahélienne).

### 3. Le recours aux chorèmes et à la théorie des graphes pour la formalisation des rapports complexes homme / nature

La modélisation permet de formaliser les relations spatiotemporelles complexes dans le delta du Sénégal. Cette modélisation se fera, dans cette thèse, à travers la chorématique et les graphes.

#### 3.1. La chorématique

La modélisation graphique, et plus précisément la chorématique, est une approche développée par Roger BRUNET (1992, 2001). Les chorèmes sont des outils (BRUNET, 1997), présentant des « ... dispositions spatiales élémentaires [qui] n'existent pas à l'état pur, mais se combinent pour donner les structures des espaces existants. On peut les représenter sous formes de modèles graphiques simples dont la combinaison permet de rendre compte des structures de l'espace (GRATALOUP, 1996 : 197.) Elle peut être pensée comme un outil permettant d'appréhender les organisations spatiales ou – plus spécifiquement, pour parler comme Michel FOUCAULT (1978 ; *in* BOULLANT, 2003) – comme une démarche permettant de comprendre la projection dans l'espace des sociétés, des rapports de forces (chorème / schéma) ainsi que les structures anthropologiques qui les fondent, le tout en s'inscrivant dans une configuration territoriale (spatiale et scalaire) existante et préexistante.

L'hypothèse formulée est que la modélisation graphique permet d'accéder à une meilleure compréhension des dynamiques multiscalaires (spatiales et temporelles) anciennes et en cours sur le delta du Sénégal. La multiscalarité d'un phénomène ou d'un objet spatial est une articulation structurelle potentiellement non linéaire et multidimensionnelle (dans l'espace, dans le temps, pour certains attributs, etc.) de phénomènes localisés dans des ensembles spatiaux (terme emprunté à Y. LACOSTE, 1977) et dans des temporalités différentes.

Les dynamiques scalaires font référence à un ensemble d'informations étudiées à différentes échelles spatiales et temporelles. À chaque fois, des changements d'opérateurs (intersection, croisement), d'opérations et d'informations se font ou sont à faire. Ces changements permettent de structurer l'analyse spatiotemporelle autour des jeux d'échelles et de niveaux. Ceci s'appuie sur la transversalité et la successivité des événements et des phénomènes étudiés (KAMARA, 2010).

Ainsi, Y. LACOSTE aborde-t-il son étude sur la *Géographie du sous-développement* de 1968 à partir de la combinaison de dynamiques (forcément, complexe dans le temps et dans l'espace), mais aussi en fonction de l'imbrication des échelles spatiales et temporelles économiques, sociales, politiques en sus des facteurs géographiques « classiques » (relief, climat, sol, végétation). Il inscrit donc de fait cette articulation dans le cadre de ce qu'il est convenu aujourd'hui d'appeler le paradigme de la complexité.

La chorématique permet assez bien d'appréhender les styles des formes, les dissymétries et les différences (différences de taille des objets géographiques, entre les paysages, de mise en

valeur, etc.), mais aussi les relations observables dans l'espace géographique (BRUNET, 2004). Elle tend à exprimer, selon Jacques LÉVY et Michel LUSSAULT (2003), des logiques de base qui structurent l'espace des sociétés comme la complémentarité et l'antagonisme, les hiérarchies et les dissymétries, les réseaux et les aires, les dynamiques spatiales (diffusion et rétraction), les héritages ou les innovations, etc.

En cela, les chorèmes se révèlent être une pensée d'abord euclidienne fondée sur une forme de symétrie (translation, rotation, miroir) des apparences, et cela même au niveau graphique (MARTIN, 2007). Toutefois, les différents attributs de l'espace (relief, répartition de la population, etc.) présentent souvent une symétrie par dilatation (fractalité), ce dont peuvent rendre compte d'autres approches (MARTIN, FORRIEZ, 2008) et ce qui limite la portée de ce type de modélisation.

Cela étant, l'approche chorématique peut mettre en évidence des dynamiques, des organisations de l'espace et des relations entre attributs spatiaux qu'une carte peut ne pas forcément révéler (FERRAS, 1993). En ce sens, cette approche s'avère être un moyen utile et assez simple de compréhension de certains aspects des modes d'organisation des espaces sociétaux, en particulier quand l'information est limitée. Une telle analyse permet de dépasser le particulier, le local et de prendre de la hauteur, de questionner plus en profondeur et d'envisager certaines relations entre le local et le global (articulation en échelles) ou entre le particulier et le général (induction, abduction).

En même temps, l'introduction de la dimension historique permet de saisir les structures spatiales actuelles au travers de leurs évolutions multi temporelles. Cette dimension est prise en charge par les chronochores (structure dans la longue durée des espaces) qui se sont développés concomitamment à la chorématique.

Dans sa dimension hydraulique, il s'agit de rendre compte du système hydraulique (entrées, sorties, forme de l'offre) et du système d'usage de l'eau tant à l'échelle de la vallée du fleuve Sénégal (la dimension spatiotemporelle étant prégnante) que dans le delta (la dimension structurale étant mise en évidence). Ceci permet d'étudier les structures de formes dans un espace-temps complexe.

Dans sa dimension anthropo-ethnologique, il s'agit, d'une part, de formaliser les règles abstraites qui sont en arrière-plan de l'organisation de l'espace et de l'exploitation des ressources naturelles, puis de les objectiver dans l'espace-temps (BERQUE, 1998). D'autre part, il s'agit de modéliser et de comprendre le système et sa gestion traditionnelle, ainsi que les dynamiques spatiotemporelles qui l'animent (mobilité dans plusieurs espaces, selon plusieurs temporalités, différentes activités économiques, etc.).

### 3.2. La théorie des graphes

La cartographie du système hydraulique est complétée par une modélisation des relations entre les différents ouvrages inventoriés dans le delta du Sénégal. Pour représenter et modéliser ces ouvrages hydrauliques, le recours à la théorie des graphes a été déterminant. Cette dernière a permis de mettre en exergue les relations qui existent entre les différents ouvrages hydrauliques ; et, à partir de ces relations, les hiérarchies hydrauliques ont pu être établies éclairant ainsi la connectivité des ouvrages. Ces graphes sont une tentative de simplification des relations complexes dans le temps et dans l'espace entre les différents ouvrages hydrauliques qui structurent l'espace économique du delta du Sénégal. Cette simplification permet d'appréhender la hiérarchie spatiale qui s'établit d'un ouvrage à un autre, d'une institution à une autre, etc.

Le système hydraulique peut être donc étudié à partir de graphes ; ces derniers étant des graphes orientés, et pouvant intégrer des cheminements duaux (jonction), théoriquement sans cycle (FORRIEZ, MARTIN, NOTTALE, 2011.a). Les nœuds correspondent aux ouvrages hydrauliques (sous la dépendance de centres de décision) hiérarchisés en fonction de leur importance (débit potentiel et positions dans l'arbre). Les arcs matérialisent les différentes relations spatiales entre ces différents nœuds.

Cette organisation traduit l'écoulement et les flux hiérarchisés entre les ouvrages qui remplissent différentes fonctions (irrigation, eau potable, conservation). Ce graphe peut être explicité par les indicateurs tels que les débits nominaux ou les côtes des différents ouvrages.

Ces deux modes de représentation (chorématique, théorie des graphes) sont complétés par des graphes sagittaux qui permettent de représenter les interactions entre différentes variables systémiques. Ce diagramme analyse, plus spécifiquement, l'évolution technologique en rapport avec les changements dans les activités économiques traditionnelles ou dans la gestion des ressources naturelles.

#### 4. En conclusion

La modélisation graphique permet d'effectuer un premier tour d'horizon, un premier travail de réflexion et de construction d'hypothèses sur des structures et des dynamiques sociales, économiques, politiques et spatiales problématiques. Cette démarche de modélisation graphique a été ici appliquée à l'espace en mutation du delta du Sénégal. Il est loisible ensuite de croiser des échelles relatives à l'espace, à d'autres, révélatrices des temporalités.

## Chapitre 3. Le delta, un héritage

Ce chapitre présente le delta du Sénégal dans son environnement historique, hydroclimatique et politique. Notre analyse est structurée autour de trois sections : les dynamiques physiques du delta du Sénégal (géomorphologie et paléoclimatologie), les dynamiques climatiques actuelles et les héritages historiques.

### 1. Les dynamiques physiques, actuelles et passées, du delta du Sénégal

Deltas et estuaires sont des écosystèmes particuliers (1.1.). Les dynamiques actuelles du delta du Sénégal (1.2.) sont le résultat de fluctuations climatiques durant le quaternaire récent (1.3.). Ces fluctuations climatiques anciennes (1.4.) ont aussi contribué à la complexité des formes actuelles d'un écosystème perçu soit comme un véritable delta ou un pseudo-delta (1.5.).

#### 1.1. Généralités sur les deltas et les estuaires

Les deltas et les estuaires sont des écosystèmes particuliers, tant du point de vue de leurs dynamiques, de leurs structures que de leurs formes. Zones de contact ou d'affrontement entre dynamiques fluviales et dynamiques littorales (TRICART, 1977), deltas et estuaires sont des interfaces d'échanges qui évoluent selon les rapports de force entre deux flux opposés : eaux douces et eaux salées, milieu fluvial et milieu marin.

Les estuaires sont des milieux hydrauliques dynamiques reliant le fleuve à la mer. Ce sont des zones de « contact entre le biseau des eaux salées et les eaux douces » (SY, 2008 : 46) ou de transition entre le domaine continental et le domaine marin. L'estuaire est façonné par les courants marins qui relaient, à l'aval, l'action des cours d'eau perceptible à l'amont à travers les accumulations sédimentaires (COQUE, 1977).

L'embouchure d'un delta résulte de l'action de l'écoulement fluvial, les agents marins ou lacustres se bornant à remodeler plus ou moins son bord externe (COQUE, 1977). Cette accumulation se fait à travers le dépôt d'éléments grossiers (sable surtout), qui s'amassent en baies, en cordons ou en flèches (Langue de Barbarie).

Les deltas sont des zones d'accumulations alluvionnaires. Un delta est « une accumulation d'apports terrigènes dans un secteur déprimé aquatique à subaquatique, correspondant à une plaine alluviale large en général où s'accumule une grande quantité des matériaux transportés [ ;] il peut déboucher à la mer (delta du Sénégal) ou se confiner au continent (delta intérieur du Niger) » (SY, 2008 : 39.) Les deltas continentaux sont des constructions sédimentaires élaborées au débouché des cours d'eau dans des étendues permanentes (BELLAICHE, 2013). Les deltas progradant n'apparaissent que lorsqu'un fleuve, chargé d'une grosse masse d'alluvions, se jette dans une mer dont la dynamique est faible, autorisant les sédiments à se disperser pour s'accumuler en delta sous-marin ou en delta émergé (AUBRY, 2004.)

Les deltas se caractérisent par leur instabilité et se différencient selon leur taille et en fonction de leur évolution géomorphologique (BETHEMONT, 2000). Ainsi, distingue-t-on les deltas en voie d'accroissement sur tout leur front, des deltas progressant que par une (delta du Sénégal) ou plusieurs de leurs branches et les deltas menacés de recul comme le Nil du fait de l'action anthropique (BETHEMONT, 2000.)

Un autre trait caractéristique des deltas tient au fait que ce sont des milieux où le fleuve se divise en plusieurs bras du fait de la diminution de la pente (AUBRY, 2004).



Les deltas de la catégorie (A) sont marqués par la prédominance des dynamiques fluviales (delta du Mississippi). Ils se caractérisent par des distributaires nombreux et rectilignes où se déposent des barres sableuses (BEAUCHAMP, 2005). Les deltas (B) sont marqués par la prédominance de la marée. Ces deltas ont une embouchure évasée en estuaire (MONTEILLET, 1986.b). C'est le cas du delta du Gange ou du Rhône.

### 1.2. Le delta du Sénégal : état et dynamiques actuelles

Le delta du Sénégal est classé parmi les deltas pour lesquels la dynamique de la houle prédomine, au détriment de la dynamique fluviale. Ce type de delta est exposé à l'activité destructrice des vagues qui entraîne un démantèlement permanent des barres d'embouchure en une série de barres côtières ; l'action des courants de dérive littorale contribuant à modeler ces barres côtières en cordons sablonneux parallèles à la ligne de rive (BELLAICHE, 2013).

Une forte dérive littorale a permis l'édification de cordons littoraux parallèles à la côte (MONTEILLET, 1986.b). Il s'agit de la Langue de Barbarie, longue de 25 km sur une largeur variant de 200 à 400 m (SY, 2006).

La dérive littorale de direction NNW-SSE est engendrée par la houle de même direction issue des alizés de l'Atlantique Nord qui soufflent une bonne partie de la saison non pluvieuse, sur le littoral saint-louisien. La longueur d'onde de cette houle, en eau profonde, atteint 302 m pour une hauteur moyenne de 1 m et une périodicité de 12 à 15 secondes. Au niveau de Saint-Louis, cette houle a une forte énergie alors qu'au niveau de la côte dakaraise, elle perd de son énergie.

Cette houle charrie une quantité importante de sables (de 300 000 à 1 500 000 m<sup>3</sup>/an). Les mouvements de la houle sont ressentis toute l'année, avec une forte intensité durant la saison non pluvieuse. Durant la saison pluvieuse, une houle de direction SW-NE, issue de l'Atlantique Sud, déferle avec une faible énergie au niveau de l'embouchure du fleuve Sénégal. Le delta du Rhône et du Sao Francisco (Brésil) fonctionne sur ce modèle.

Le delta du Sénégal est considéré par Jean TRICART (1977) comme un delta colmatant une lagune. Ces deltas ont un certain nombre de caractéristiques explicitées dans leur genèse comme dans leur dynamique (TRICART, 1977) :

- ces deltas sont localisés dans une zone de subsidence dont l'affaissement a contribué à l'accumulation des alluvions. Le delta du Sénégal se localise dans un bassin sédimentaire. La région du delta a connu, à plusieurs reprises, des affaissements du socle (MICHEL, 1973) ;
- un cordon littoral large et massif, occupé par des dunes, isole le delta de la mer ;
- la dynamique littorale est prépondérante sur la dynamique fluviale, ce qui entraîne une instabilité dans le maintien de l'embouchure due à une importante dérive littorale qui repousse sans cesse l'embouchure, dans des conditions naturelles, vers le sud (et *vice versa*).

Avec la mise en place d'un barrage en 1986 et l'ouverture d'une brèche artificielle en 2003, l'instabilité de l'embouchure a été accentuée. Au colmatage de l'ancienne embouchure naturelle s'est superposée l'ouverture de nouvelles brèches (2) vers le nord, à environ 100 m de la brèche artificielle actuelle, en octobre 2012. L'embouchure serait-elle repoussait vers le nord plutôt que vers le sud ? Des études devraient confirmer ou infirmer cette hypothèse. En tout état de cause, ces changements structuraux auront des répercussions sur les dynamiques estuariennes actuelles : qualité de l'eau des nappes phréatiques, disparition progressive de certaines îles à l'instar de Doune Baba Dièye (SY, 2010) dans un contexte avéré d'élévation du niveau marin sur la côte saint-louisienne (SALL, 2006 ; DURAND et *al.*, 2010).

Le fleuve se jette à la mer par un estuaire, en traversant le delta (MICHEL, SALL, 1984 ; MICHEL et *al.*, 1993). Cet estuaire a été construit durant le Moyen-Âge, lors d'une ultime régression marine qui a permis l'accroissement de la zone littorale qui dirige le fleuve vers le sud pour former un estuaire (DECKER et *al.*, 1996). Rappelons qu'un estuaire est un milieu à la fois dynamique (PASKOFF, 1998) et instable dans lequel les marées sont suffisamment fortes pour entraîner les alluvions (AUBRY, 2004). Les estuaires dépendent du substrat morphologique, des courants de la marée et de la faiblesse de la charge terrigène (BETHEMONT, 2000).

Le delta du Sénégal se caractérise (MONTEILLET, 1986.b) par :

- une superficie de 4 000 à 5 000 km<sup>2</sup> inondée par la crue naturelle du fleuve (delta sénégalais – 55 % – et delta mauritanien – 45 %), ce qui en fait un petit delta, loin du delta du Niger (17 600 km<sup>2</sup>), du Nil (24 000 km<sup>2</sup>), du Mississippi (34 000 km<sup>2</sup>) ou du Gange (105 000 km<sup>2</sup>) ;
- une énergie issue de la houle très importante ;
- des masses de sédiments apportées à la mer faible entraînant un potentiel de construction sédimentaire faible.

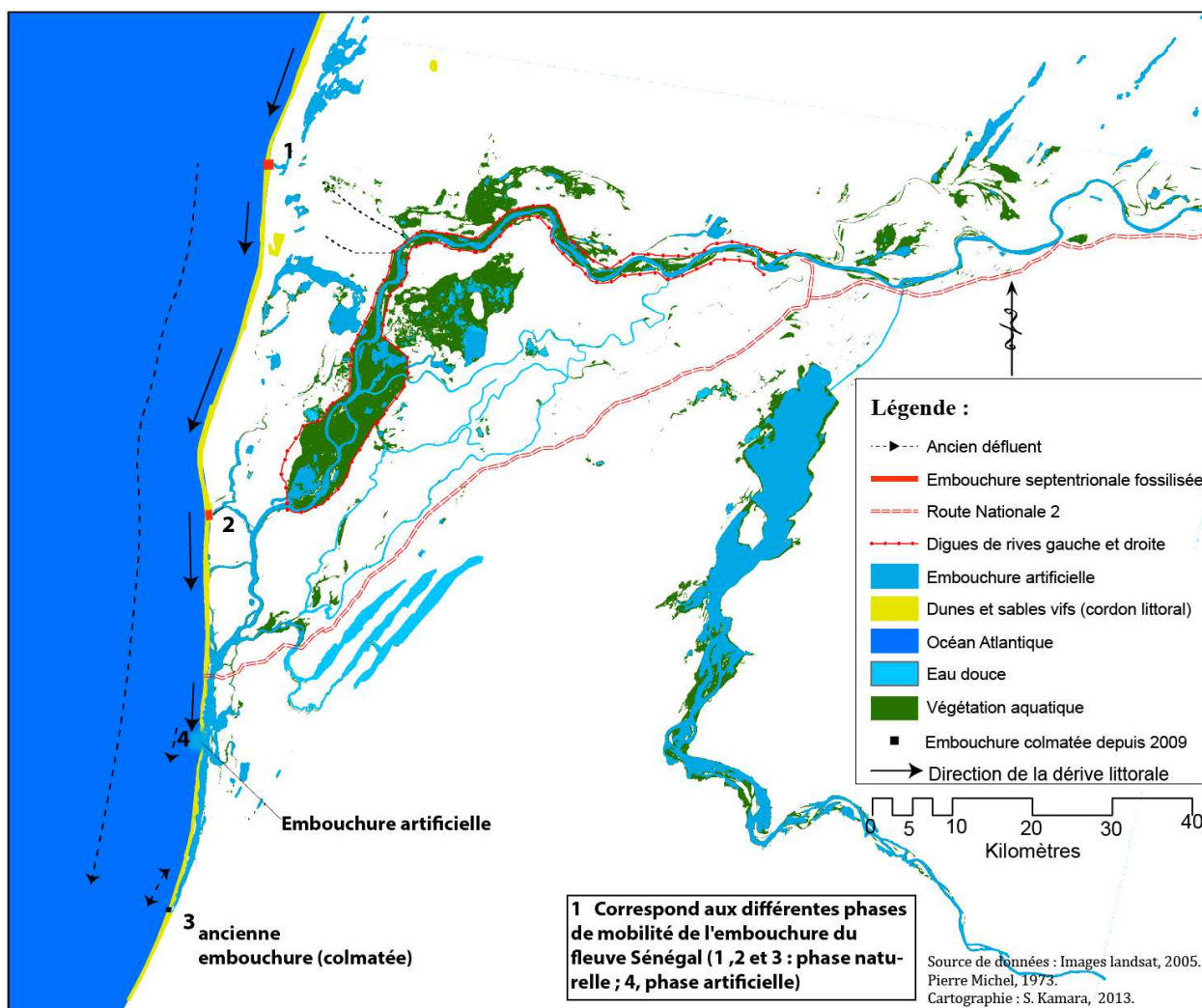
Dans le delta du Sénégal, la pente est de 0,06 % au moment des moyennes eaux et 0,01 % en crue forte (MICHEL, 1973). Le fleuve Sénégal se divise aussi en plusieurs bras qui se regroupent dans l'estuaire, au niveau de la commune de Saint-Louis, pour se jeter à la mer par l'intermédiaire d'une embouchure fluctuante située au sud de Saint-Louis. Le réseau hydrographique est très anastomosé dans le delta, orienté nord-est sud-ouest ou nord-nord-est sud-sud-ouest (COLY, 1996).

L'embouchure du fleuve reçoit les eaux du Sénégal à travers une brèche creusée sur le cordon sableux de la Langue de Barbarie qui longe, parallèlement à la côte, le littoral sur une vingtaine de kilomètres. En subissant la dérive littorale, l'embouchure n'en apparaît que plus instable (migration permanente ; Fig. 14).

La forme du delta du Sénégal (différents chenaux qui le composent) a fait que, à un moment, celui-ci a pu avoir plusieurs embouchures (1<sup>e</sup> hypothèse) ; le fleuve ayant eu, au Moyen-Âge, un (ou des) bras qui a (qui ont) traversé(s) le delta, en rive droite mauritanienne, pour se jeter à la mer. En l'état actuel des connaissances, les études géomorphologiques n'ont pas pu prouver la coexistence de deux ou de plusieurs embouchures sur le cordon littoral. La conclusion la plus complète sur ce sujet a été faite par Pierre MICHEL (1973). La thèse défendue par ce dernier (2<sup>e</sup> hypothèse) est celle d'une embouchure unique qui a progressivement migré vers le sud. La mise en place de cette embouchure septentrionale, aujourd'hui colmatée et fossilisée, date du XVII<sup>e</sup> siècle (GAC, KANE, 1982).

Le fleuve (en transportant vers la mer le produit de l'érosion de son bassin versant – PINOT, 2013) et la dérive littorale contribuent aux incessantes migrations nord-sud de l'embouchure du Sénégal (Fig. 14). Dans ce cadre, l'ouverture d'une brèche artificielle en 2003 n'a que très peu réduit cette dynamique. La brèche artificielle a repris les dynamiques de migration dues au phénomène perpétuel d'érosion d'une rive et de colmatage de l'autre rive (répartition des sédiments dérivés par le fleuve). À cela, il faut ajouter l'ouverture d'une nouvelle brèche dans la nuit du 17 au 18 novembre 2012, en amont de la brèche actuelle (Fig. 14) dont les conséquences socio-économiques sont déjà perceptibles (diminution des captures de poissons, création d'une langue d'eau salée, etc.).

**Figure 14 : Les fluctuations (connues) anciennes et actuelles de l’embouchure du fleuve Sénégal (d’après image Landsat, 2005 ; MICHEL, 1973)**



Le delta du Sénégal a une faible activité sédimentaire cumulée à une forte dynamique littorale. La faiblesse des apports sédimentaires depuis près de 20 ans (dûe, en grande partie, à la construction du barrage de Diama) et son caractère instable, notamment au niveau de la côte (embouchure sans cesse repoussée vers le sud), permet de classer le delta parmi les deltas menacés de recul (comme le Nil). En effet, les apports sédimentaires ne permettent plus de compenser les pertes dues à l’action de sapement de la berge (SY, 2010), le cordon littoral reculant de plus en plus. Selon BÂ et *al.* (2007), le fleuve mobilise environ 2 000 000 de tonnes de sédiments, en période de crue, déposés essentiellement sur l’estuaire alors que la dérive littorale charrie de 300 000 à 1 500 000 m<sup>3</sup>/an de sables le long du littoral entraînant un recul de son cordon (taux de recul de 1 à 2 m/an) et le déplacement des bancs de sable. Cette situation témoigne du caractère très instable du milieu deltaïque et de l’embouchure.

### 1.3. Le quaternaire récent dans le delta du Sénégal

Le fleuve Sénégal est subdivisé en un ensemble de sous-bassins versants (la moyenne vallée, Bakel, Kayes, Falémé, Bafing, Bakoye, etc.). Ces sous-bassins versants sont drainés par des affluents et des défluent majeurs. Parmi ces sous-bassins versants, le delta du Sénégal se caractérise par une morphodynamique particulière et complexe qui a évolué avec

l'artificialisation du milieu naturel. Cette morphodynamique est aussi à la base des potentialités d'exploitation qui sont au cœur de la mise en valeur traditionnelle et actuelle du delta.

Le delta du Sénégal appartient entièrement au Quaternaire et au bassin sédimentaire sénégal-mauritanien (Fig. 15). Le socle occupe toute la vallée du fleuve Sénégal, de Bakel à Saint-Louis, ainsi que la zone littorale des Niayes, entre Saint-Louis (Gandioul) et Dakar. Dans le delta, le bassin sédimentaire, perméable (sables et grès), contient un aquifère salé (nappe alluviale du Quaternaire) profond de 2 à 15 m selon les endroits. Cette nappe couvre le lit majeur du delta du Sénégal.

**Figure 15 : Structure géologique à l'échelle du bassin versant du fleuve Sénégal (d'après psugeo, 2012)**



Le delta du Sénégal a connu une succession de périodes humides et de périodes sèches. Analyser sous l'angle d'un mouvement irrégulier, on s'aperçoit qu'il a connu des périodes de temps plus pluvieux et des périodes très sèches. À chaque irrégularité hydroclimatique, des phénomènes de régression ou de progression marine ont été observés par les géomorphologues et les paléontologues ; la période de transgression décisive étant la flandrienne ou nouakchottienne (dans le Quaternaire). Ces phénomènes complexes de transgressions et de régressions marines influencent la morphologie et l'évolution des littoraux (PASKOFF, 1998). Ces phénomènes hydroclimatiques sont à la base de l'édification du delta du Sénégal.

#### 1.4. Paléoclimatologie et climat du delta du Sénégal

Le delta du Sénégal est marqué, dans son évolution, par une instabilité climatique et une fragilité qui s'est accélérée avec l'artificialisation du milieu à partir des années 1960. Vers