

## DELMASIG

# Un système d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale des hommes, du milieu, des enjeux spatiaux et fonciers du Delta intérieur du Niger

Jérôme MARIE

Département de Géographie, Université de Paris X-Nanterre, 200 av. de la république, 92 001 Nanterre Cedex, MARIE.JEROME2@wanadoo.fr

**Résumé – DELMASIG.** DELMASIG est un système d'information géographique dédié à l'aide à la décision pour une gestion régionale et locale des hommes, des milieux, des enjeux spatiaux et fonciers dans le delta intérieur du Niger au Mali, soit sur une superficie un peu supérieure à 22 000 km<sup>2</sup>. Ensemble de bases de données spatiales topologiques (couvertures) et de bases de données thématiques développées sous *Arc Info* et sous différents *SGBDR*, DELMASIG propose une modélisation du delta intérieur du Niger portant principalement sur : (i) les formations végétales, (flore, conditions écologiques, productions) et leur relation avec la crue dont dérive un modèle 3D de la topographie du delta pouvant simuler les surfaces inondées selon les hauteurs de crue (ii) une analyse de l'évolution des surfaces cultivées en riz en 1952, 1975 et 1989 ; (iii) l'infrastructure pastorale, *leyde* (territoires pastoraux peul), pâturages (bourgoutières), pistes pastorales et gîtes de bétail. La comparaison de ces données, leur mise en perspective dans le nouveau découpage territorial en communes rurales mises en place en 1999 permet d'esquisser un bilan et de proposer des pistes de réflexion pour une gestion des activités agricoles et pastorales dans une région connaissant de graves conflits fonciers.

**Abstract – DELMASIG.** DELMASIG is a GIS designed for local and regional decision-making in relation to the management of people, the environment, and land use in the Niger River's inner delta in Mali, i.e. an area covering slightly more than 22 000 km<sup>2</sup> with hectometric accuracy. Combining spatial topological databases (covers) and thematic databases built through the use of *ArInfo* and various other systems, DELMASIG offers a computer model of the inner delta with an emphasis on the following points : - Vegetal formations (the flora, ecological conditions, levels of production) and their relationship to the flood, from which a 3D model of the delta's topography has been derived, making it possible to simulate the flooded areas in relation to the flood level. - An analysis of the evolution of areas cultivated for rice in 1952, 1975, 1989 - Pastoral infrastructures, the *leyde* (Fulbe pastoral territories), pastures, cattle tracks and resting places. By comparing the data and studying them in the new framework resulting from the division of the area into rural districts since 1999, it is possible to come to an assessment of the current situation and to point out how the management of agricultural and pastoral activities in an area which has recently seen serious conflicts in relation to land-use should be approached in the future.

Le delta intérieur du Niger, l'une des plus grandes zones inondées de la planète, connaît depuis une vingtaine d'années une crise écologique et humaine qui se manifeste notamment par une dégradation des conditions hydrologiques et de nombreux conflits qui opposent riziculteurs, pasteurs et pêcheurs pour l'utilisation du sol et des ressources naturelles.

DELMASIG couvre les plaines de la cuvette du Niger depuis Ké Macina jusqu'au lac Débo, y compris une fraction du Farimaké au nord-ouest, soit une superficie un peu supérieure à 22 000 km<sup>2</sup> avec une qualité des données spatiales hectométrique.

## Description du SIG

Ensemble de bases de données spatiales topologiques (couvertures) fondé sur des documents originaux au 1/50 000 placé dans un référentiel géographique (UTM fuseau 30 en unité métrique) et de bases de données thématiques développées sous *Arc Info* et sous différents SGBDR, DELMASIG propose une modélisation du delta intérieur du Niger fondée principalement sur les couvertures suivantes :

- les formations végétales (VEG4) : couverture de 14 536 zones décrivant les 120 formations végétales du Delta et leur composition floristique (189 plantes) ;
- les conditions écologiques (CRUE4) : couverture dérivée de VEG4 décrivant les conditions écologiques de la crue (hauteurs d'eau, durée de l'inondation, date et vitesse de la montée et de la baisse des eaux pour chaque formation végétale) ;
- un modèle maillé (mailles d'un hectare) est dérivé de CRUE4 par calcul et permet d'obtenir une représentation du Delta en 3D à échelle fine ; ce modèle permet notamment de simuler les surfaces inondées pour différentes hauteurs de crue à l'échelle de Mopti ;
- deux couvertures – HOR1 & HOR2 – décrivent les conditions de sol (granulométrie) ;
- une couverture – PRODUCT89 – décrit la production des pâturages du Delta intérieur en intégrant les surfaces cultivées en 1989 (productions annuelles et saisonnières pour les ligneux et les herbacées, repousses mensuelles pour les herbacées...) ;
- trois couvertures (SAU\_52, SAU\_75, SAU\_89) décrivent l'occupation du sol par l'agriculture (riz, mil...) en 1952, 1975 (photo-interprétation) et 1989 (image SPOT) sur le delta et ses bordures sèches ;
- les couvertures Commune 4 et VILLAGE1 décrivent respectivement les 51 communes de la région et les 915 villes et villages (données de population de 1976, 1987 et 1998) ;
- les couvertures LEYDE3, PISTE2 & GITE1 décrivent respectivement les territoires traditionnels pastoraux des pasteurs peuls (32 territoires), les pistes de transhumance (3 600 km de pistes internes au Delta) ainsi que les 1 015 gîtes pour le bétail nommés et appropriés par les différents clans peuls qui forment, avec le réseau de pistes, l'armature foncière pastorale du delta intérieur.

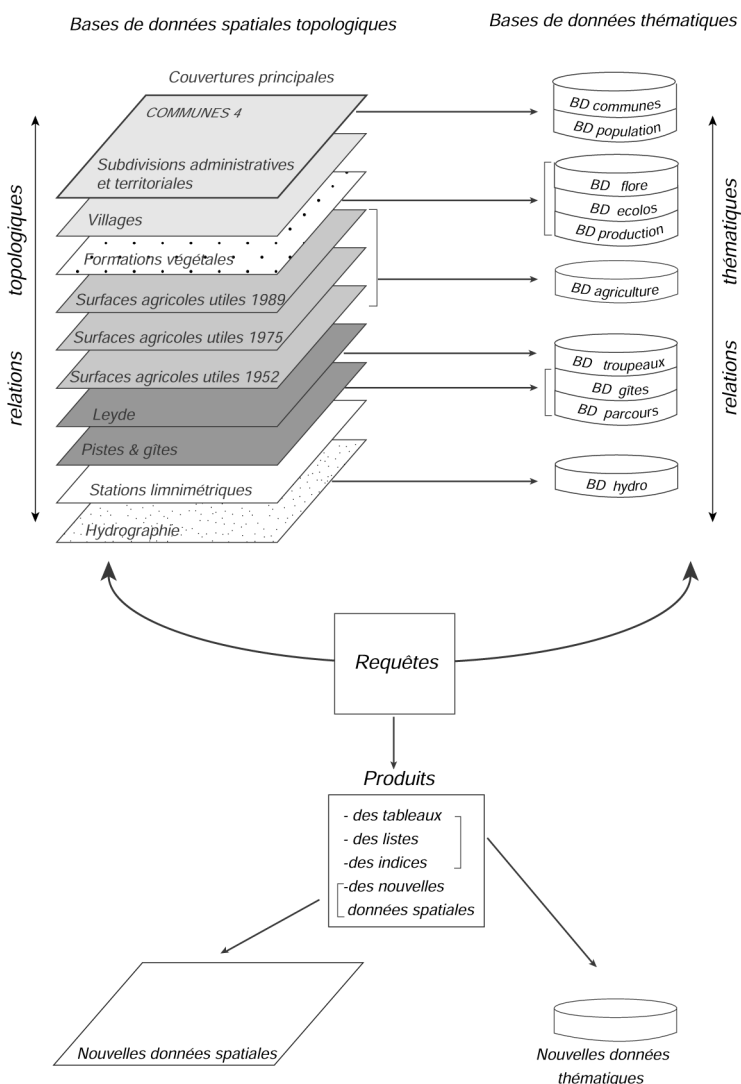
## Principaux résultats

### Une modélisation des formations végétales

La végétation, malgré de nombreuses études sur la région, restait très mal connue. DELMASIG, réalisé avec la collaboration de Pierre Hiernaux, écologiste à l'ILRI (*International Livestock Research Institute* ex ILCA/CIPEA), s'appuie sur un inventaire phyto-écologique rigoureux. Pour chacune des 27 associations végétales élémentaires, la flore (189 espèces), l'écologie (78 paramètres), la production végétale et fourragère annuelle et saisonnière ont été relevées pendant trois années (1979 à 1982) sur 169 sites tests. L'analyse statistique a permis d'établir les profils floristiques et écologiques des formations végétales dont la distribution spatiale est dominée par les différents paramètres de l'inondation (gradient de hauteurs d'eau, durée de la submersion, régularité...). Une cartographie très détaillée au 1/50 000 de la végétation a ensuite été établie à partir d'une couverture aérienne en IRC (75 MAL 32/500 IRC). Cette cartographie accompagnée des données sur la flore et l'écologie sert de base à la couverture VEG4 du SIG.

Le delta intérieur regroupe 120 formations végétales comprenant 27 associations élémentaires et 93 mosaïques qui combinent deux ou plusieurs associations réparties sur 7 niveaux (allant de l'exondé à une profondeur de submersion de -4 mètres).

**Schéma d'organisation de DELMASIG**



**Tableau I.** Les associations végétales primaires en fonction des niveaux ou hauteurs de submersion.

Niveaux de submersion	Hauteurs moyennes de submersion	Associations végétales *
7	]2,8 m à 4 m ]	BP - PAK
6	]1,5 m à 2,8 m ]	B - OP - VB - PAM
5	]0,6 m à 1,5 m ]	EOR - O – VOR – (R)
4	]0,3 m à 0,6 m ]	AC - ESP- VSP- PAN
3	]0,1 m à 0,3m ]	P - VH - PAS
2	]0 m à 0,1 m ]	AG - ZB – PAR
1	exondé	TA – TS - TB - TC - TD - THY- TT

Ces formations végétales occupent 14 536 zones pour une surface totale de 22 262 km<sup>2</sup>. Les différentes végétations (VB, VOR, VSP, VH) occupent 40 % du delta, les orizaies (OP et O) 21 %, les éragrostaies (EOR, ESP) 11,5 % et les bourgoutières (BP et B), les pâturages les plus productifs et les plus recherchés du delta occupent seulement 10 %. Ces formations sont complétées par les

plaines à *Acacia Kikii* (PAK) et à *Myragina Inernis* (PAM) pour les niveaux profonds, par les Panicées (P) et les andropogonées (AG) pour les niveaux faiblement inondés. ZB représente la zone de battement maximale des crues et les différentes formations allant de TA à TT représentent la végétation sèche qui couvre les buttes exondées (les *Toggere*) et les bordures du Delta. Enfin PAN, PAR, PAS décrivent des Acacières pouvant être inondées par la pluie avec une reprise secondaire par la crue. On les trouve essentiellement dans le Farimaké au nord-ouest du delta.

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de l'analyse de la couverture des formations végétales : La plaine d'inondation, « règne de l'eau et de l'herbe » pour reprendre l'expression de Gallais, (1984), n'est pas celui sans partage du « bourgou » qui, au sens strict, n'occupe qu'un peu plus de 160 000 hectares soit 10 % des formations inondées du delta intérieur qui apparaît surtout dominé par les vétiveraies et les orizaies.

Un autre enseignement que l'on peut tirer de la comparaison des formations végétales et des niveaux de submersion (tableau I) est que l'assimilation entre grandes familles de formations et niveaux de submersion ne correspond pas à la réalité du delta intérieur, qui apparaît plus complexe. Cette vision très réductrice des paysages végétaux du delta intérieur est celle qui ressort de la carte des étages floristiques dans l'aire grégarienne du delta central du Niger [Etudes écologiques PNUD (FS) AML/ECO/2, projet RAF 69/146,1973]. A l'origine, ce document devait rester à l'état de minutes et servir de base à des travaux ultérieurs chargés d'établir une véritable carte de la végétation. Les « étages floristiques » que l'on trouve encore dans des travaux récents (Adesir-Schilling, 1999) sont surtout des entités topo-morphologiques, plus justement appelées « niveaux » et repérées par photo-interprétation. Mais l'assimilation de ces « niveaux » à des formations végétales spécifiques à chaque niveau est abusive. Parler d'un niveau à vétiver, d'un niveau à oryza ou d'un niveau à « Bourgou » n'a pas de sens : les vétiveraies se retrouvent sur quatre niveaux, et même cinq si on inclut la formation PAK qui est une vétiveraie très profonde à *Acacia kirkii*. Les éragrostaies, les orizaies et les bourgoutières occupent respectivement deux niveaux chacune avec une forte imbrication (éragrostaie en niveaux 3 et 4, orizaies en niveaux 4 et 5, bourgoutières en niveaux 5 et 6 par exemple).

### Une modélisation des surfaces inondées à partir des formations végétales

Les différents états des variables décrivant les conditions de l'inondation (hauteur, régularité, durée, vitesse et dates de montée et de baisse des eaux...) tels qu'ils ont pu être mesurés sur les 169 sites témoins ont été rapportés aux échelles limnimétriques disponibles en 1980 dans le delta. Il ne s'agit pas de déterminer les régimes de chaque plaine ou de chaque cuvette prise isolément mais de définir une série de paramètres les plus fréquemment atteints qui permettent d'établir une relation entre les formations végétales et le déroulement d'une crue que l'on peut qualifier de « crue-climax » par analogie à la relation existant entre un climat et des formations végétales. Ces profondeurs ou hauteurs de submersion sont établies à partir d'une cote 0,0 m qui correspond à la cote limnimétrique la plus régulièrement atteinte par la crue dans les conditions de l'étude. La comparaison des séries amène à considérer que la valeur la plus fréquemment atteinte, celle que l'on peut considérer comme la valeur climax, correspond, sur les trente années précédant l'étude, au maximum moyen des crues moins l'écart type. Cette valeur correspond à la cote 660 cm à l'échelle de Mopti (atteinte dans 84 % des cas) valeur que nous supposons représentative des crues normales ou régulières, et que l'on assimile donc au 0,0 m de référence des profondeurs de submersion des diverses formations végétales inondées telles que portées dans le tableau 1.

Cette notion de « crue-climax », qui suggère une relation d'équilibre entre des crues, variant d'une année sur l'autre, et un « étagement » ou des « niveaux » des formations végétales peut être discutée. Cependant la distribution spatiale des 169 échantillons de référence pour l'étude des relations formations végétales-profil écologique nous montre que la relation entre la valeur zéro de référence et les profondeurs moyennes de submersion est vraie en tous points du delta.

Des modifications importantes des crues devraient se traduire par des changements dans les formations végétales. A cet égard, les travaux de terrains poursuivis jusqu'en 1985 (avec une série de crues très faibles : 551 cm en 1982, 502 cm en 1983, 440 cm en 1984) qui se traduisent par de fortes variations de production fourragère ne montrent que des modifications limitées dans la composition floristique de certaines formations. Les faibles crues, qui se sont généralisées pendant encore une dizaine d'années ont très probablement entraîné des modifications des formations végétales mais ces modifications ne changent pas la relation entre le zéro de référence et les profondeurs de submersion, à moins de supposer que la morphologie du delta intérieur ait complètement changé en vingt ans, ce

qui est hautement improbable. A ce propos, la présence toujours actuelle dans le paysage de levées fossiles du delta Dialloubé par exemple, et qui correspondent au tracé d'un réseau hydrographique maintenant disparu que Gallais date du III<sup>e</sup> humide (1967b) montre que la morphologie du delta ne change pas rapidement, et en tout cas pas en deux décennies.

Les modèles que nous proposons, qu'il s'agisse de celui représentant les surfaces inondées par classes de profondeur d'eau ou du modèle calculé en isolignes, ne nous semblent donc pas remis en cause. Cependant, certains niveaux, fréquemment atteints ou dépassés il y a une vingtaine d'années, ne le sont plus ou ne le sont que rarement maintenant.

A la cote de 6,60 mètres les surfaces inondées totalisent 17 000 km<sup>2</sup> et la perte de surface inondée par tranche de 10 centimètres est de l'ordre de 8 % entre les cotes 6,60 mètres et 6,00 mètres (9 700 kilomètres carrés). Entre 6,00 mètres et 5,10 mètres, la régression n'est que de l'ordre de 3 %. Le delta intérieur semble donc très sensible, pour des crues moyennes à fortes, à de faibles variations des hauteurs d'eau. L'impact d'aménagements en amont ou de prélèvements importants (Office du Niger) devra en tenir compte. Un modèle continu, en mode maillé, permet une représentation en 3D de la topographie du delta entièrement dérivée par calcul de la couverture des formations végétales. On en déduit des isolignes d'égale profondeur de submersion (de 10 en 10 centimètres) qui permettent notamment d'identifier et de délimiter très finement les treize principales cuvettes hydrologiques du delta, de simuler les surfaces inondables chaque année depuis 50 ans, ou l'emprise spatiale des « lames d'eau utiles » en riziculture année par année.

### Evolution des surfaces en riz et stratégies des riziculteurs

Le suivi des surfaces cultivées en riz pour trois dates (1952, 1975 et 1989) permet, en comparant par opérateur spatial les couvertures SAU\_52, SAU\_75, SAU\_89 avec la couverture VEG4, d'analyser les formations végétales défrichées par les riziculteurs à différentes dates. 95 % des rizières sont défrichées sur 27 formations végétales (et 80% sur 14 formations seulement sur les 120 formations répertoriées) avec une préférence pour les orizaies sauvages et, depuis 1975, pour les bourgoutières. Trois faits marquent l'évolution de la riziculture entre 1952 et 1989. Les surfaces en riz doublent comme la population alors que les rendements stagnent (autour de 900 kilos par hectare). Dans le même temps, en accord avec la dégradation marquée des crues du Niger, les rizières « s'enfoncent » par rapport au 0,0 de référence, passant, en moyenne de – 1,24 mètres en 1952 à – 1,86 mètres en 1989 tandis que l'espace des riziculteurs se réduit fortement. Enfin, la mobilité des rizières apparaît très forte avec l'abandon de certaines régions (le delta de Diafarabé notamment) et le défrichement marqué des cuvettes profondes, en particulier des bourgoutières dont 25 % sont défrichées en 1989.

En riziculture pluvio-fluviale, fondée sur l'utilisation de riz flottants comme *Oryza glaberrima* qui reste dominant encore actuellement dans le delta intérieur, le riziculteur effectue un pari sur la crue à venir en choisissant l'endroit où implanter la rizière de l'année. Ce choix est conditionné par l'existence d'une « lame d'eau utile » qui se définit par une cote « plancher » et une cote « plafond » pour implanter la rizière. La cote « plancher » correspond à la crue maximum moins trois mètres et le « plafond » à une hauteur d'eau telle qu'elle assure une durée de submersion de soixante jours au moins (les riz flottants utilisés dans le Delta intérieur supportant une submersion de 3 mètres maximum et exigeant une durée minimum de submersion de 60 jours). Les bases de données de DELMASIG permettent de simuler ces conditions et de calculer, année par année, cette lame d'eau utile. Le modèle maillé en 3D du delta permet ensuite de représenter, année par année, l'emprise spatiale de cette lame utile. Si 1994 est une bonne année avec une surface utile de 1 300 000 hectares pour environ 150 000 hectares effectivement cultivés, 1972 est une très mauvaise année avec une surface utile dépassant de peu 300 000 hectares.

Cependant, la totalité de l'espace de la lame utile n'est pas cultivable puisqu'elle ne prend en compte que les conditions de l'inondation. Il faudrait en particulier croiser ces informations avec celles portant sur le choix des sols afin d'affiner l'approche, année par année, de l'espace utile des riziculteurs. Ce point n'est pas traité ici mais sa réalisation dans le SIG ne présente aucune difficulté. La cartographie de l'emprise spatiale des lames d'eau utiles montre très clairement deux phénomènes : d'une part, les grandes variations de l'emprise de la lame utile et, d'autre part, les décalages dans l'espace de cette même lame selon l'année, permettant la riziculture à un endroit telle bonne année, ne la permettant plus à cet endroit lors d'une mauvaise année.

Ces décalages illustrent bien le fait que le nomadisme agricole des riziculteurs est un phénomène de grande ampleur qui ne se résout ni dans les limites étroites de finages villageois ni dans celles, élargies, des nouvelles communes rurales. C'est en réalité la totalité du delta intérieur qui doit être prise en compte si on veut proposer une solution à cette question : comment dépasser le stade d'une riziculture nomade à faible productivité, aux résultats incertains ; une riziculture qui apparaît à la fois prédatrice d'espace et mal assurée de ses emprises avec toutes les conséquences que l'on peut en tirer en termes de pauvreté, comme en termes de conflits pour l'utilisation de l'espace entre riziculteurs, mais aussi et surtout entre riziculteurs et éleveurs ?

### Un espace pastoral en crise

L'infrastructure pastorale du delta intérieur comprend 32 *leyde* – territoires pastoraux peuls – un réseau de pistes pastorales interne au delta (*les Burti*) d'une étonnante complexité totalisant 3 600 kilomètres et plus de 1 000 gîtes de bétail nommés et appropriés (*les bille*), soit approximativement un gîte pour 16 km<sup>2</sup> et 1 kilomètre de piste pour 4 km<sup>2</sup>. Pistes et gîtes permettent d'exploiter, à la décroue, les très riches pâturages du delta dont certains produisent plus de 30 tonnes à l'hectare selon des règles d'accès calquées sur l'organisation sociale des différents clans peuls. Cette construction sociale et territoriale, connue sous le nom *Diina*, fut l'œuvre, au XIX<sup>e</sup> siècle, d'un empereur peul qui sédentarisa les pasteurs, codifia strictement l'organisation des transhumances et les règles d'accès aux pâturages ; les agriculteurs étant, à cette époque, maintenus dans de rigoureux liens de dépendance. Cette organisation, bien que très corrompue par l'évolution socio-politique et économique des cinquante dernières années, existe encore de nos jours et constitue toujours la base des règles régissant l'usage de l'espace pastoral.

DELMASIG analyse cet espace pastoral à partir de quatre couvertures principales : LEYDE3 qui représente les territoires peuls, PISTE2 et GITE1, le réseau de pistes de transhumance et les gîtes de bétail, PRODUCT89 la production fourragère des pâturages en fonction de la crue et de l'emprise spatiale des cultures en 1989 complétée par des bases de données sur la production fourragère annuelle et mensuelle (APRODUCT-MPRODUCT) et sur l'organisation des parcours des 1 500 troupeaux collectifs recensés dans le delta.

La couverture PRODUCT89 permet d'analyser les productions fourragères annuelles et mensuelles en fonction de trois hypothèses de crues : faible, moyenne et forte. La connaissance des paramètres zootechniques de consommation des différents pâturages par les bovins, mesurés sur le terrain par Pierre Hiernaux, permet de formuler des scénarios de charge des pâturages du delta. La capacité de charge théorique approche les 2,5 millions de bovins, valeur à comparer avec les résultats des comptages effectués en 1980-1981 qui indiquaient une charge réelle de 1,4 million de têtes, ce qui nous rappelle que le delta demeure le seul grand espace à très haute productivité fourragère de toute l'Afrique de l'Ouest.

L'analyse, par opérateur spatial, de l'état des bourgoutières en 1989 montre que 25 % d'entre elles étaient défrichées en 1989 avec des taux selon les communes variant de 1 % (communes de Déboye et de Dialloubé) à 82 % (commune de Fatoma). L'analyse de l'état des gîtes où le bétail peut se reposer après avoir brouté dans les pâturages encore inondés indique que 25 % d'entre eux étaient défrichés en 1989 (242 sur 1 014), les problèmes les plus graves se concentrant dans la région de Ténenkou (le *Maasina* historique), dans la région de Mopti le long de la bordure orientale du delta, sur les pistes menant à la grande cuvette du Yongari Mangari et le long d'un axe partant de Moura au centre du delta et menant au lac Débo au nord. Ce bilan de l'état des infrastructures pastorales montre clairement que les conflits entre pasteurs et agriculteurs, très rares en 1952 et encore très limités en 1975, touchent en 1989 le quart des infrastructures et des ressources fourragères les plus productives (pistes, gîtes et bourgoutières). Outre qu'elle entraîne des conflits parfois violents, avec morts d'hommes, cette dégradation des infrastructures et des ressources pastorales liée à la faiblesse des crues, à la croissance des populations et au « nomadisme agricole » précédemment décrit, apparaît comme un non sens économique. Un hectare de bourgoutière peut confortablement nourrir 4 vaches laitières pendant 7 mois soit une production de 4 veaux et de 1 500 litres de lait (en ne comptant, pour le berger, qu'une traite de 2l/jour/tête). Ce même hectare défriché et cultivé en riz produira, au mieux, 900 kg de céréales...

## Conclusion

L'analyse des formations végétales et celle de leur relation avec la crue, de l'emprise de la riziculture, de la répartition des hommes (915 villes et villages), l'analyse des *leyde*, des infrastructures pastorales et de la productivité des pâturages, ont été systématiquement replacées dans les cadres territoriaux des nouvelles communes rurales instaurées par la loi de décentralisation de 1996 et mises en place en 1999.

Dans ce contexte, DELMASIG constitue une base de connaissances structurées permettant d'en faire un outil d'aide à la décision pour une meilleure gestion des hommes, du milieu et des conflits fonciers dans le delta intérieur du Niger, à des échelles allant du local au régional. Ce système, mis à la disposition des chercheurs et des responsables politiques démocratiquement élus, pourrait trouver sa place dans le futur Observatoire du delta intérieur, dont la création a été envisagée lors du séminaire international sur la Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales organisé par l'IRD en juin 2000 sous le patronage de l'UNESCO, de l'UICN et des Autorités de la République du Mali.

## Bibliographie

ADESIR-SCHILLING M., 1999. L'herbe, le poisson et le riz. Thèse de géographie, Université de Paris I, France, 497p.

BARRIERE O., 1995. Le foncier-environnement : pour une gestion viable des ressources naturelles renouvelables au Sahel. Montpellier, France, ORSTOM – CNRS, 524 p.

CIPEA-ODEM, 1983. Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le delta intérieur du Niger au Mali. Addis Abeba et Bamako, Ethiopie et Mali, 950 p. et 54 cartes au 1:50 000.

GALLAIS J., 1967. Le Delta intérieur du Niger, étude de géographie régionale. Dakar, Sénégal, Mémoire de l'IFAN n° 79, 621 p.

GALLAIS J., 1967. Le Delta intérieur du Niger et ses bordures : étude morphologique. Paris, France, Mémoires et documents du CNRS, 54 p.

HIERNAUX P., DIARRA L., 1986. Bilan de cinq années de recherche (sept. 1979 – sept 1984) sur les productions végétales des parcours des plaines d'inondation du fleuve Niger au Mali central. Bamako, Mali, CIPEA, 66 p.

MARIE J., 2000. *DELMASIG*. Hommes, milieux, enjeux spatiaux et fonciers dans le Delta Intérieur du Niger (Mali). HDR de géographie, Université de Paris X-Nanterre, Nanterre, France, 291 p.

TURNER M., 1992. Living on the edge : Fulbe herding practices and relationships between economy and ecology in the inland Niger Delta of Mali. Phd of philosophy, Université de Californie, Berkeley, USA, 468 p.