

Typologie

L'objectif final de l'action de recherche coordonnée sur les bas-fonds est l'élaboration d'une typologie permettant de classer les bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest en fonction des caractéristiques déterminant leurs potentialités de mise en valeur agricole. Sur chaque site pilote, des équipes pluridisciplinaires ont mené simultanément des études de caractérisation du fonctionnement des milieux naturels, des descriptions des systèmes de production, des essais agronomiques et des tests sur les aménagements hydro-agricoles. Ces travaux ont permis d'identifier les variables pertinentes à prendre en compte dans la mise en valeur agricole des bas-fonds. L'analyse des relations existantes entre ces variables constitue le fondement de la typologie proposée.

Dans ce chapitre, nous analyserons les différentes typologies de bas-fond proposées dans la littérature pour ces milieux et nous chercherons à les orienter en fonction des travaux effectués sur les sites représentatifs. Nous présenterons les principaux résultats des études de régionalisation des variables du fonctionnement des bas-fonds. Enfin nous indiquerons quels aménagements semblent appropriés à chaque type de bas-fond et pour quel usage.

LES TYPOLOGIES USUELLES

CARACTERISATIONS GEOLOGIQUE ET CLIMATIQUE ALBERGEL & CLAUDE

A partir des données hydrologiques recueillies par l'ORSTOM sur les bassins versants représentatifs de l'Afrique de l'Ouest (DUBREUIL, 1972), ALBERGEL & CLAUDE (1988) proposent de distinguer cinq grandes familles de bas-fonds. Ce découpage basé sur des critères géologiques et climatiques permet de créer des ensembles cohérents pour expliquer le fonctionnement hydrologique. Dans chacun de ces ensembles, les paramètres de la ressource en eau dépendent principalement de la taille et du relief du bassin versant. Ces familles de bas-fonds sont les suivantes :

- Dans les zones de socle ancien
 - 1 - les bas-fonds sahéliens (pluviométrie annuelle entre 300 et 700 mm), famille des bas-fonds du Yatenga,
 - 2 - les bas-fonds des régions soudano-sahéliennes (pluviométrie annuelle entre 700 et 1100 mm),
 - 3 - les bas-fonds de la zone soudano-guinéenne (pluviométrie annuelle entre 1100 et 1400 mm), famille des bas-fonds de la Comoé et du Mali-Sud
- Dans les zones sédimentaires tertio-quadernales
 - 4 - les bas-fonds des formations sédimentaires du continental terminal (pluviométrie annuelle entre 300 et 900 mm dans les parties non désertiques des bassins sénégalo-mauritanien et Iullemeden), famille des bas-fonds du Sine-Saloum
 - 5 - les bas-fonds des zones fluvio-marines dans les estuaires des fleuves et rivières depuis l'embouchure du fleuve Sénégal (pluviométrie 200 mm) aux rivières de la Guinée-Bissau (pluviométrie 1600 mm), famille des bas-fonds de Casamance.

Deux classifications plus détaillées existent pour les familles 1, 2 et 3: celles de RAUNET (1982, 1985) et de KILLIAN & TEISSIER (1973)

CARACTERISATIONS CLIMATIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DE RAUNET

La classification de RAUNET est basée sur des critères morpho-géologiques permettant de mettre en évidence les contraintes à la riziculture et de proposer des types d'aménagement appropriés. Il distingue quatre familles de bas-fonds en Afrique et à Madagascar sur les surfaces d'aplanissement granito-gneissiques. Les différences qui permettent de distinguer ces quatre familles vis à vis des caractères morphologiques, hydrologiques et pédologiques tiennent aux actions respectives, d'une part des eaux de surface et d'autre part des nappes phréatiques (hydrolyse, dégradation des argiles ...). Ces quatre familles sont les suivantes :

- 1 - les bas-fonds des régions sèches sur remblai d'ennoyage argileux horizontal,
- 2 - les bas-fonds de la zone plus humide comprenant une partie centrale horizontale à remblai argileux et franges latérales concaves sableuses (entrent dans cette famille les bas-fonds du Yatenga, de la Comoé et du Mali-Sud),
- 3 - les bas-fonds de l'Afrique de l'Est à gouttière centrale argileuse à genèse de montmorillonite,
- 4 - les bas-fonds des zones humides à substrat horizontal "sablotourbeux" sur arène non ou très peu remblayée.

CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET PHYTOECOLOGIQUE DE KILLIAN & TEISSIER

La classification de KILLIAN & TEISSIER concerne essentiellement la zone climatique 1000 à 1400 mm. Elle est basée sur des caractères morphologiques (pente, largeur du bas-fond, encaissement), auxquels sont associées les compositions végétales rencontrées. Elle distingue cinq familles :

- 1 - les bas-fonds étroits et peu marqués dont la zone centrale est occupée par une forêt galerie et les franges par une savane herbacée,
- 2 - les bas-fonds étroits et marqués dont la zone centrale est occupée par une forêt galerie et les franges par une forêt plus claire; font partie de cette famille les bas-fonds étudiés au Sud du Mali (Kambo),
- 3 - les bas-fonds larges et peu marqués dont la zone centrale est occupée par une forêt galerie claire et les franges par une savane herbacée,

4 - les bas-fonds larges et marqués dont la zone centrale est occupée par une forêt galerie et les franges par un recru forestier en concurrence avec les plantations; font partie de cette famille les bas-fonds étudiés dans la Comoé et dans le Sud Mali (Pentasso),

5 - les bas-fonds de jonction avec de vastes étendues marécageuses; la zone centrale est occupée par une forêt galerie, claire sur les bourrelets de berge. De part et d'autre du marigot, s'étendent de vastes étendues de savane marécageuse bordée de forêts ou de palmiers; font partie de cette famille les bas-fonds étudiés en Casamance.

Au regard de ces classifications, on remarque que le choix des projets pilotes correspond plutôt à la typologie générale qui regroupe les bas-fonds sur des critères de nature géologique et climatique. Dans les deux autres typologies, les bas-fonds étudiés sont regroupés différemment. Chacune de ces typologies met en évidence un caractère fondamental des bas-fonds:

- pour la première, le fonctionnement hydrologique des bas-fonds;
- pour la seconde, des critères morphopédologiques en relation avec le fonctionnement hydrogéologique;
- pour la troisième, des critères de forme en relation avec l'écologie du bas-fond.

Aucune ne tient compte des critères agronomiques et socio-économiques pour une mise en valeur des bas-fonds.

CRITERES TYPOLOGIQUES POUR UNE MISE EN VALEUR AGRICOLE

A partir des études menées sur les sites des projets pilotes, il est possible de dresser une liste des critères à prendre en compte pour caractériser un bas-fond et envisager une amélioration de sa mise en valeur. Ces critères sont de trois ordres : des critères physiques, des critères socio-économiques et des critères agronomiques. Le tableau XCI donne la liste de ces critères et montre les liaisons qui sont explicitées dans la suite du texte.

De l'analyse des critères pertinents et des relations qu'ils entretiennent, il ressort deux ensembles de critères que l'on peut hiérarchiser de la façon suivante :

- Des critères régionaux :

- 1- La zonation climatique,
- 2- Le substrat géologique et le relief,
- 3- La démographie,
- 4- Le degré d'intégration à l'économie de marché.

- Des critères locaux

- 5- La taille des bassins versants et la morphologie des bas-fonds,
- 6- L'organisation sociale et foncière,
- 7- La technicité des populations vis à vis de la maîtrise de l'eau,
- 8- Les possibilités d'accès aux sources de financement

**Tableau XCI : Critères pour la typologie des bas-fonds
et relations avec les paramètres de la mise en valeur**

Paramètres à étudier pour la mise en valeur des bas-fonds	Critères régionaux				Critères locaux			
	Zonation climatique	Géologie et relief	Démographie	Intégration à l'économie de marché	Tailles des bassins et morphologie des bas-fonds	Organisation sociale et foncière	Technicité des cultures / à la maîtrise de l'eau	Possibilité d'accès aux sources de financement
Fonctionnement hydrologique	++	++	0	0	++	0	+	0
Fonctionnement hydrogéologique	++	++	+	0	+	0	+	0
Sols	++	.++	+	0	+	+	+	0
Végétation	++	+	+	+	.+	+	0	+
Système de cultures dans le bas-fond	++	+	+	++	+	+	++	++
Place du bas-fond / système de production	++	+	+	++	++	++	++	++
Possibilité d'intensification	++	0	++	++	+	++	++	++
Niveau technique de l'aménagement	+	+	+	+	++	++	++	++

0 pas dépendant, + dépendant, ++ très dépendant

CRITERES REGIONAUX

La zonation climatique et ses conséquences

L'ensemble de la zone concernée est soumise à un climat tropical caractérisé par une seule saison des pluies plus ou moins longue. Le bilan entre la pluviométrie et l'évaporation a une conséquence sur la ressource en eau et les potentialités agricoles des versants. Dans les bas-fonds l'alimentation hydrique des cultures est complétée par la remontée des nappes aquifères et l'inondation par les crues du marigot.

Les études de cas bien étagés dans cette région climatique où la pluviométrie inter-annuelle varie entre 600 et 1400 mm montrent qu'une séparation par l'isohyète 1000 mm environ est pertinente pour classer les bas-fonds.

Au nord de cet isohyète les bas-fonds sont caractérisés par:

- la longueur de la saison des pluies qui n'est pas suffisante pour assurer des cultures dont le cycle végétatif est supérieur à 90 jours,
- une recharge des nappes d'autant plus aléatoire que l'on s'éloigne vers le nord,
- un régime hydrologique et un fonctionnement hydrique des sols qui se différencient par le contexte géologique, les formations superficielles et les états de surface,
- un système de production où l'élevage et l'agriculture sont concurrentiels,
- des cultures de bas-fonds où la riziculture n'est pas prédominante; maïs, sorgho, arboriculture et maraîchage de contre-saison tiennent une place importante,
- un niveau de technicité très faible des agriculteurs quant à la maîtrise de l'eau.

Au sud de cet isohyète les bas-fonds sont caractérisés par :

- la possibilité de cultiver des plantes dont le cycle végétatif est supérieur à 120 jours,
- le rôle des nappes dans le fonctionnement hydrologique du bas-fond qui devient important aussi bien dans les régions de socle que dans les régions sédimentaires,
- un système de production qui fait une place moins négligeable aux cultures de bas-fond,
- des cultures de bas-fond basées sur la riziculture mais également sur des spéculations de contre-saison. Elles varient suivant la morpho-pédologie des bas-fonds et l'organisation des sociétés rurales.

En pédologie

La pédogénèse est largement tributaire du contexte géologique et climatique. Sur les formations pénéplanées du précambrien moyen et inférieur, composées de roches métamorphiques et d'intrusions granitiques ou de gabbros, on retrouve la classification réalisée par RAUNET, avec des bas-fonds argilo-sableux sur les substrats granitiques, et des bas-fonds très argileux sur les substrats schisteux.

Les organisations superficielles des sols de versants ont un rôle prépondérant dans la genèse des crues observées dans les bas-fonds des zones sèches. Les organisations internes de la couverture pédologique commandent les apports en eau de surface dans les zones plus humides.

Les principaux sols de versants rencontrés en Afrique de l'Ouest sont:

- entre les isohyètes 400 et 600 mm, les sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés sur lesquels se situe le projet Yatenga;
- entre les isohyètes 600 et 1000 mm, les sols ferrugineux tropicaux lessivés, sur lesquels se situe le projet Siné-Saloum;
- entre les isohyètes 1000 et 2000 mm, les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferralitiques faiblement à moyennement dessaturés sur lesquels se situent les 3 projets Mali-Sud, Comoé et Casamance.

L'état de dégradation des sols de versants comme de bas-fonds est fonction de la pression démographique et des modes de culture.

Ces distinctions recourent la zonation climatique.

En écologie végétale

La végétation suit la répartition spatiale de la pluviométrie. Elle n'est pas apparue dans nos études comme un critère pertinent de typologie. Elle permet d'identifier les bas-fonds sur les images satellitaires. Elle serait un critère de classification des zones d'un même bas-fond : inondées, engorgées ou sèches (MOKADEM & NONGUIERMA, 1991).

Avant l'aménagement d'un bas-fond, il est nécessaire d'inventorier la végétation naturelle. Dans les zones climatiques sèches de nombreuses espèces arbustives et arborées sont utilisées comme fourrage pendant la période de soudure. Partout les arbres sont utilisés pour la cueillette (fruits, médicaments) et pour la ressource en bois (énergie, charpente, clôtures...). L'état de la végétation naturelle dépend de son niveau d'utilisation par les populations.

Notons également que la végétation naturelle, surtout le tapis herbacé, joue un rôle important dans la genèse des crues à l'échelle du bassin versant.

En hydrologie

La limite climatique de 1000 mm de pluie annuelle semble également très pertinente pour classer les régimes hydrologiques des marigots, dont les écoulements sont sporadiques au dessous de l'isohyète 350 mm, brefs et intermittents au dessous de l'isohyète 1000 mm puis semi-pérennes au-dessus avec une période d'écoulement de plusieurs mois. Sous une pluviométrie inférieure à 1000 mm, les nappes aquifères ne remontent pas suffisamment sur les versants pour alimenter l'écoulement des marigots dans les bas-fonds. Avec la décroissance de la pluviométrie, la réalimentation des nappes aquifères s'affaiblit encore sur les versants et les bas-fonds deviennent, avec les dépressions topographiques, les principales zones d'infiltration pour la réalimentation des aquifères à partir de la surface. Sous une pluviométrie supérieure à 1000 mm, la remontée des nappes aquifères sur les versants provoque leur affleurement dans les bas-fonds dès que la taille du bassin versant est suffisante (5 km² sur le bassin de Kambo).

En agronomie

Sur les cultures

Une première division est encore réalisée par l'isohyète 1000 mm. Au nord de cet isohyète la mise en culture la plus courante part de l'axe central du bas-fond (riz) jusqu'à sa zone de raccordement (sorgho, mil). Le maïs remplace le sorgho lorsqu'on se rapproche de l'isohyète 1000 mm. Au sud de l'isohyète 1000 mm on distingue essentiellement trois modes de culture :

- la riziculture et l'arboriculture des petits bas-fonds soudanais marqués,
- la riziculture, la patate douce, l'arboriculture, le maraîchage des bas-fonds soudanais plus larges,
- les palmeraies, les rizières douces et les rizières salées des zones d'estuaire.

Sur les systèmes de production

Dans tous les cas étudiés, les bas-fonds occupent une place marginale dans le système de production. Les décideurs cherchent à augmenter la part de production des bas-fonds parce que ceux-ci présentent des potentialités intéressantes et des possibilités de réduire la pression sur les terres hautes et, par conséquent, de freiner leur détérioration. Ce sont des terroirs qui se prêtent à une agriculture plus intensive dès que l'alimentation hydrique des cultures y est sécurisée.

L'étude des systèmes de production dans les projets pilotes montre que l'on peut adopter une première classification qui recoupe le zonage climatique. En effet, au nord de l'isohyète 1000 mm les bas-fonds sont vraiment très marginaux par rapport aux cultures de versant. Au sud de cet isohyète la place d'un bas-fond dans la production d'une société rurale dépend de facteurs physiques, comme la dimension et la forme du bas-fond, la nature des sols (typologie de KILLIAN & TEISSIER), mais aussi de facteurs humains comme la démographie, l'organisation des producteurs, la possibilité de satisfaire les besoins des producteurs (crédit, accès aux semences et aux intrants...) et de la présence ou non d'un aménagement réussi.

Sur la maîtrise de l'eau

On retrouve la zonation climatique. Les agriculteurs de la zone sahélienne connaissent traditionnellement peu les techniques d'irrigation du riz. La maîtrise de l'eau est d'autant plus courante et techniquement élevée que les bas-fonds se situent dans des zones humides; les riziculteurs de Casamance ont développé des techniques très élaborées de gestion de l'eau (quantité et qualité).

Le tableau XCII résume la zonation climatique et montre les domaines étudiés.

Tableau XCII : Zonation climatique et conséquences pour les bas-fonds

Distribution des pluies	Pluviométrie annuelle mm	Sol	Végétation	Cultures pluviales	Système agricole traditionnel	Régime hydrologique	Projet pilote
Une saison des pluies	< 350	Ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés	Très discontinue	Pas de culture pluviale	Elevage oasis	Écoulements sporadiques	Non étudié
	350 à 600		Steppe à épineux discontinue	Mil 90 jours	Elevage, agriculture, sorgho ou maïs de bas-fond, riz très rare, maraîchage, arboriculture	Écoulements brefs et intermittents, part du ruissellement: 90 à 100%	Yatenga
	600 à 1000	Ferrugineux tropicaux lessivés	Discontinue savane herbeuse	sorgho			Sine Saloum
	1000 à 1200	Association sols ferrugineux tropicaux et sols	Continue, savane arbustive et arborée	Céréales 120 jours	Agriculture, pêche, riz de bas-fond, maraîchage, arboriculture	Écoulements semi-pérennes, écoulement de base pour 40 à 90%	Mali Sud
	1200 à 1600	ferrallitiques moyennement désaturés	forêts galeries forêts sèches mangrove				Comocé
Deux saisons des pluies	1200 à 2000	Pour mémoire					Non étudié
	2000 à 4000						Non étudié

La zonation géologique et ses conséquences

En Afrique de l'Ouest, dans les limites étudiées qui correspondent géographiquement à la zone comprise entre 9° et 15° de latitude Nord, 5° de longitude Est et 18° de longitude Ouest, les principales formations géologiques sont constituées (figure 2):

- de granites, gneiss et migmatites du précambrien inférieur et moyen,
- de séries schisto-gréseuses ou volcano-sédimentaires du précambrien moyen au birrimien,
- de séries gréseuses allant du précambrien supérieur au primaire,
- de séries sédimentaires marines dans le bassin Sénégal-Mauritanien,
- de séries sédimentaires continentales dans le delta central du fleuve Niger, dans le bassin de Taoudéni au Mali et dans le bassin des Iullemeden au Niger

Le tableau XCIII présente les principales formations géologiques rencontrées en Afrique de l'Ouest entre les isohyètes 600 et 1600 mm à une seule saison des pluies, avec les altitudes correspondantes, leur localisation géographique et les surfaces occupées exprimées en pourcentage total de la zone.

Tableau XCIII : Zonation géologique et altitude

Formations géologiques	Substratum	Altitudes en m	Superficie %	Localisation	Projet pilote
Précambrien 76 %	Granites, gneiss, migmatites (25%)	200 à 500 500 à 1000	20 5	Burkina Faso, Bénin, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali Guinée, Côte d'Ivoire	Yatenga, Comoé Mali-Sud
	Schisto-gréseux ou volcano-sédimentaire (25%)	200 à 500 500 à 1000	20 5	Burkina Faso, Bénin, Côte d'Ivoire, Guinée Guinée, Côte d'Ivoire	Non étudié
	Gréseux (26%)	0 à 200 200 à 500 500 à 1000	5 14 7	Ghana Mali, Guinée, Burkina Faso Guinée, Burkina Faso, Mali	Non étudié
Primaire au Quaternaire (24%)	Sédimentaire marin (12%)	0 à 100	12	Sénégal, Gambie, Guinée	Siné-Saloum, Casamance
	Sédimentaire continental (12%)	200 à 500	12	Mali, Niger	Non étudié

Les séries sédimentaires sont caractérisées par des aquifères continus de grande extension qui couvrent 85% du Sénégal, 65 % de la Mauritanie, 75% du Niger, 64% du Mali.

Les formations cristallines et cristallophylliennes sont caractérisées par la présence d'un aquifère discontinu lié à l'altération et à la fracturation. Elles occupent 97% de la Côte d'Ivoire, 95% du Burkina Faso, 94% du Togo et 83% du Bénin. L'épaisseur d'altération est assez faible sur les roches granitiques. La frange d'altération est plus épaisse et plus argileuse sur les roches cristallophylliennes. Elle croit vers le Sud.

Quand on considère la zone géographique couverte en Afrique de l'Ouest par le climat à une seule saison des pluies entre les isohyètes 600 et 1600 mm, chaque tranche d'altitude correspond au pourcentage suivant de la superficie totale:

- altitude supérieure à 500 m : 17%
- altitude comprise entre 200 et 500 m : 66%
- altitude comprise entre 100 et 200 m : 5%
- altitude inférieure à 100 m : 12%

Deux domaines ont été explorés dans le cadre de ce programme de recherche : le domaine granito-gneissique ou migmatitique dans la tranche d'altitude 200 à 500m et le domaine sédimentaire marin dans la tranche des altitudes inférieures à 100m. La zone à laquelle peuvent être étendus nos résultats du point de vue de la géologie et du relief couvre 32% de l'Afrique de l'Ouest à une seule saison des pluies entre les isohyètes 600 et 1600 mm.

La densité de population

La démographie apparaît comme un facteur régional important à prendre en compte en relation avec la place occupée par le bas-fond dans le système de production.

Au Nord de l'isohyète 1000 mm, les bas-fonds ont une place très marginale dans le système de production et ils ne sont cultivés que si la densité de population est supérieure à 40 habitants au km², c'est à dire à proximité des villes et des gros villages.

Au Sud de l'isohyète 1000 mm, la place des bas-fonds dans le système de production est d'autant plus importante que la densité de population est forte (50 à 60 habitants au km² pour l'Afrique de l'Ouest). Une population assez nombreuse constitue une force de travail disponible pour la réalisation des aménagements et la valorisation agricole des bas-fonds. Cette force de travail est d'autant plus importante que la population présente est dans la tranche d'âge 20 à 40 ans. Une forte émigration vers les centres urbains ou à l'étranger constitue un handicap à la valorisation agricole des bas-fonds, même si les capitaux en provenance de cette émigration sont investis dans des aménagements.

L'accroissement de la population n'entraîne pas forcément une intensification des cultures, mais plutôt, en Afrique de l'Ouest, une extension des superficies cultivées au détriment des jachères et du milieu naturel.

Le degré d'intégration à l'économie de marché

D'une manière générale, les productions céréalières de saison des pluies sont destinées à l'auto-consommation. Seuls de faibles surplus sont commercialisés, les paysans ayant tendance à stocker leurs vivres de manière à garantir leur alimentation sur des périodes de 2 à 3 ans.

Les productions de contre-saison sont plutôt commercialisées. Les facteurs favorables à cette commercialisation sont la proximité de centres urbains, l'existence de structures commerciales actives (coopératives) ou, de façon plus particulière (Casamance), la présence de centres touristiques.

De manière plus régionale, les sociétés rurales sont intégrées dans une économie de marché dans les zones où se pratiquent la culture de rente: zones cotonnières du Mali, du Burkna Faso, du Sénégal, de la Côte d'Ivoire, du Bénin et du Togo, zone arachidière du Sénégal et de la Gambie. Dans ces régions, les paysans disposent de ressources financières, ont accès au crédit, aux intrants etc. De plus, les sociétés cotonnières sont devenues des sociétés de développement qui cherchent à diversifier les productions dans les territoires où elles sont présentes. Elles incitent les paysans à la mise en valeur agricole des bas-fonds. Des projets régionaux (ORC au Burkna Faso) peuvent jouer temporairement le même rôle.

Le degré d'intégration des sociétés paysannes à l'économie de marché a des conséquences sur le système de production, les cultures pratiquées dans les bas-fonds, les possibilités d'aménagement et d'intensification des cultures.

CRITERES LOCAUX

La taille des bassins versants et ses conséquences

A l'intérieur d'une même zone de climat, de formation géologique et de relief, les caractéristiques morphologiques, pédologiques et hydrologiques des bas-fonds varient avec leur surface, leur forme et leur position topographique. Ces facteurs locaux influencent la mise en culture et le type d'aménagement.

En morpho-pédologie

Sur le socle granitique, les têtes de bas-fonds ont des bassins versants de superficie inférieure à 5 km², leur largeur est inférieure à 50 m et leurs sols sont sablo-limoneux, formés sur les altérites en place. Les parties amont se caractérisent par des bassins versants dont la superficie varie de 5 à 50 km², des bas-fonds de largeur comprise entre 100 et 200 m, et des sols argilo-sableux formés sur apports colluviaux-alluviaux. Les parties aval se caractérisent par des bassins versants dont la superficie est comprise entre 50 et 200 km², des largeurs de bas-fonds souvent supérieures à 200 m et des sols d'apport alluvial argileux dans les zones sahéliennes, très hétérogènes dans les régions où la pluviométrie annuelle est supérieure à 1000 mm.

Dans le domaine fluvio-marin des larges estuaires de l'Afrique de l'Ouest, les têtes de bas-fond et les parties amont, non influencées par la marée, ont des sols hydromorphes peu salés; les parties amont et aval assujetties aux battements des marées ont des sols de mangrove chimiquement très instables, très sensibles à l'exondation et aux fluctuations interannuelles des nappes aquifères. Exondés, les sols de mangrove deviennent très rapidement sulfatés acides et se sursalent en surface. Les bas-fonds qui sont de véritables rias marines sont très larges et à faible pente.

Dans le domaine sédimentaire, sous pluviométrie comprise entre 600 et 1000 mm, les bas-fonds sont très étroits. Les parties les plus exploitables sont les jonctions entre affluents et les méandres. Les sols y présentent les mêmes caractéristiques que ceux des bas-fonds sur socle granitique de la même zone climatique, avec des colluvionnements sableux plus importants. La principale différence entre les domaines sédimentaire et granitique tient au fonctionnement hydrogéologique.

Sur le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique

Dans chaque zone climatique, les fonctionnements hydrologique et hydrogéologique sont interdépendants. La nature du substrat géologique conditionne la position des nappes aquifères, leur capacité de stockage et leur productivité.

Outre l'affleurement des nappes aquifères dans les bas-fonds, l'écoulement des marigots est alimenté par le ruissellement sur les versants. Les facteurs conditionnels du ruissellement, générateurs des crues, sont les suivants :

- les sols, leur organisation superficielle et leur couverture végétale qui déterminent leur perméabilité et règlent l'importance des ruissellements en fonction des chutes de pluie.
- les caractères morphométriques du bassin versant et du bas-fond (surface, relief, pentes) règlent le mode de transfert et de propagation des crues.

Dans le chapitre "ressources en eaux de surface", 5 classes de perméabilité, 7 classes de relief et 2 familles de réseaux hydrographiques ont été définies. Dans une classe de perméabilité et de relief, la prédétermination de la crue décennale se fait à partir de la surface du bassin versant.

L'organisation sociale et foncière

Les sociétés africaines sont pluri-ethniques. Chaque ethnie joue un rôle social bien particulier en fonction de son importance numérique, de son poids politique, des activités qui lui sont propres et de son ancienneté dans le terroir. Le travail est également réparti au sein de l'unité de production, constituée par la famille, en fonction du sexe et de l'âge. La riziculture est essentiellement assurée par les femmes ainsi que le maraîchage de contre-saison quand la production ne fait pas l'objet d'une commercialisation trop poussée.

A l'organisation traditionnelle de la société s'ajoute l'existence plus récente d'organismes d'encadrement, et de structures associatives et coopératives. L'encadrement paysan peut être assuré par des structures nationales d'encadrement, dépendantes du ministère compétent (développement rural, agriculture et élevage, etc): CRPA au Burkina Faso, PNVA au Sénégal ..., des sociétés nationales de développement: CMDT au Mali, SOFITEX au Burkina Faso..., des ONG: AFVP, 6S, ENDA ... Très récemment, encouragées par des ONG et les gouvernements, se mettent en place des structures associatives de producteurs (GIE du Sénégal...). Chaque structure d'encadrement a une stratégie qui lui est propre en fonction d'objectifs dont doit tenir compte tout projet d'aménagement.

A l'échelle du bas-fond, la distribution foncière joue un rôle fondamental. On distingue les bas-fonds régis par un droit traditionnel où les parcelles sont morcelées et réparties dans plusieurs zones afin de minimiser les risques, et les bas-fonds où une réforme foncière a été effectuée suite à un aménagement. Lorsqu'une redistribution des terres est imposée après un aménagement ou par une politique dirigiste en matière d'intensification agricole, elle est toujours délicate à mettre en oeuvre et à pérenniser.

La technicité des populations vis à vis de la maîtrise de l'eau

La technicité des populations d'Afrique de l'Ouest vis à vis de la maîtrise de l'eau est très faible au Nord de l'isohyète 1000 mm. La stratégie paysanne est l'adaptation aux conditions du milieu. Les paysans déplacent leurs champs et modifient la gestion de leurs terroirs en fonction des aléas climatiques. En période de sécheresse, ils changent les variétés cultivées tout en sélectionnant des variétés robustes et photopériodiques.

Au Sud de l'isohyète 1000 mm, la technicité des populations vis à vis de la maîtrise de l'eau s'améliore du fait de la généralisation de la riziculture. Le niveau technique reste cependant assez faible, sauf dans les domaines estuariens des grandes rivières côtières (Casamance, Guinée Bissau) où les techniques traditionnelles de mise en valeur agricole sont élaborées mais ont été fortement perturbées par la récente sécheresse et une forte émigration.

Les possibilités d'accès aux sources de financement

La présence de structures de développement dans une région favorise l'accès des paysans au crédit, aux intrants et aux semences. Elle améliore également très nettement les possibilités de financement d'un ouvrage hydro-agricole pour lequel les paysans doivent toujours faire appel aux sources extérieures de financement qui sont multiples: coopération bi-latérale ou internationale, ONG, migrants, etc. Les structures de développement (ministères, sociétés de développement, ONG, associations ou coopératives de paysans) constituent les intermédiaires indispensables à la constitution des dossiers, à la réalisation des travaux, au suivi et à l'évaluation des aménagements.

LA TYPOLOGIE HYDRO-AGRICOLE

L'étude menée dans le cadre du programme CCE a permis de caractériser cinq types de bas-fonds bien répartis sur toute la zone climatique tropicale à une saison des pluies entre les isohyètes 600 mm et 1400 mm. A partir de ces caractéristiques pertinentes pour la valorisation agricole des bas-fonds, listées ci-dessus, et en tenant compte de leur caractère régional ou local nous avons cherché à résumer la typologie des bas-fonds en trois tableaux :

- Le premier tableau (XCIV) donne les caractères du milieu naturel à prendre en compte pour classer les bas-fonds.
- Le second tableau (XCV) récapitule les caractéristiques du milieu humain.
- Le troisième tableau (XCVI) propose une typologie en vue de la mise en valeur agricole des bas-fonds en s'appuyant sur les variables les plus pertinentes, et en simplifiant la caractérisation du bas-fond pour offrir une vue synoptique.

CARACTERES DU MILIEU NATUREL

Deux classes de caractères apparaissent pour décrire le fonctionnement naturel d'un bas-fond : les caractères descriptifs du bassin versant qui permettent de prévoir le fonctionnement hydrologique en relation avec les caractères régionaux, et les caractères descriptifs du bas-fond proprement dit qui permettent de décrire sommairement le site d'un aménagement.

Nous avons limité la superficie des bassins versants à 200 km² en considérant qu'au delà de cette superficie les bas-fonds deviennent des plaines alluviales dont la problématique de valorisation agricole sort de notre cadre d'étude. Les valeurs de 10 à 50 km² sont des limites qui correspondent bien à des modifications dans le comportement hydrologique et dans les possibilités d'aménagement.

Sept classes de relief ont été définies dans les études hydrologiques. Elles correspondent à des valeurs d'indices de pentes normalisés (ou corrigés) définies dans ce même paragraphe. Cinq classes de perméabilité ont été également définies dans les études hydrologiques. Elles sont encore utilisées dans la méthode RODIER & AUVRAY (1965), mais pourraient être remplacées par une classification plus objective basée sur la télédétection et la description de l'état de surface des sols. Une étude en cours sur l'ensemble de la zone (FAO / CIEH, ORSTOM, CEMAGREF) devrait fournir une typologie fiable des bassins en vue de la prédétermination des crues décennales.

En ce qui concerne le réseau hydrographique, il est apparu important au cours de cette étude de tenir compte de deux types de caractères : d'une part l'endoréisme qui se caractérise par des discontinuités dans le réseau hydrographique et l'existence de mares sur les plateaux et les versants, d'autre part le degré de concentration du réseau hydrographique qui influe sur le temps de base des crues, paramètre essentiel à la définition des formes de crue. Le pourcentage de la surface du bassin versant soumis à l'endoréisme permet de caractériser son influence sur le ruissellement.

Dans la classe des caractères liés au bas-fond nous avons retenu 3 caractères morphologiques : deux caractères décrivant le profil transversal et un critère décrivant le profil longitudinal. Les deux caractères décrivant le profil transversal correspondent à la classification de KILLIAN et TEISSIER (1973) avec les correspondances suivantes :

- Bas-fond étroit : zone centrale de largeur inférieure ou égale à 50 m,
- Bas-fond large : zone centrale de largeur supérieure à 100 m,
- Bas-fond peu marqué : pentes des versants inférieures à 4 %,
- Bas-fond marqué : pentes des versants supérieures à 4%.

Le critère décrivant le profil longitudinal du bas-fond est tout simplement sa pente moyenne exprimée en mètres par kilomètre. Avec une pente de 2m/km, une digue de hauteur 1 m fait remonter le plan d'eau sur une distance de 500 m.

Le dernier critère typologique local est extrait des travaux de télédétection sur l'état d'engorgement des sols de bas-fond.

Tableau XCV : Typologie du milieu naturel

Caractères régionaux				Caractères liés au bassin versant				
Distribution des pluies	Pluviométrie annuelle mm	Géologie	Altitude m	Superficie du bassin versant km ²	Relief 7 classes	Pérméabilité 5 classes	Réseau hydrog.	Endoréisme % de la surface
Une saison des pluies	< 350	granitique granites, gneiss, migmatites	0-200	<10	R1	P1 P2 P3 P4 P5	radial dentritique	0
	350 à 600			10 à 50	R2			0 - 10
	600 à 1000			50 à 200	R3			10 - 20
	1000 à 1200				R4			
	1200 à 1600				R5		en arête	>20
					R6			
					R7			
				Caractères liés au bas-fond				
		schisto-gréseux volcano sédimentaire	200-500	Largeur de la zone centrale en m	Pentes transversales	Pente longitudinale m/km	Etat d'engorgement (Profondeur de la nappe)	
		gréseux	500-1000					
Deux saisons des pluies	1200 à 2000	sédimentaire marin	500-1000	<50	< 2%	> 5	> 50 cm	
	2000 à 4000	sédimentaire continental		50 à 100	2 à 4%	2 à 5	50 à 0 cm	
				100 à 200	4 à 10%	< 2	0 à +50 cm	
				> 200	> 10%		< 50 cm	

CARACTERES DU MILIEU HUMAIN

Les critères typologiques concernant le milieu humain, sont plus difficiles à délimiter même s'ils ont été bien identifiés. Les limites sont peu quantifiables ou font appel à des statistiques rarement disponibles. Un même critère n'a pas la même signification sur le plan régional que sur le plan local.

A l'échelle régionale deux paramètres du milieu humain ont été retenus: la démographie et l'intégration à l'économie de marché.

En ce qui concerne la densité de population, dans les régions où la pluviométrie annuelle est inférieure à 1000 mm, le chiffre de 40 habitants au km² correspond à une valeur limite au dessus de laquelle les bas-fonds prennent une certaine importance dans les systèmes de culture. Il faudrait probablement réduire cette limite à l'échelle de la préfecture ou du cercle. La valeur brute de la densité de population doit être pondérée par une estimation du taux d'occupation des sols ou mieux encore par le taux d'occupation des terres cultivables qui donne une indication de la pression humaine sur l'espace exploitable pour les cultures. Pour tenir compte des phénomènes migratoires, on peut différencier l'émigration de longue durée, l'émigration saisonnière ou au contraire l'immigration. Dans toutes nos études, les zones rurales ne sont pas des zones d'immigration et lorsqu'on signale une émigration c'est que le phénomène prend une importance significative que l'on peut fixer à 20% de la population active. Le niveau d'intégration économique peut être mesuré par le revenu. En l'absence de statistiques, il est possible de le caractériser par trois autres variables :

- La place occupée par la culture de rente dans le système de culture. Avec un taux de surface mise en culture commerciale supérieur ou égal à 50 % des terres cultivées, le taux d'intégration économique peut être considéré comme fort; au dessous de 20% il peut être considéré comme faible.
- La présence de structures d'encadrement étatiques ou privées susceptibles d'aider les paysans à réaliser puis à gérer un aménagement et de leur faciliter l'accès aux programmes de vulgarisation agricole.

- La possibilité d'accéder à des sources extérieures de financement. Ce facteur va souvent de pair avec la présence de structures d'encadrement performantes. Il varie au cours du temps en fonction des politiques régionales, nationales ou internationales de mise en valeur agricole et d'aide au développement.

Les caractères locaux liés au milieu humain sont appliqués à l'échelle des villages qui exploitent un même bas-fond. En matière de main d'oeuvre agricole, nous avons retenu deux caractères :

- le premier fixe la disponibilité locale en main d'oeuvre pour de gros chantiers d'aménagement,
- le second hiérarchise la concurrence entre les cultures sur les hautes terres des versants ou des plateaux et les cultures de bas-fond.

Pour l'organisation sociale au niveau local nous n'avons retenu que le caractère d'appartenance des usagers d'un même bas-fond à un ou plusieurs groupes sociaux : ethnique, village, quartier.

En matière de techniques culturelles, nous avons regroupé sous une même rubrique la technicité hydraulique et agricole des paysans. La technicité hydraulique rend compte de l'aptitude des usagers d'un bas-fond à gérer l'eau. La technicité agricole rend compte de l'adaptation des techniques culturelles à la culture des bas-fonds. Une des principales contraintes agricoles à la mise en valeur des bas-fonds étant l'enherbement, sa maîtrise va de pair avec celle de l'eau.

Les deux derniers caractères humains décrivent le taux d'occupation du bas-fond par sa mise en culture et la taille du parcellaire. Le taux de mise en culture des sols d'un bas-fond indique l'intérêt porté par les paysans à cette partie de leur terroir et la taille du parcellaire dans le bas-fond fixe les conditions actuelles de la mise en culture, son caractère extensif ou intensif.

Tableau XCV : Typologie du milieu humain

Caractères régionaux					
Démographie			Intégration économique		
Densité hab/km ²	Taux d'occupation des sols ou de mise en culture	Déplacement de population	Importance des cultures de rente	Structure d'encadrement	Accès aux sources extérieures de financement
< 40	< 40%	émigration de longue durée	forte	forte	difficile
> 40	40 à 60%	émigration saisonnière	moyenne	moyenne	possible
	> 60%	immigration	faible	faible	facile
Caractères locaux liés au village ou au terroir					
Organisation sociale, technicité, capacité de travail			Organisation foncière		
Disponibilité en main d'oeuvre	Concurrence entre les cultures pour la main d'oeuvre	Groupes sociaux	Technicité hydraulique et agricole	Taux de mise en culture du bas-fond %	Taille des parcelles
forte	forte	homogène	forte	< 40	> 2 ha
moyenne	moyenne	hétérogène	moyenne	40 à 60	1 à 2 ha
faible	faible		faible	> 60	4 à 30 ares

SYNTHESE

Un tableau à entrées multiples permet de déterminer les principales familles de bas-fonds étudiés (tableau XCVI). La zonation climatique donne un ensemble de traits communs tant du point de vue fonctionnement naturel que du point de vue utilisation. La géologie permet de distinguer des familles de bas-fonds aux comportements hydriques similaires.

Il est à noter que seule la zone climatique à une saison des pluies a été explorée et que tous les grands ensembles géologiques n'ont pas été étudiés. Les sites à choisir pour compléter cette typologie seraient :

- les bas-fonds sur formation schisteuse en zone sèche et humide à une saison des pluies;
- les bas-fonds sur formation gréseuse en zone sèche et humide à une saison des pluies;
- les bas-fonds en zone de relief en zone sèche et humide à une saison des pluies;
- les bas-fonds en zone sédimentaire, influencés par la mer, en zone sèche à une saison des pluies;
- les bas-fonds en zone sédimentaire, non influencés par la mer, en zone humide à une saison des pluies;
- les bas-fonds de la zone climatique à deux saisons des pluies.

Après la discrimination par la zonation climatique et géologique, les critères typologiques deviennent variés:

- La densité démographique est le critère déterminant de la mise en valeur agricole des bas-fonds en zone sèche du domaine cristallin,
- La taille du bas-fond, ou de sa partie cultivable, définit son utilisation en zone sédimentaire sèche,
- Dans les autres cas la valorisation du bas-fond dépend à la fois de sa dimension et de l'organisation sociale des agriculteurs.

Cette classification est utilisée dans les chapitres suivants pour proposer une régionalisation des paramètres nécessaires aux projets d'aménagement de bas-fond, et surtout pour proposer différents types d'aménagements pour chaque famille de bas-fonds et en discuter les avantages et les inconvénients.

Tableau XCVI : Typologie des bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest entre les pluviométries annuelles 600 et 1400 mm

