



INSUCO

Action structurante COSTEA

« Valorisation agricole et aménagement
des bas-fonds en Afrique de l'Ouest »

Diagnostic des ressources, de la mise en valeur et des options d'aménagement des bas-fonds

Rapport Mali

Décembre 2022

Comité Scientifique et Technique Eau Agricole



Table des matières

1. Introduction	3
2. Localisation et traits principaux des deux sites de bas-fonds.....	3
3. Processus d'aménagement coordonné par le PARIIS et état d'avancement des projets.....	6
4. Démarche de diagnostic : questions soulevées, déroulement des concertations avec le PARIIS et des enquêtes sur site	6
5. Synthèse des enjeux clés à considérer pour l'aménagement des sites et implications pour les outils de diagnostic pré-aménagement	9
5.1 La sécurisation des cultures face aux risques climatiques	9
5.2 L'extension des surfaces cultivées et le partage de l'eau entre usages et avec l'aval.	10
5.3 La maîtrise de l'érosion.....	12
5.4 L'adaptation des pratiques culturales pour une intensification plus durable et compatible avec les moyens de petites productrices	12
5.5 La reconnaissance de l'élevage comme activité clé usagère des bas-fonds, pour sa contribution à une transition agro-écologique.....	12
5.6 Les enjeux sociaux : le maintien de la place des femmes dans le bas-fond ; la cohésion sociale du village sur les droits fonciers ; l'appropriation collective de l'aménagement.....	13

Figures

Figure 1: Localisation des sites de Doumba et Sénou dans les zones d'intervention du PARIIS-Mali	4
--	---

Sigles et abréviations

APD :	Etude d'Avant Projet Détaillé
CIRAD :	Centre de coopération Internationale en Recherche pour le Développement
COSTEA :	Comité Scientifique et Technique de l'Eau Agricole
DNGR :	Direction Nationale du Génie Rural
EIES :	Etudes d'Impact Environnemental et Social
ETM :	EvapoTranspiration Maximale
IER :	Institut d'Economie Rurale
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
PARIIS :	Projet d'Appui Régional à l'Initiative pour l'Irrigation au Sahel
PGES :	Plan de Gestion Environnementale et Sociale

1. Introduction

Les présentes études de cas d'aménagement de bas-fonds visent à montrer les conditions actuelles, apports et limites du processus de conception des projets, afin d'identifier des pistes d'amélioration des méthodes de diagnostic pré-aménagement dans une perspective de durabilité des ouvrages et de leur exploitation. Deux sites d'étude ont été choisis pour représenter deux zones d'intervention prioritaires du PARIIS au Mali : Doumba pour la zone du Cercle de Koulikoro et Sénou pour le Cercle de Dioïla¹. Ces sites font partie de la première vague de projets d'aménagement de bas-fond du PARIIS et ont fait l'objet d'études préalables (APD et EIES) de faisabilité, permettant d'insérer le diagnostic COSTEA en accompagnement d'un processus avancé de montage de projet.

La démarche d'étude proposée repose sur un diagnostic pluri disciplinaire des sites mobilisant les trois domaines des études pré-aménagement, l'hydrologie-hydraulique, l'agronomie-environnement, la sociologie rurale et des organisations. L'approche innovante testée est d'intégrer ces domaines aux interfaces de gestion : la gestion de l'eau, des terres, des cultures par une analyse combinée du milieu biophysique et des stratégies des acteurs.

L'équipe d'experts pluridisciplinaire ainsi réunie est composée de chercheurs de l'IER et du CIRAD. Le présent rapport a été rédigé par *Amadou Male Kouyate* (expert forestier et agri-environmentaliste IER, coordinateur du cas Mali), *Bréhima Tangara* (expert agro-hydrologue IER), *Urbain Dembélé* (expert agro-économiste IER), *Jean-Louis Fusillier* (agro-économiste CIRAD, co-responsable de l'étude de cas Mali) et *Bruno Lidon* (agro-hydrologue et hydraulicien CIRAD). Deux autres experts internationaux sont intervenus en appui méthodologique, *Georges Serpantié* (IRD), pour le thème agri-environnement et *Amandine Adamscewski* (CIRAD) pour le thème socio-organisation et foncier. L'expert « Mise en valeur agricole » du PARIIS, *Modibo Camara* a été associé à l'étude avec une participation aux missions de terrain et aux réunions de concertation.

2. Localisation et traits principaux des deux sites de bas-fonds

Les deux sites étudiés (Figure 1) de Doumba (commune de Doumba, cercle de Koulikoro) et Sénou (commune de Kemekafo, cercle de Dioïla) sont situés respectivement en **zone climatique** soudano-sahélienne (880 mm de pluie annuelle moyenne à Doumba) et soudanienne (moyenne inter annuelle de 980 mm à Sénou).

¹ Diagnostic des ressources, de la mise en valeur et des options d'aménagement des bas-fonds. Rapport de site Doumba 50 p., Sénou 47 p., COSTEA, novembre 2022

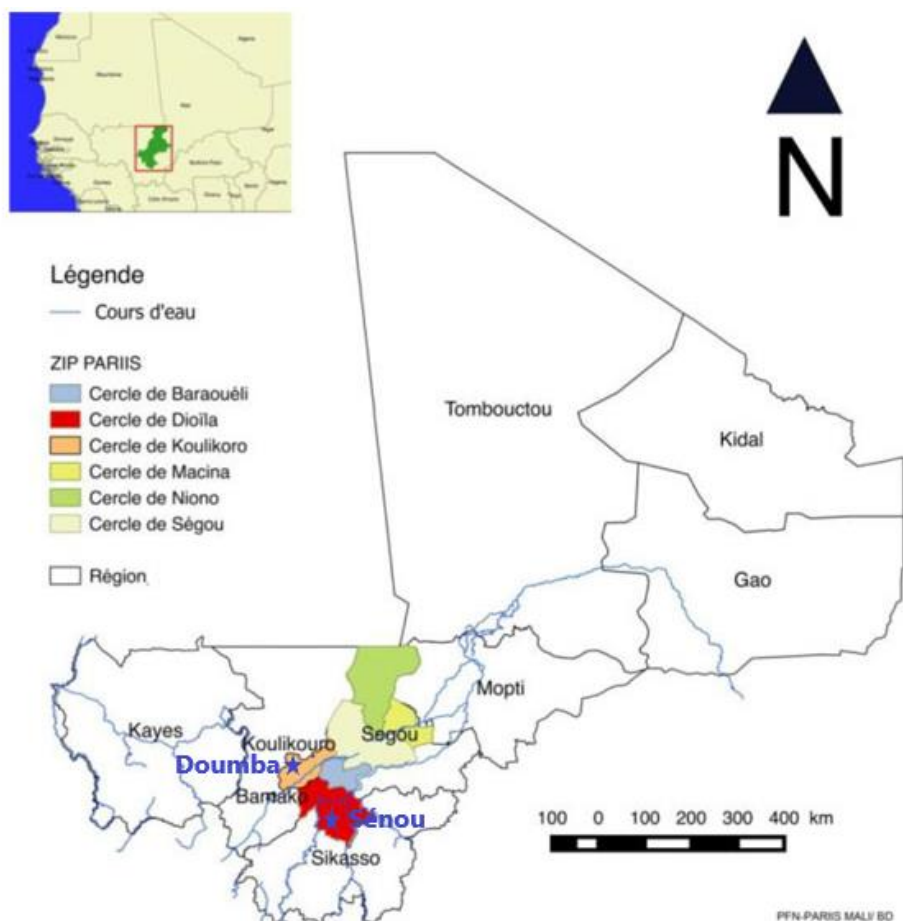


Figure 1: Localisation des sites de Doumba et Sénou dans les zones d'intervention du PARIIS-Mali

Ainsi les **potentialités en agriculture pluviale** sont différentes. Sénou est au cœur du bassin de production de coton avec une importante production céréalière associée. Ce village bénéficie d'un appui de la CMDT pour l'accès aux intrants, et dans le passé, pour l'équipement des exploitations et aménagements divers. La culture attelée y est donc très développée, les surfaces cultivées par exploitation sont plus grandes. Doumba a connu un déclin de sa production de coton aujourd'hui presque totalement abandonnée. Le village s'est réorienté vers deux cultures de rente, le sésame en hivernage et le maraîchage en hivernage et contre saison. Le maraîchage est pratiqué en bas de versant en bordure du bas-fond et se trouve dépendant de l'eau drainée par le bas-fond. L'épandage de crues, l'infiltration des écoulements permet en effet de recharger les nappes utilisées pour l'irrigation du maraîchage.

La **place du bas-fond au sein du terroir villageois** est donc beaucoup plus importante à Doumba qu'à Sénou. L'importance du maraîchage de contre saison a rendu la population particulièrement sensible à une meilleure maîtrise de l'eau et un premier aménagement paysan a été réalisé sur moyens propres avec une digue filtrante en gabion, aujourd'hui dégradée. A Sénou comme à Doumba, les principales cultures du bas-fond en hivernage sont le sorgho, le maïs et quelques vergers en frange haute et le riz en frange basse. Le riz ne représente toutefois actuellement pour ces deux villages qu'une culture secondaire, avec des surfaces limitées à une dizaine d'hectares et

de très faibles rendements. En contre-saison le bas-fond sert de pâturage au cheptel des villages et de transhumants. Le maraichage est très peu présent à Sénou.

Le **contexte géomorphologique** des deux sites est assez proche, les bas-fonds sont tous deux de taille modeste, leur surface représente moins d'une centaine d'hectares et la zone ciblée pour l'aménagement couvre une cinquantaine d'hectares. Ce sont des bas-fonds assez étroits, avec une topographie transversale relativement concave qui limite l'épandage latéral des crues. Le lit mineur incisé par endroit favorise le drainage, ce qui réduit la capacité de recharge de la nappe phréatique. Les écoulements sont limités, leur saison démarre avec les pluies en juin-juillet et va jusqu'en octobre. Les écoulements sont aussi très intermittents, liés à la pluie ponctuelle tombée localement. Cette **hydrologie** s'explique par la petite taille des bassins versants contributeurs (10 km² à Sénou et 18 km² à Doumba). En saison humide, des pluies intenses et un fort taux de ruissellement peuvent toutefois provoquer des crues importantes ; les crues de pointe décennales sont estimées à une trentaine de m³/s.

Les deux sites se différencient toutefois par la ressource en eau souterraine mobilisable, le bas-fond de Doumba dispose d'une nappe plus abondante qui permet une extension du maraichage de contre saison en bas de versant, au moins pour la contre saison fraîche jusqu'en janvier. A Sénou la nappe est trop profonde en contre saison et le maraichage est réduit à un seul petit périmètre alimenté par un forage.

Le **contexte démographique** est également différent. Doumba est un village fortement peuplé avec 5000 habitants, la pression sur les terres est assez forte et un étalement de l'habitat est observé sur les terres de bas de versant jusqu'à la zone à aménager. Doumba est aussi d'un accès facile car proche d'un grand axe routier à 35 km du chef-lieu de Cercle. Cet accès au marché est un atout pour développer le maraichage comme culture de rente. Sénou bien que chef-lieu de commune, est un plus petit village de près de 1000 habitants, éloigné des grands centres urbains et desservi par une piste secondaire.

Les **attentes des populations** pour le projet d'aménagement sont similaires sur les deux sites. Les objectifs sont le **développement de la riziculture, du maraichage et des capacités d'abreuvement** du cheptel. La pisciculture est également un souhait exprimé mais dont la faisabilité paraît incertaine. La ressource en eau du bas-fond doit donc être mobilisée pour à la fois, étendre les superficies cultivées et sécuriser l'alimentation en eau, notamment pour boucler les cycles de maraichage en contre saison et permettre l'adoption de techniques de culture plus intensives qui améliorent les rendements. Les objectifs sont particulièrement ambitieux à Doumba où on vise un triplement des surfaces en maraichage de contre saison. A Sénou, c'est principalement la riziculture et le maïs d'hivernage qui sont visés, le plus faible potentiel de ressource en eau ne permettrait qu'une extension limitée du maraichage de contre saison.

Pour réaliser ces objectifs, un même **modèle d'aménagement** est proposé dans les APD pour les deux sites, à savoir : le **micro-barrage** en béton cyclopéen avec pertuis munis de batardeaux pour réguler la hauteur d'eau, et raccordements latéraux avec digue en terre compactée. La hauteur du déversoir est de 2,5 à 3,5 m pour créer une retenue d'une capacité de plusieurs dizaines des milliers de m³ pouvant inonder jusqu'à une quinzaine d'hectares. L'infiltration dans la cuvette de la retenue doit aussi permettre de recharger la nappe. A Doumba, deux variantes sont proposées pour la réalisation d'un ou deux micro-barrages en cascade. Ce type d'ouvrage est notamment associé au concept d'irrigation de proximité, axe majeur de la stratégie de développement de l'irrigation au Mali et particulièrement promu dans la région.

3. Processus d'aménagement coordonné par le PARIIS et état d'avancement des projets

Dans le cadre du développement de l'agriculture, le Mali a mis l'accent sur la maîtrise et la valorisation des ressources en eau à travers des programmes et projets d'irrigation. Le Gouvernement du Mali a ainsi bénéficié d'un financement de 25 millions de dollars US pour la mise en œuvre du Projet d'Appui Régional à l'Initiative pour l'Irrigation au Sahel (PARIIS) qui a pour objectif de : « Améliorer les capacités de planification, d'investissement et de gestion des parties prenantes et accroître les superficies aménagées pour la performance des systèmes irrigués ». La tutelle du projet est assurée par le Ministère de l'Agriculture, à travers la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR). La Maîtrise d'ouvrage déléguée du Projet est confiée au PARIIS.

La maîtrise d'ouvrage des micro-barrages est assurée par la Direction Nationale du Génie Rural. La délégation de gestion est confiée aux collectivités territoriales de la localité qui veille sur la maintenance des ouvrages confiés à la population locale. Cette dernière doit mettre en place un comité de suivi et de gestion des ouvrages à l'issue des aménagements. Avant les aménagements, un comité de plainte est déjà mis en place dans chaque localité.

Le PARIIS a lancé en 2020 le processus d'aménagement d'une première série de sites parmi lesquels figurent Doumba et Sénou. Sur ces deux sites, la prise de contact avec les autorités administratives et coutumières et les recrutements des entreprises pour les travaux ont été faites. Les études d'Avant-Projet Détaillés et d'Impact environnemental et social (analyse environnementale de l'aménagement, établissement du plan de gestion environnementale et sociale, analyse agro-socio-économique et de rentabilité, études techniques d'aménagement, réalisation des études de faisabilité et du contrôle des travaux d'aménagement) sont terminées et les rapports ont été mis à disposition. L'ouvrage et son emplacement en concertation avec les communautés locales ont été choisis. La collecte des moellons par les populations de Senou a été faite. Les contrats d'aménagement ont été signés avec les entreprises retenues. Cependant, à cause des mesures de suspension qui ont frappées le Mali et des contraintes d'inondation du bas-fond en saison des pluies, le démarrage proprement dit des travaux d'aménagement devrait intervenir en fin 2022.

4. Démarche de diagnostic : questions soulevées, déroulement des concertations avec le PARIIS et des enquêtes sur site

Le diagnostic a été réalisé selon une démarche participative et une approche holistique, en se focalisant sur l'intégration Eau - Agri-environnement - Société.

Les activités ont été menées selon les étapes suivantes :

- 1ère étape : pré-caractérisation des sites d'étude

La pré-caractérisation a été basée sur la documentation disponible et les informations recueillies auprès des opérateurs des projets d'aménagement des sites (maîtrise d'ouvrage, unités de gestion

PARIIS et bureaux d'étude). Pour ce faire, une réunion de cadrage a été organisée entre le PARIIS, les bureaux d'études et l'équipe d'experts IER, autour des études APS, APD, EIES.

- **2e étape : Restitution des résultats et questions soulevées par la pré-caractérisation**

La pré-caractérisation a abouti à des résultats qui ont été restitués au PARIIS en présence des bureaux d'études. A la lecture des études APD, il est ressorti la nécessité d'approfondir dans le diagnostic, un ensemble de questions touchant aux divers registres du milieu physique et social du bas-fond :

- La caractérisation des usagers actuels et futurs du bas-fond, l'inventaire des villages et hameaux riverains du bas-fond et de leurs droits d'usages, les tensions potentielles entre agriculteurs et éleveurs pour l'utilisation de l'eau et des terres du bas-fond ;
- L'état des sols, des eaux, de la biodiversité, les aptitudes du milieu physique, les contraintes et opportunités climatiques et d'inondation, leurs implications pour le calage du cycle du riz ;
- Les perspectives de mise en valeur, notamment les itinéraires techniques proposés pour la riziculture, la maîtrise des risques de pollution par les pesticides ;
- Les perceptions paysannes sur le choix d'emplacement des barrages et les impacts potentiels de la submersion de terres, les moyens d'atténuation ou de compensation des impacts négatifs (pertes de vergers, de services écosystémiques...), les implications de l'inondation pour les modalités de réallocation des terres ;
- L'utilisation de la ressource en eau stockée dans la retenue (régulation du plan d'eau par les batardeaux, emblavement à la récession...);
- Les risques de dégradation par les troupeaux et l'accès à l'aménagement pour l'abreuvement.

- **3e étape : Diagnostic préliminaire des sites**

Le pré-diagnostic sur les terrains a eu pour objet de caractériser les sites en confrontant les perceptions paysannes sur l'état du milieu et des conditions de mise en valeur et les observations des experts. Cette étape a été précédée d'un atelier sur les outils d'expertise pour la validation des protocoles d'enquêtes.

La mission de pré-diagnostic a été menée les 23-24 mars 2022 à Doumba et 2-3 avril à Sénou par l'équipe d'experts IER en compagnie d'un représentant du PARIIS. Au niveau de chaque site, deux activités majeures ont été réalisées à savoir : (i) des discussions en focus group sur l'état et les perspectives de la mise en valeur des bas-fonds et (ii) une visite des bas-fonds pour mieux appréhender et localiser ses limites et recueillir le maximum d'éléments constitutifs. Pour les discussions en focus group, des guides d'entretiens relatifs aux trois volets : « hydrologie-hydraulique et gestion de l'eau », « agronomie-environnement », « socio-économie », ont été suivis avec les trois groupes-cibles suivants: le Chef de village et ses conseillers, les producteurs et les femmes productrices (Photos 1a, 1b, 1c).



Photo 1a : Focus groupe femmes



Photo 1b : Focus groupe producteurs



Photo 1c : Focus groupe Chef de Village et Conseillers

La visite de terrain, sous la conduite d'un noyau de producteurs ayant une bonne connaissance du bas-fond composé d'hommes et de femmes, a été réalisée suivant un transect longitudinal dans le sens de l'écoulement principal des eaux à partir du commencement du bas-fond jusqu'à son point terminal et deux transects transversaux suivant la toposéquence bas de versant-frange haute et frange basse. Les éléments constitutifs majeurs des bas-fonds (axe principal d'écoulement, occupation des terres, traces d'érosion, mares, identification des franges, types de sol, zones maraîchères, aménagements préexistants, végétation, etc.) rencontrés dans les transects ont été géo-référencés à l'aide de GPS. Le séjour dans chaque village a été sanctionné par l'établissement participatif d'un profil du bas-fond.

- **4e étape : Diagnostic approfondi**

Le diagnostic approfondi visait à compléter les informations de base sur la situation du bas-fond et discuter les perceptions sur les impacts potentiels de l'option d'aménagement retenue. La mission réalisée en aout 2022 a débuté par une restitution aux usagers des résultats du diagnostic préliminaire pour s'accorder sur les enseignements retenus. Elle s'est prolongée par des entretiens en focus group sur les impacts attendus de l'aménagement et les enjeux insuffisamment couverts par l'APD, tel que les services écosystémiques du bas-fond, les aménagements antérieurs et leurs facteurs de dégradation, la maîtrise de l'érosion.

Les focus group ont réuni toutes les catégories d'acteurs évoluant dans le bas-fond pour le recueil des informations d'ordre général. Individuellement, des guides d'entretien ont été administrés auprès d'un échantillon d'usagers du bas-fond dont la taille a varié en fonction des composantes. En ce qui concerne la composante agri-environnement, la collecte des données a concerné 20 personnes (10 femmes, 10 hommes) qui ont été choisies en fonction de leurs expériences avérées dans l'exploitation du bas-fond et leur disponibilité à répondre aux questions. Les informations à collecter portaient sur la biodiversité (végétale, animale), les services écosystémiques, la gestion intégrée de la fertilité du sol et la gestion des polluants. Au niveau de la composante socio-économie, la taille de l'échantillon des acteurs du bas-fond a été fixée en fonction des franges d'eau dans le fond : 7 personnes en frange haute et 8 pour la frange basse. Les points abordés dans le guide d'entretien étaient relatifs à la caractérisation des producteurs, des ménages, du foncier, des systèmes de production dans le bas-fond, aux contraintes de production agricole et d'accès au marché.

5. Synthèse des enjeux clés à considérer pour l'aménagement des sites et implications pour les outils de diagnostic pré-aménagement

Le PARIIS conformément à son mandat, intervient sur l'enjeu de la mobilisation des ressources en eau, qui fait consensus comme problème prioritaire à résoudre pour répondre aux objectifs de développement des usages, communs aux deux sites : riziculture, maraîchage, abreuvement du bétail et accessoirement pêche. La solution du micro-barrage créant une retenue d'eau est proposée comme unique option d'aménagement. Elle s'appuie sur une longue expérience de ce type d'ouvrage dans la Région, et sur des hypothèses générales de fonctionnement qui méritent d'être vérifiées localement. En effet les bénéfices apportés par les retenues sont appréciés dans les APD sans méthode de quantification robuste. Pourtant des données essentielles telles que les courbes hauteurs-volumes sont fournies par la topographie des sites, réalisée avec une grande précision dans les APD ; elles gagneraient à être valorisées pour quantifier les impacts des retenues et simuler des scénarios de gestion.

Ainsi plusieurs questions associées à cet enjeu de ressource en eau ont fait l'objet d'analyses complémentaires approfondies dans notre diagnostic : (i) quels sont les risques hydriques auxquels les cultures sont exposées et que les aménagements sont censés atténuer ? (ii) quelle extension potentielle des cultures dans la zone d'influence des barrages et quels arbitrages entre riz, maraichage et abreuvement ? Les autres enjeux environnementaux, sociaux et économiques ont été plus sommairement traités.

5.1 La sécurisation des cultures face aux risques climatiques

L'analyse climatique faite dans les APD est dédiée aux estimations des crues de projet et des apports annuels. Elle se réduit donc à une présentation d'une série de pluies annuelles et de la pluie journalière décennale mais n'aborde par la distribution saisonnière et son implication pour la satisfaction des besoins en eau des cultures. Elle se base par ailleurs sur les données d'une seule station climatique, celle la plus proche dont les conditions peuvent s'avérer très différentes de celles du site. Une méthode d'interpolation de plusieurs stations qui encadrent le site ou le recours à une base de données internationales comme WaPOR/FAO peuvent améliorer grandement la qualité d'analyse, comme on a pu le vérifier pour le site de Sénou.

Un bilan climatique (P-ET_o) à un pas de temps approprié tel que décadaire, apporte des enseignements essentiels pour le riz, alimenté en bas-fond par les précipitations et les écoulements. Il permet de caractériser les saisons pré-humide, humide et post-humide et le calage optimal du cycle en pluvial, en année moyenne (choix de date de semis et de longueur de cycle de la variété).

Une analyse fréquentielle de ce bilan, par comparaison interannuelle des apports pluviométriques aux besoins en eau de la culture aux cours de ses différentes phases phénologiques, permet d'affiner l'estimation des risques de stress hydrique (où $P_t < ETM_t$). Les besoins d'apports complémentaires à la pluie par les écoulements ou les remontées de nappe, et le rôle à attendre de l'aménagement à ce niveau peuvent alors être précisés.

Notre analyse agro-climatique a montré les dates de semis et longueur de cycles du riz favorables pour les deux sites : décades de fin juin et de début juillet pour des cycles de 100 à 120 jours. Des simulations combinant ces composantes dates de semis et durée de cycle, permettent d'évaluer les

perspectives de sécurisation hydrique du riz en fonction du type de terre dans la toposéquence (frange basse ou haute du bas-fond) et du type d'aménagement.

Ainsi pour Doumba où la pluviométrie est la plus contraignante, une variété de riz de 100 jours implantée en 1^{ère} décade de juillet et une de 110 jours semée à la 3^{ème} décade de juin sont adaptées pour les zones de dépression, le lit majeur du bas fond et la zone de la retenue. Par contre une variété de 110 jours implantée à la 1^{ère} décade de juillet et une variété de 120 jours semée à la 3^{ème} décade de juin ou à la 1^{ère} décade de juillet ne sont adaptées que dans la frange la plus basse en zone de la retenue ou dépression.

On montre également que des aménagements « lourds » comme le micro-barrage jouent un rôle de sécurisation surtout pour des semis tardifs en juillet ou des variétés à cycle long. Pour des riz de 100 et 110 jours semés à la 1^{ère} décade de Juillet, un aménagement en courbe de niveau sur les sols hydromorphes du lit majeur ayant une faible perméabilité devrait suffire à sécuriser l'alimentation en fin de cycle (stock d'eau à la parcelle, alimentation par les écoulements différés) lorsque les conditions hydrologiques et topographiques le permettent. Des aménagements de type digue déversante ou micro barrage en assurant un stock d'eau à la parcelle suffisant fin septembre, sont les ouvrages plus adaptés pour sécuriser l'alimentation en eau des cycles de 120 jours ou plus.

5.2 L'extension des surfaces cultivées et le partage de l'eau entre usages et avec l'aval

Les projets affichent des objectifs ambitieux d'accroissement des surfaces cultivées sous submersion pour le riz et irriguées pour le maraichage de contresaison. Bien que la topographie détaillée des sites (isohypses tous les 25 cm) donne un aperçu de la zone sous influence des retenues, ces données ne sont pas utilisées pour tracer une délimitation de la zone à aménager. Cette dernière est estimée selon des critères flous et on relève des divergences dans les surfaces mentionnées par les différentes parties de l'APD. Des zones apparemment hors d'influence du barrage sont incluses dans l'emprise de la zone à aménager, comme à Senou où la zone qui sera impactée par l'ouvrage retenu apparaît limitée à moins de la moitié de la surface annoncée. Les zones d'aptitude des terres selon les hauteurs d'inondation ne sont également pas cartographiées et prise en compte dans le découpage parcellaire théorique fourni dans l'APD. Or les inégalités foncières, avec des parcelles sous grande hauteur d'eau difficilement cultivables et d'autres, à l'opposé, hors d'influence de l'aménagement avec la surestimation des surfaces, sont une source de litige majeure à prendre en compte pour la réattribution des parcelles.

L'expertise COSTEA a appliqué sur les deux sites une approche intégrée pour raisonner les surfaces cultivables après aménagement avec un micro-barrage, et des règles de gestion de l'ouvrage et des cultures pour le partage de la ressource en eau entre usages et avec l'aval. Il s'agit du bilan d'eau d'une retenue qui simule les dynamiques de remplissage et descente des plans d'eau à partir des données pluviométriques et de topographie (courbe Hauteur-Surface-Volume de la retenue fournie par l'APD) et d'hypothèses de gestion sur la régulation des vannes du barrage, les objectifs de surface irriguées, les calages des cycles du riz et du maraichage. Ainsi les conditions d'un équilibre entre la ressource et les usages (surfaces irriguées, abreuvement, pêche) peuvent être explicitées.

Selon notre estimation basée sur ce bilan, les projets de retenues de Doumba et Sénou permettraient d'atteindre respectivement 50% et 145% des objectifs de surfaces cultivées en riz fixées dans l'APD. Pour le maraichage de contresaison, ce sont 81 % et 69% des surfaces projetées qui seraient effectivement cultivables. Les APD ont surestimé les surfaces cultivables sauf pour le riz à Sénou (qui est sous-estimé). La simulation du bilan d'eau montre notamment que la zone à plus de 0,6 m de submersion serait inapte au riz si on souhaite conserver l'eau pour les autres usages car l'entretien serait difficile et la récolte ne pourrait se faire hors d'eau avant le mois de février.

On peut illustrer un autre intérêt de ce simulateur de bilan d'eau : la définition d'une stratégie de gestion de la retenue pour trouver un compromis entre les usages, riz, maraichage, abreuvement et éventuellement pêche. Les règles suivantes ont été testées et appliquées aux retenues de Doumba et Senou :

(i) Pour le remplissage, éviter l'inondation de la frange basse avant la fin de tallage du riz (3^e décade de juillet). Puis assurer une montée progressive du plan d'eau compatible avec la vitesse d'élongation du riz et l'éventuel repiquage ;

(ii) Fermer totalement les vannes fin aout pour avoir le maximum d'eau stockée. Compte tenu de la pluviométrie et des écoulements du bassin versant, on peut faire l'hypothèse que la retenue reste pleine jusqu'à fin septembre la plupart des années et commence sa récession en octobre ;

(iii) le maraichage des jardins de bas de versant en contre saison fraîche est prioritairement alimenté par les puits. Le pompage sur le plan d'eau intervient en contre saison chaude à partir de janvier quand le niveau statique des puits devient trop profond. Toutefois des surfaces maraichères additionnelles peuvent être installées sur les zones exondées du plan d'eau, un mois après le retrait des eaux (et délai pour la récolte du riz et le ressuyage des terres). Ce maraichage de fond de cuvette exondée, comme celui de bas de versant, va bénéficier de l'effet de la retenue sur le maintien d'un haut niveau de la nappe et une descente retardée en contresaison (effet difficilement quantifiable) ;

(iv) L'abreuvement des animaux commence en octobre avec un quart des besoins satisfaits par la retenue, puis ce sont la totalité des besoins qui sont satisfaits à partir de décembre. A Sénou, la faible capacité de stockage de la retenue entraîne une concurrence d'usages entre irrigation et abreuvement dès la contresaison froide. Un objectif de maintien de l'eau le plus tard possible pour permettre l'abreuvement des animaux implique une restriction des pompages dans la retenue. Une telle régulation paraît justifiée dans la mesure où le maraichage peut être alimenté par les puits avec une nappe qui reste à faible profondeur en contre saison froide (novembre-décembre).

Avec ces règles et hypothèses, les plans d'eau se tarissent en mars à Senou et mai à Doumba. L'attente de la population de Sénou d'un plan d'eau permanent ne pourra pas se concrétiser. Le modèle de bilan montre également la part des usages et des pertes dans la ressource stockée initiale. Les pertes par évaporation représentent un peu plus de 50% du volume stocké, et l'infiltration autour de 15%.

5.3 La maîtrise de l'érosion

Le problème de l'érosion est peu abordé dans les APD ; la dégradation des terres du bas-fond est pourtant une préoccupation exprimée par les populations lors des entretiens. Les producteurs de Doumba ont dans le passé pris des initiatives pour lutter contre l'érosion. Ils ont installé un seuil en gabion en travers du bas-fond pour amortir les crues. Ils ont également sauvé et fait une régénération assistée de boisements naturels sur les berges du marigot.

La végétalisation et les plantations d'arbres en bordure des retenues apparaît ainsi retenir l'intérêt des populations. C'est une action généralement prévue dans les PGES pour la compensation de la perte de boisement notamment avec la submersion due au barrage, cependant l'expérience montre que ces plans à vocation administrative sont rarement suivis d'effets s'ils ne sont pas intégrés dès la phase de conception des projets. Une liste d'espèces herbacées et ligneuses adaptées supportant l'inondation a été proposée par les experts IER/COSTEA.

Une autre source de dégradation des terres aux abords de la retenue est le piétinement des animaux lors de l'accès pour l'abreuvement. Le cheptel de ces villages est très important, l'aménagement complémentaire d'une aire d'abreuvement dans la retenue apparaît indispensable.

5.4 L'adaptation des pratiques culturelles pour une intensification plus durable et compatible avec les moyens de petites productrices

L'exploitation des bas-fonds est principalement dévolue aux femmes et aux jeunes qui ont des moyens limités et de petites parcelles, l'intensification des cultures s'impose donc pour valoriser un facteur terre limitant. Diverses voies d'amélioration sont à tester en conditions paysannes : des variétés adaptées aux différentes franges de terres selon l'état hydrique (l'IER a fait des propositions pour le riz et les cultures maraichères), une fertilisation révisée en saison sèche avec un plus grand recours aux matières organiques.

Les produits de traitement phytosanitaires et herbicides sont assez largement utilisés en maraichage et une sensibilisation à leur toxicité et aux bonnes pratiques d'application serait nécessaire pour réduire les risques de pollution. La gestion des emballages usagés de pesticides fait également l'objet de mauvaises pratiques à corriger (décharge dans des puits abandonnés, contaminant les nappes).

5.5 La reconnaissance de l'élevage comme activité clé usagère des bas-fonds, pour sa contribution à une transition agro-écologique

La place de l'élevage au sein des bas-fonds a été négligée dans les études de projets. La réalisation d'aire d'abreuvement reste à prendre en compte dans le plan d'aménagement des retenues. La contribution du bas-fond à l'approvisionnement fourrager en contre saison mérite aussi une attention dans le zonage des aptitudes des terres. L'élevage notamment bovin, est une activité importante dans la région, qui devrait être confortée dans l'avenir. L'association agriculture-élevage est en effet appelée à jouer un rôle majeur dans l'évolution vers des modèles agricoles plus

autonomes et économes en intrants importés, basés sur la traction animale et le recyclage du fumier.

5.6 Les enjeux sociaux : le maintien de la place des femmes dans le bas-fond ; la cohésion sociale du village sur les droits fonciers ; l'appropriation collective de l'aménagement

Ces enjeux ont été identifiés lors du diagnostic de terrain mais n'ont pas pu faire l'objet d'une analyse approfondie :

- **La place des femmes dans le bas-fond** : l'aménagement devrait revaloriser les terres de bas-fonds en réduisant les risques hydriques. Une concurrence nouvelle pour l'accès à ces terres rendues attractives peut alors survenir entre les usagers actuels (essentiellement des femmes et des jeunes) et les titulaires des droits fonciers (les chefs de famille). Une restructuration du parcellaire est probable à l'issue de l'aménagement et il existe un risque que les femmes soient reléguées sur les parties les moins favorables du bas-fond (zone de frange basse fortement inondée ou frange haute hors de la zone d'influence).
- **La restructuration foncière du bas-fond** : une tension existe concernant la reconnaissance des droits existants sur les terres du bas-fond qui ne sont pas toutes des communs du village, et la volonté de donner l'accès au bas-fond à de nouveaux usagers pour une exploitation plus intensive des terres aménagées et une plus grande inclusion sociale. Le compromis actuellement admis dans par le PARIIS est de laisser gérer cette question foncière par des comités locaux dans la durée, en remettant les décisions à la phase post aménagement. Mais le risque est de ne pas avoir suffisamment de connaissance des propriétaire fonciers, de leur positionnement, et que la question reste toujours posée post-aménagement.
- **L'appropriation collective de l'aménagement** pour la gestion et la maintenance. Des principes de gestion ont été définis par le Programme National Irrigation de Proximité qui cadre l'intervention du PARIIS. Ainsi la gestion des ouvrages est déléguée à un Comité villageois supervisé par la Commune. Cependant la mise en œuvre de cette délégation de gestion pose souvent question, les Comités locaux ayant des capacités limitées. L'insertion et l'audience des Comités de gestion après des usagers de base méritent une attention particulière de la part des Projets.

Bibliographie

COSTEA, 2022. Diagnostic des ressources, de la mise en valeur et des options d'aménagement des bas-fonds. Rapport site de Doumba. IER, CIRAD, IRD, INSUCO. 50 p.

COSTEA, 2022. Diagnostic des ressources, de la mise en valeur et des options d'aménagement des bas-fonds. Rapport site de Senou. IER, CIRAD, IRD, INSUCO. 47 p.

FAO and IHE Delft, 2020. Water Accounting in the Niger River Basin. FAO WaPOR water accounting reports. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1274en>

PARIIS, nd, Etudes techniques d'aménagement du bas-fond de Doumba – Rapport APS Provisoire. BIRAD 90 p.

non signé, Rapport agro-socio-économique et rentabilité, site de Doumba, 50 p.

PARIIS, 2021, Analyse environnementale de l'aménagement et établissement du PGES du bas-fond de Doumba. Rapport de consultation Traoré A. juin 2021 35 p.

PARIIS, 2021, Avant Projet Détaillé Définitif - Site de Senou. Groupement BIRA, CIA, GI Conseils. Aout 2021. 126 p.

PARIIS, 2021, Avant Projet Détaillé Définitif – Rapport socio économique - Site de Senou. Groupement BIRA, CIA, GI Conseils. Aout 2021. 46 p.

Roudier P., 2008, Vulnérabilité des ressources en eau superficielle d'un bassin soudano-sahélien dans un contexte de changement climatique : approche par indicateurs (bassin du Bani). Mémoire de Master2 Risques naturels, ENGEES, IRD, 72 p.