

# Détermination des dépôts de terre et de nutriments par la crue dans la zone de Yélimané en zone sahélienne au Mali

## *Determining Flood-Deposited Soil and Nutrients in the Sahelian Zone of Yélimané in Mali*

Traoré Bouya<sup>1</sup>, Traoré Kalifa<sup>1</sup>, Aune Jens Bernt<sup>2</sup>, Famanta Mahamoudou<sup>3</sup>, Togo Daouda<sup>1</sup>, Traoré Boubacar<sup>1</sup>, Coulibaly Boubacar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba - BP 262, Bamako, Mali

<sup>2</sup>Université des Sciences de la vie, NorAgric - BP 5003, N-1432 Ås, Norvège

<sup>3</sup>Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou IPR/IFRA - BP 06, Koulikoro, Mali

\*Auteur pour la correspondance : bouyatr1@gmail.com

### Résumé

Le Mali, comme les autres pays du Sahel, est touché par les effets du changement climatique qui se manifestent entre autres par la variabilité climatique se traduisant par une irrégularité des pluies sanctionnée par la faiblesse des précipitations. Pour une meilleure adaptation à cette situation, les producteurs de Yélimané ont mis un accent particulier sur la culture de décrue. Cette culture est actuellement confrontée aux contraintes liées aux faibles dépôts d'alluvions causés par l'irrégularité et la faiblesse de la pluviosité. Il en a résulté une diminution du temps d'inondation et une réduction de la superficie inondée. Cette situation influe négativement sur la fertilité des sols de décrue qui ont comme principale source de fertilité les dépôts d'alluvions. Cette étude a été réalisée pour évaluer la quantité de terres déposées par la crue et sa composition physico-chimique en vue d'aider à une gestion durable de la fertilité des sols de décrue. Le dispositif était composé de quatre placettes par site, placées avant l'amorçage de la crue. Chaque placette constituait une répétition. Les terres ont été récupérées après la crue et les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire. Les résultats obtenus durant les deux années d'expérimentation ont montré que la quantité de terre récupérée à Dougoubara était la plus élevée et correspondait à 29 % d'augmentation par rapport à celle obtenue à Gory. Ces terres de Dougoubara contenaient plus de limon que de sable contrairement à celles de Fougou qui renfermaient plus de sable. Quant à l'argile, elle était importante dans les terres de Yaguiné. L'analyse chimique des échantillons a indiqué que le pH (eau) des terres de tous les sites était dans la gamme optimale de développement des cultures. Toutes les terres récupérées étaient pauvres en carbone organique et en azote. Par contre, elles étaient riches en potassium et la Capacité d'Échange Cationique était élevée.

**Mots-clés :** dépôts d'alluvions, sols de décrue, érosion, Mali.

## **Abstract**

*Mali, like other countries in the Sahel, is affected by the impacts of climate change in the form of climate variability, resulting in erratic and low rainfall. For a better adaptation to such conditions, producers in Yélimané have put a special emphasis on flood recession cropping. This cropping system is currently facing constraints related to the low volumes of alluvial deposits as a result of erratic and low rainfall. This has led to a shortening of flood time and a reduction in flooded area, which have a negative impact on the fertility of flood recession soils whose main source of nutrients is alluvial deposits. The objective of this study was to assess the amount of soil deposited by floods and its physico-chemical composition in order to support sustainable management of soil fertility in flood recession areas. The experiment covered four plots per site, which were set before the beginning of flood. Each plot was a replication. Soil samples were collected after the flood and analyzed in the IER's Soil-Water-Plant Laboratory. The results obtained during the two years of experimentation showed that the area of land recovered in Dougoubara was the larger and represented an increase by 29%, compared with that recovered in Gory. The soils in Dougoubara contained more silt than sand, unlike those of Fougou, which contained more sand, while clay was predominant in the soils of Yaguiné. The chemical analysis of soil samples indicated that the pH (water) in all sites was within the optimal range for crop development. All recovered lands were low in organic carbon and nitrogen but rich in potassium and their Cation Exchange Capacity was high.*

**Key words:** *alluvial deposits, flood recession soils, erosion, Yélimané, Mali.*

## Introduction

Depuis la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à Rio de Janeiro en juin 1992, les questions de changement climatique tiennent une place importante dans la protection de l'environnement. Les effets liés au phénomène constituent aujourd'hui une menace potentiellement majeure pour l'environnement et le développement durable. Au Mali, les effets du changement climatique se manifestent dans tous les domaines. La variabilité climatique se traduit, entre autres, par l'irrégularité des pluies et la faiblesse des précipitations dont les effets néfastes se résument à l'insuffisance des ressources en eau, la destruction des ressources forestières, l'assèchement précoce des mares et des lacs, la diminution des ressources halieutiques, la dégradation de l'écosystème, etc.

Face à une telle situation, des mesures d'adaptation s'imposent afin d'assurer un développement durable. Une des stratégies développées en agriculture, est la culture de décrue dans les bas-fonds et dans les vallées inondables des fleuves et des marigots. Cette culture dont l'alimentation hydrique est assurée en partie par l'humidité résiduelle du sol provenant de la crue est pratiquée dans des dépressions où la capacité de rétention de l'eau est importante. Elle est réalisée au fur à mesure que l'eau se retire des parcelles. Les connaissances sur la fertilité des sols dans les systèmes de décrue nous amènent à considérer une telle situation comme un atout potentiel pour une meilleure production des cultures à travers des processus de sédimentation (Le Roy, 2005 ; Cissé, 2009). Cependant, on assiste à un mauvais établissement des cultures (Aune, 1992) et à une baisse de rendements des cultures (NEPAD, 2005). Cette situation pourrait s'expliquer par les contraintes actuelles liées au faible alluvionnement observé par les producteurs et décrit par certains auteurs (Couture, 1996 ; Le Roy, 2005). Elle est la conséquence du caractère irrégulier des écoulements saisonniers des eaux de surface se traduisant de plus en plus par une diminution des surfaces inondées et un temps d'inondation très court, compromettant ainsi une agriculture traditionnelle de décrue (NEPAD, 2005). Les alluvions, étant la principale source de fertilité des sols de décrue, leur faible dépôt pourrait influencer négativement sur cette fertilité. Il était alors urgent d'étudier les caractéristiques physico-chimiques des alluvions déposées par les eaux en vue d'aider à la mise au point de techniques de gestion de la fertilité des sols de décrue.

## Matériel et méthodes

### Site de l'étude

Le cercle de Yélimané est situé au nord-est de la région de Kayes (Mali) entre le 14° et le 16° de latitude nord et les 10° et 12° de longitude ouest. Il est situé en zone sahélienne caractérisée par deux saisons contrastées : une saison des pluies entre juin et septembre alternant avec une période sèche de huit à neuf mois. La pluviosité moyenne annuelle oscille entre 450 et 600 mm. Les cumuls pluviométriques des années et les températures enregistrées montrent la grande variabilité des paramètres climatiques dans la zone.

La majeure partie du cercle est constituée de vastes plaines marécageuses d'érosion. Les sols sont de différents types : i) des sols ferrugineux tropicaux lessivés ; ii) des sols minéraux bruts peu évolués ; iii) des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion sur alluvions ; iv) des sols hydromorphes à pseudo gley ; v) des sols hydromorphes à gley couvrant les basses cuvettes et les mares.

Le paysage est constitué de steppes arbustives sahéliennes au Nord et de savanes arborées et herbacées partiellement dégradées au Sud. Le cercle n'est traversé par aucun cours d'eau permanent. Il abrite plusieurs mares et marigots dont les plus importants sont : la Kolombiné, la Térékolé, le Gari et le Krigou. La Kolombiné est un affluent sahélien du fleuve Sénégal qui draine un bassin versant de 16 189 km<sup>2</sup> dans le cercle de Yélimané sur une longueur totale de 450 km. La Térékolé, principal affluent de la Kolombiné draine un bassin versant de 6 380 km<sup>2</sup> sur une longueur d'environ 187 km. Elle reçoit de petits affluents dont les plus importants sont le Babassangué et le Babara kolé issus respectivement des escarpements Nord du massif de Bafoulabé et de petites collines au Nord-ouest de Yélimané.

L'agriculture constitue la principale activité économique des populations du cercle. Malgré le potentiel exploitable de la zone, le cercle de Yélimané est classé de façon récurrente déficitaire (une production qui ne couvre pas les besoins de la population, même en année normale ; CE, 2012). Les rendements des cultures connaissent des baisses d'année en année suite à l'appauvrissement des sols en zone exondée, à l'érosion, à la faiblesse des équipements, à l'irrégularité des pluies et aux écoulements des eaux de surface, à l'insuffisance des terres exploitées, aux insuffisances en techniques culturales et surtout aux attaques des déprédateurs, régulièrement enregistrées dans la zone.

## Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé était constitué de placettes d'un mètre carré de surface, faites en tôle lourde (15 mm d'épaisseur). Des supports de 15 cm de long sont fixés aux angles et au milieu, soit 0,50 cm de part et d'autre de chaque angle de la placette. Ces supports (pieds) ont pour rôle de mieux fixer la placette au sol (Photo 1). Les placettes ont été implantées avant la crue et à raison de quatre par site d'expérimentation. Chaque placette constituait une répétition. La récupération des dépôts a lieu après le retrait des eaux. Les terres ainsi récupérées ont été pesées. Des échantillons de sol ont été prélevés et analysés au Laboratoire Sol, Eau, Plantes de Sotuba. L'expérimentation a été réalisée durant les années 2014 et 2015.



Photo 1 : Installation du dispositif de Yélimané (a) et (b) dépôt de terre apporté par la crue à Yélimané, en 2014

Les quantités de terres et de nutriments par hectare ont été obtenues en utilisant les formules suivantes :

Quantité de terre = quantité moyenne placette du site x 10 000

$$\text{Quantité de nutriments} = \frac{\text{Concentration en \% du nutriment}}{100} \times \text{Quantité de terre}$$

## Résultats

### Quantités de terres et de nutriments dans les terres des différents sites

Les résultats obtenus durant les deux années d'expérimentation ont montré une variabilité des quantités de terre récupérées sur les différents sites. Cette quantité était importante à Dougoubara et correspondait à 29 % d'augmentation par rapport à celle de la terre obtenue à Gory (Tableau 1). Les quantités de sable, récupérées sur les sites de Yaguiné, Fougou et Gory, étaient proches les unes des autres et en moyenne supérieures de 120 % à celle de Dougoubara. Par contre, la quantité de limon contenue dans les terres de Dougoubara était le double de celle de Gory. L'argile, récupérée à Yaguiné, était 4 fois supérieure à celle de Fougou. Les résultats ont également montré que l'azote était plus abondant dans les terres de Fougou et était le double de celui récupéré dans les terres de Yaguiné. Quant au calcium, il était en grande quantité dans les terres récupérées à Dougoubara et était supérieur de 88 % à celui contenu dans les terres de Yaguiné. Les quantités de phosphore et de potassium étaient importantes dans les terres récupérées à Fougou.

**Tableau 1 : Quantité moyenne de sol et de nutriments déposés par la crue en kg/ha Yélimané 2014-2015**

| Village    | Terre  | CO  | N | Pas | Ca    | Mg    | K   | Na | Sa     | Lim    | Arg   |
|------------|--------|-----|---|-----|-------|-------|-----|----|--------|--------|-------|
| Yaguiné    | 20 631 | 136 | 4 | 193 | 1 533 | 1 430 | 122 | 18 | 9 209  | 9 718  | 1 688 |
| Dougoubara | 23 788 | 236 | 7 | 235 | 2 880 | 1 880 | 136 | 23 | 4 618  | 18 142 | 940   |
| Fougou     | 19 690 | 331 | 8 | 445 | 2 396 | 1 854 | 134 | 26 | 12 206 | 9 787  | 429   |
| Gory       | 15 966 | 252 | 5 | 358 | 2 450 | 1 100 | 111 | 30 | 9 903  | 6 021  | 581   |

Sa = sable, Lim = limon, Arg = argile, Pas = Phosphore assimilable

Co : Carbone organique ; N : Azote ; Ca : Calcium ; Mg : Magnésium ; K : Potassium ; Na : Sodium

## Caractéristiques physiques et chimiques des sols

### Granulométrie

Sur l'ensemble des sites, les teneurs en sable, limon et en argile étaient variables. Les terres récupérées à Gory étaient plus riches en sable avec une teneur moyenne équivalente au double de celle des terres récupérées à Dougoubara. Par contre, les terres de Dougoubara avaient une concentration plus élevée en limon qui dépassait celle de Gory de 110 %. Les teneurs en limon des terres de Yaguiné et de Fougou étaient très

proches. Concernant l'argile, les teneurs étaient faibles dans tous les sites et la teneur dans les terres de Yaguiné était plus élevée que celles des autres (Figure 1).

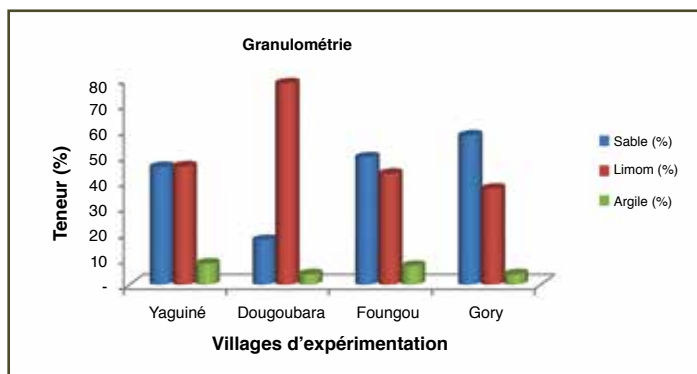


Figure 1 : Proportion de sable, limon et argile dans les terres des différents sites (Yélimané, 2014-2015)

### Caractéristiques chimiques

Le pH (eau) des terres de tous les sites variait de 6,27 à 6. Les taux de carbone organique étaient proches, excepté celui de Gory qui était très faible par rapport aux autres. Les terres récupérées dans les différents sites étaient pauvres en azote. Toutefois, sa teneur était en moyenne plus élevée de 50 % dans les terres de Dougoubara et de Gory que celle de Yaguiné et de Fougou (Figure 2).

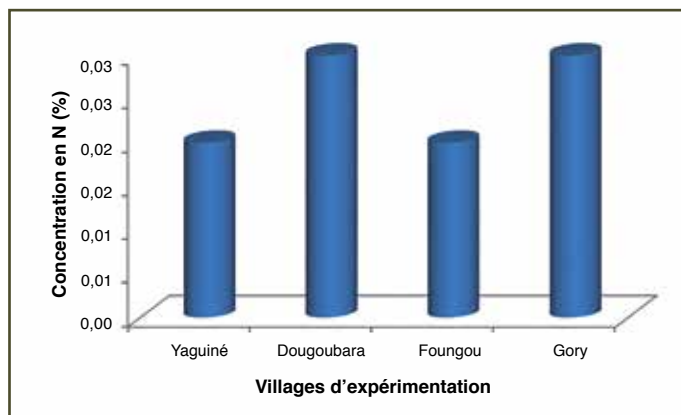


Figure 2 : Concentration en azote des terres des différents sites de Yélimané, 2014-2015

La plus faible concentration en phosphore a été observée dans le site de Fougou. La plus forte concentration, obtenue dans le site de Gory, avait un accroissement de 134 % comparativement à la concentration moyenne des sites de Yaguiné et Dougoubara (Figure 3). Cet accroissement est triplé comparativement à la concentration de phosphore du site de Fougou.

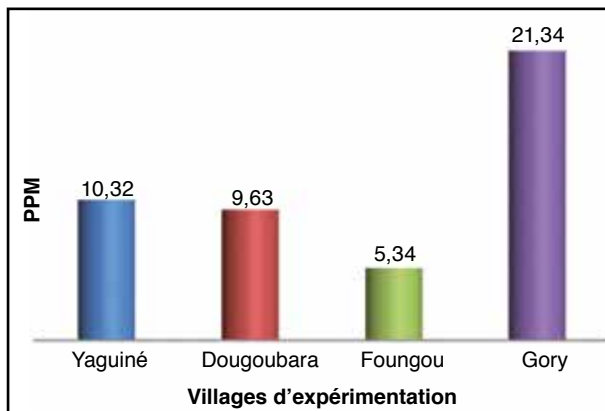


Figure 3 : Concentration en phosphore assimilables (Pas) des terres des différents sites (Yélimané, 2014-2015)

Toutes les terres récupérées dans les différents sites étaient riches en potassium et les teneurs étaient proches. Concernant le calcium, la concentration était plus forte dans les terres de Fougou, dépassant celle des terres de Gory de 37 % (Figure 4). Cette augmentation était de 26 %, comparativement à celle de Yaguiné. Les terres de Dougoubara et Fougou avaient une capacité d'échange cationique (CEC) plus élevée et dépassait en moyenne celle de Gory de 72 %.

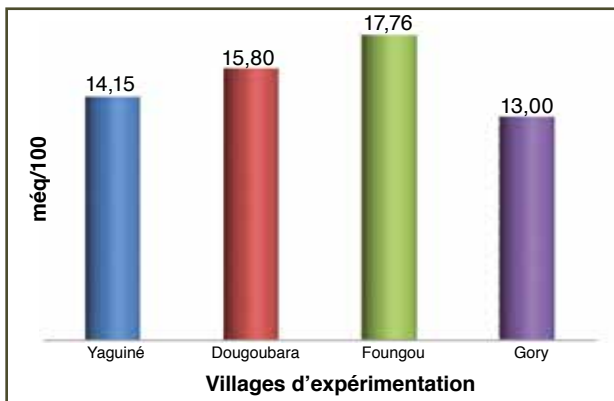


Figure 4 : Concentration en calcium des terres récupérées dans les sites (Yélimané, 2014-2015)



## Discussion

Les variations entre les sites des quantités de terre déposées pourraient être liées à la microtopographie des sites. En effet, les plaines sont plus vastes et plates à Yaguiné et à Dougoubara qu'à Fougou et à Gory. Cette situation contribue à diminuer la vitesse d'écoulement des eaux dans les sites de Yaguiné et de Dougoubara, favorisant ainsi les dépôts des éléments, notamment le limon et l'argile. Ce phénomène a été évoqué par Claude *et al.* (1977) qui ont révélé que l'épaisseur de dépôt de sédiments est liée à la microtopographie de la plaine, aux aménagements agricoles et à la vitesse du courant. Aussi, les différentes méthodes pour la détermination des dépôts de sédiments ont montré que lorsque le débit en un point donné diminue, la force tractrice de l'eau diminue aussi ; les matériaux solides se déposent et la configuration du lit devient moins favorable à l'écoulement, ce qui tend à réduire encore plus la vitesse et la capacité de transport des éléments (UNESCO, 1986). La quantité moyenne annuelle de dépôts de sédiments obtenue par site montre la forte concentration des eaux d'écoulement en sédiments et sa variabilité d'un site à l'autre. Ce phénomène serait lié au degré d'érosion causé par les eaux de ruissellement en amont des sites d'expérimentation. Ceci confirme les travaux de Carré (1972) selon lesquels les variations de concentrations et les quantités transportées dépendent étroitement des conditions physico-climatiques (climat tropical, relief peu accentué, vastes zones inondables, sous-bassins dissemblables). Cette concentration observée sur les sites est assez élevée comparée à celle du Delta Intérieur qui représente un flux spécifique de 4, 7 à 9,7 tonnes par km<sup>2</sup> par an (Andersen *et al.*, 2006). Des quantités de l'ordre de 2,5 à 12 tonnes par km<sup>2</sup> par an (environ 1,3 millions de tonnes) se sont déposées dans les plaines inondées du lac Tchad (Carré, 1972). Cependant, ce dépôt annuel moyen est inférieur à la quantité d'alluvions déposée par l'oued de Medjerda lors de la crue exceptionnelle de mars 1973 qui était de 1700 t/ha (Claude *et al.*, 1977).

Du point de vue des réserves minérales, les variations en teneur d'éléments sont probablement liées aux eaux de ruissellement de différentes sources donc de sols de différents types d'unités de paysage en fonction de l'arrivée d'ondes de crue des divers affluents avant les dépôts tel que rapporté par Cissé (2009) qui explique que c'est la crue qui draine le limon pour enrichir le sol de décrue. Les terres récupérées étaient pauvres en azote avec de faibles taux de matière organique. Cette situation est due au fait que l'humus colloïdal est généralement transporté jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où il se dépose, soit après évaporation de l'eau, soit après floculation. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Claude *et al.* (1977) sur les alluvions déposées par l'oued Medjerda. Ils confirment les travaux de Traoré (2012) qui ont montré la déficience des sols de décrue de Yélimané en matière organique et en azote.

La capacité productive que représentent ces dépôts alluviaux est conditionnée par leurs caractéristiques chimiques mais surtout physiques. Les alluvions les plus lourdes, celles argilo-limoneuses qui constituent la majorité des alluvions, présentent un grave défaut de structure en surface par le phénomène de fissuration du sol entravant le développement normal de la plante.

## **Conclusion et perspectives**

Le faible alluvionnement observé et la baisse de rendements des cultures dans le système de décrue, tant évoqués dans la littérature et par le savoir local, nous ont conduits à déterminer les quantités de dépôts de terre dans les différents sites d'expérimentation ainsi que leur composition physico-chimique. Ces travaux ont montré que la quantité de dépôt de terres dans les plaines et les cuvettes est fonction de plusieurs facteurs tels que la toposéquence, la vitesse de l'écoulement et l'étendue de la plaine. Ils ont permis d'identifier les sites à grand potentiel de dépôt de terres par la crue. La détermination des caractéristiques physico-chimiques des terres récupérées a révélé que la concentration des nutriments dépend de la vitesse d'écoulement des eaux et de la nature des unités pédologiques traversées par les eaux de ruissellement en amont des dépôts. L'analyse chimique des échantillons de terres de tous les sites d'expérimentation a montré que les terres étaient pauvres en azote et en matière organique, d'où une recommandation d'apport de ces éléments pour assurer une meilleure gestion de la fertilité des sols de décrue. Pour ce faire, les résultats obtenus par cette étude pourront être une source d'inspiration pour l'amélioration de la fertilité des sols de décrue en vue de contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire des zones concernées.

Les expérimentations sur le dépôt d'alluvions dans les plaines par les inondations ont été réalisées seulement dans les quatre sites d'expérimentation du cercle. Il est souhaitable de poursuivre cette étude en l'élargissant à d'autres sites tout en prenant en compte les toposéquences, les unités de paysage, la concentration des eaux en matière totale dissoute et les alluvions déposées par endroit. Ceci permettra d'approfondir les connaissances sur l'alluvionnement des zones de décrue où l'inondation est assurée par les eaux de pluies tombées sur place et des eaux provenant de la Térékolé, la Kolombiné et leurs affluents.

Des techniques doivent être développées pour une meilleure gestion de la fertilité des sols de décrue tout en se basant sur les apports et les exports annuels de nutriments.

## Références

- Andersen I., Dioni O., Holder J.M. et Olivry J.-C., 2006: Le Bassin du fleuve Niger: Vers une vision de développement durable, (Ed.) Katherin George Golitzen, Banque mondiale, Washington, DC 20433, 172p.
- Aune J.B., 1992. La culture de décrue au Gourma, Mali: conditions pédologiques, espèces et variétés. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 6: 279-291.
- Carré P., 1972. Quelques aspects du régime des apports fluviaux de matériaux solides en suspension vers le lac Tchad. Cahiers ORSTOM Série, Hydrologie, 1972, 9 (1): 19-45.
- CE, 2012. Commission Européenne, Save the Children, SAP et Oxfam: Profil HEA, Zone de Moyens d'Existence: Sorgho-Elevage Transhumant et Migration, Cercle de Yélimané, Région de Kayes, 16p.
- Cissé A.M., 2009. Système Faguibine: l'espoir renaît en zone lacustre Source: Essor du 29 mai 2009.
- Claude J., Francillon G. et Loyer J.Y., 1977. Les alluvions déposées par l'Oued Medjerdah lors des crues exceptionnelles de Mars 1973, ORSTOM-DRES, Tunisie, 162 p.
- Couture L.J., 1996. Bilan et potentialités des aménagements hydro-agricoles en région septentrionale de Kayes (Mali): quelles leçons pour le développement rural régional ? <http://www.beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/HASHb236.dir/18-152-173.pdf>
- Le Roy X., 2005. Le sorgho de décrue dans la vallée du Sénégal, IRD, 9 p.
- NEPAD, 2005. Programme national d'investissement à moyen terme (PNIMT) Volume I de VII, 60 p.
- Traoré K., 2012. Rapport du comité de pilotage du projet d'Adaptation de l'Agriculture et de l'Elevage au Changement Climatique (ACC): Composante: Production durable des cultures en systèmes de décrue pour une sécurité alimentaire au Mali, 62p.
- UNESCO, 1986. Méthodes de calcul de la sédimentation dans les lacs et les réservoirs (Contribution au Programme Hydrologique Internationale PHI II Project A.2.6.1 Panel) 238 p.



Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.