**Intégrer la perception et les propositions paysannes dans les programmes de maintenance  
 des réseaux de drainage : application d’une méthodologique générique au cas du périmètre irrigué de Baguinéda (Mali)**

Amadou KEÏTA(a,\*), Bruno LIDON(b), Caroline COULON(c), Sami BOUARFA(c),   
Bernard VINCENT(c), Alphonse S. SANDWIDI(a), Héritier RUTABARA(a),

(a)Laboratoire Hydrologie et Ressources en Eau, Institut International d’Ingénierie de l’Eau et de l’Environnement (2iE), Burkina Faso.

(b)Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), France

(c)Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l’Environnement et l’Agriculture

\*Auteur pour les courriels: amadou.keita@2ie-edu.org

## Résumé

Le manque d’entretien des réseaux de drainage des périmètres irrigués est un problème récurrent dans toute l’Afrique de l’Ouest, qui résiste aux efforts déployés pour l’enrayer. Explorant une piste nouvelle, cette étude utilise une méthode d’enquête utilisant un support innovant issu du patrimoine africain – le WASO – pour quantifier et comparer l’intensité de la perception paysanne de la question. Elle a été appliquée au périmètre irrigué de Baguinéda au Mali (3080 ha). Il ressort que parmi les obstacles à l’entretien des drains, quatre sont cruciaux : i) le l’insuffisance d’eau, ii) l’absence d’une autorité de coordination des opérations d’entretien, iii) le manque de matériel d’entretien adéquat, et iv) le manque de formation à l’entretien des réseaux de drainage. Des solutions ont été proposées pour résoudre ces problèmes : par exemple l’amendement argileux et calcaire pour limiter les pertes d’eau et résoudre la question de la toxicité ferreuse. Il s’est avéré que le WASO permet de faire remonter des opinions indépendantes, convergentes et quantifiées dont la hiérarchisation permet d’identifier les questions prioritaires à aborder pour faire évoluer la situation. Cela ouvre une perspective pour l’application de cette méthodologie générique à d’autres typologies d’aménagement et de gestion de l’Afrique de l’Ouest.

# Introduction

L’entretien des systèmes de drainage est une question récurrente dans les périmètres aménagés d’Afrique de l’Ouest. Le défaut d’entretien est l’une des causes majeures de la dégradation et de la baisse de la fertilité des sols. ([Smedema and Walter 1998](#_ENREF_16), [Konukcu et al. 2006](#_ENREF_9)). L’engorgement des sols finit par engendrer des conditions adverses à la croissance et aux rendement des cultures telles que l’anoxie, la toxicité sodium, ferreuse et aluminique ([Prade et al. 1990](#_ENREF_11), [Keïta et al. 2013b](#_ENREF_7)). De multiples actions de sensibilisation et de contractualisation des opérations de maintenance des systèmes de drainage ont été menées sans grand succès ([Vandersypen et al. 2006](#_ENREF_18)). Pour les paysans – acteurs incontournables de la maintenance des périmètres irrigués – les drains peuvent jouer plusieurs fonctions sans la prise en compte desquelles un programme de maintenance a toutes les chances d’être voué à l’échec. Le point de vue paysan sur le pourquoi et le comment de l’entretien des réseaux de drainage reste insuffisamment exploré. Pour contribuer à *combler* cette lacune, l’objectif de cette étude est de développer une *méthodologie générique* permettant de faciliter la définition ou (redéfinition) du rôle des différents acteurs dans l’entretien des réseaux de drainage et dans ce cadre, à terme de mieux prendre en compte les stratégies et perceptions des exploitants dans le cadre des négociations de règles consenties et applicables aux tiers. Ce travail est à replacer dans le cadre de l'amélioration de la productivité et de la durabilité des aménagements hydroagricoles dans la perspective du développement projeté de centaines de milliers d'hectares dans les pays CILSS (e.g. Programme SIIP de la Banque Mondiale et du CILSS).

Plusieurs étapes ont été nécessaires pour mettre au point une telle méthodologie et l’appliquer à une étude de cas. Après le développement conceptuel de la méthodologie, elle a d’abord été testée sur un périmètre de 36 ha à Tiéfora au Burkina Faso (dont les résultats ne sont pas présentés ici) puis mis en œuvre sur les 3080 ha de périmètres de Baguinéda Amont et Aval au Mali. Le présent article synthétise la démarche, les principaux résultats obtenus sur Baguinéda et les perspectives d’application à d’autres aménagements hydroagricoles.

# Méthodologie

## Présentation du site de Baguinéda

Les caractéristiques géographiques et administratives des périmètres de Baguinéda se présentent comme suit. Les périmètres – 3080 ha en maîtrise totale de l’eau – sont gérés par l’Office des Périmètres Irrigués de Baguinéda (OPIB), un Établissement Public à caractère Administratif (EPA) du Mali créé par la loi N° 98-/AN-RM du 19 Janvier 1998. Les coordonnées GPS du site sont : 7°46’30’’ Longitude Ouest et 12°37’45’’ Latitude Nord ([Rutabara 2017](#_ENREF_13), [Sandwidi 2017](#_ENREF_14)). Ce site est situé dans la commune rurale de Baguinéda-Camp, à 30 km au Sud Est de Bamako, la capitale du Mali en rive droite du fleuve Niger. La commune couvre 22 villages (***Figure 1***), avec une superficie d’environ 990 km². Elle est limitée au Nord par les communes de Tienfala et de Koulikoro, au Sud par les communes de Mountougoula et de N’Goubara, à l’Est par la commune rurale de Binko et à l’Ouest par la commune de Kalaban-Coro et la commune VI du district de Bamako.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

***Figure 1****: Localisation de la zone d’étude*

Baguinéda est un exemple remarquable de multiplicité ethnique agrégée par l’agriculture. La population de la commune rurale de Baguinéda-Camp est constituée de plusieurs groupes ethniques. Selon le recensement administratif à caractère électoral (RACE) de 2001, elle est estimée à 26 995 habitants répartis entre 13 863 hommes et 13 127 femmes. Les différents groupes ethniques de la commune sont composés de Bambara (ethnie dominante), Peulhs, Bobos, Sénoufos, Miniankas et quelques Bozos venus de la région de Mopti. La langue couramment utilisée est le Bambara ([PROMISAM and USAID-Mali 2008](#_ENREF_12)). L’activité principale est une agriculture d’autant plus dynamique que le site est à seulement 30 km de la grande agglomération de Bamako la capitale du Mali estimée à 1,8 millions d’habitants en 2009.

## Le matériel de mesure

### Les mesures physiques

Les mesures physiques retenues dans cette étude ont porté essentiellement sur la topographie et la géométrie des drains. Le *GPS, associé à un kit de mesure topographique simple* – un trépied laser, deux éléments de mire de 1 m chacun et un ruban de 30 ou 50 m de long – a été utilisé pour mesurer les dimensions et localiser les drains dans l’espace géographique. Disposer des dimensions actuelles des drains permet – par comparaison aux dimensions originelles – de discuter de i) leurs *fonctions actuelles* *ou passées*, qu’elles soient pour l’évacuation des eaux, pour le stockage ou pour la régulation du niveau de la nappe, ii) l’origine des changements de dimensions et de leurs relations aux questions de capacité d’entretien par les exploitants, iii) la disponibilité de leurs caractéristiques pour une programmation de futurs travaux d’entretien.

Les mesures physiques ont également porté sur les propriétés hydrauliques des sols. Le *GPS associé à un infiltromètre double anneaux[[1]](#footnote-1)* (Boivin 1990) a été mis en œuvre pour mesurer la vitesse d’infiltration instantanée et la perméabilité dans des parcelles rapportées par les exploitants et les cadres de l’OPIB comme ayant des *sols filtrants*. A partir d’un procédé aléatoire de sélection de la localisation des sites, 25 points ont fait l’objet de mesure à Baguinéda amont (secteurs 1 et 2), 8 points à Baguinéda Aval (secteurs 3 et 4). L’intérêt porté sur les sols filtrants devait servir à interpréter les données relatives à *l’engorgement* (voir ci-dessous QTE1) et à *l’équité dans la distribution de l’eau* (QTE4).

### Les mesures « d’intensité » d’opinion

Un questionnaire et un outil innovant ont été mis en œuvre pour mesurer l’opinion et formater les données pour leur analyse statistique. Pour renseigner l’importance relative des facteurs influençant la perception de l’agriculteur et expliquer son degré d’implication dans les travaux de maintenance des drains, un questionnaire « Fermé Codé et Scoré (QFCS) » ([Keïta 2017](#_ENREF_5)) - incluant la prise en compte des commentaires ou observations faites lors de l’entretien – a été mis en oeuvre. Par ailleurs, pour pallier aux difficultés d’utilisation du «scoring  » numérique dans des milieux paysans faiblement alphabétisés, on a utilisé le *WASO[[2]](#footnote-2)*, un outil de mesure d’intensité d’opinion développé par A. Keita (2016). Cet outil permet aux agriculteurs d’affecter un score aux réponses anticipées d’un questionnaire proposé. Le WASO est une innovation inspiré simultanément de l’AWALE traditionnel Africain et du boulier traditionnel Japonais appelé SOROBAN ([Rutabara 2017](#_ENREF_13)). Du fait de sa configuration qui ressemble à deux AWALE accolés, les paysans se l’approprient presque immédiatement, créant des conditions favorisant la communication ([Sandwidi 2017](#_ENREF_14)). Les données issues des colonnes du WASO (***Figure 2***) correspondent à des échantillons indépendants, se prêtant aisément à l’analyse des variances (ANOVA) en vue de comparer ou hiérarchiser les opinions issues des enquêtes.

|  |
| --- |
| Ce paysan attribue une note de 01/20 au riz. Ce qui signifie que cette culture est moins sensible à l’engorgement même si  les drains ne sont pas fonctionnels. Par contre, il attribue une note de 20/20 à la tomate. Ainsi, pour lui la tomate  est une culture qui nécessite un réseau de drainage opérationnel et encourage à l’entretien des drains. |

**Figure 2**: Évaluation par le WASO du facteur incitatif « type de culture supportant mal l’engorgement/inondation»

## Les protocoles de mesure

### Le questionnaire et les enquêtes

Pour cerner le point de vue des paysans et des partenaires sur la question d’entretien du réseau de drainage, 9 thèmes associés à 15 réponses anticipées jugées avoir une forte connexion avec la problématique ont été élaborés. Ces thèmes sont en fait des hypothèses sur ce qui pourrait constituer des entraves à l’entretien du réseau de drainage sur les périmètres irrigués. Ils devaient être confirmés ou infirmés par les enquêtes. Une première liste de thèmes fût d’abord construite par interaction entre les experts en irrigation au sein de trois institutions : 2iE, CIRAD et IRSTEA. Ces thèmes ont été soumis à un pré-test impliquant 15 agriculteurs sur le périmètre irrigué rizicole de Tiéfora au Burkina Faso. Ils furent ensuite présentés, discutés et reformulés avec les cadres de l’OPIB et quelques agriculteurs à Baguinéda au Mali pour aboutir à la liste illustrée par la ***Figure 3***.



|  |
| --- |
| Le diagramme est utilisé pour aider à l’identification des thèmes d’enquête influant sur la question du mauvais entretien des drains. D’abord établi à « dire d’expert » il a ensuite été avec discuté et amendé à partir d’un pré-test du questionnaire construit sur la base de ces thèmes. Ce pré-test a été effectué à Tiéfora au Burkina Faso. |

**Figure 3** : Diagramme Arrêtes-de-poisson des thèmes d’enquête de Baguinéda

Fondées sur une anticipation de leur important potentiel à susciter des réponses claires de la part des exploitants, plusieurs questions de thèmes d’enquête ont été élaborées, chacune étant construite de manière à inciter une confirmation/infirmation des thèmes d’enquêtes. Les 15 questions de thème d’enquête (QTE) – avec un code rattachant chacune à un thème d’enquête – sont illustrées ci-dessous :

|  |  |
| --- | --- |
| 1. *Quel type de culture peut vous inciter à mieux entretenir les drains ? (QTE1.1)* 2. *Pour quel type de culture l'engorgement ou l'inondation du sol vous pose un problème ? ((QTE1.2)* 3. *Quel rendement du riz serait encourageant pour le nettoyage des drains ? (QTE2.1)* 4. *Quel rendement du maïs serait encourageant pour le nettoyage des drains ? (QTE2.2)* 5. *Quel rendement d’oignon serait encourageant pour le nettoyage des drains ? (QTE2.3)* 6. *Quel rendement de tomate serait encourageant pour le nettoyage des drains ?(QTE2.4)* 7. *Quel rendement de choux serait encourageant pour le nettoyage des drains ? (QTE2.5)* |  |
| 1. *Quel type de kit d'entretien vous semble approprié pour l'entretien de vos drains ? (QTE3)* 2. *Pensez-vous que le fait que vous ne receviez pas l'eau au bon moment et en quantité suffisante vous décourage à l'entretien des drains ? (QTE4)* 3. *Quelle taille d’exploitation à vous attribuer serait la plus motivante pour l'entretien de vos drains ? (QTE5.1)* 4. *Pensez-vous que le problème de fer contribue à la réduction de votre rendement ? Si oui, comment est-ce qu’il impact votre rendement ? (QTE6)* 5. *Parmi les problèmes ci-dessous, lesquels vous démotivent pour l’entretien des drains ?(QTE7.1)* 6. *Parmi les solutions ci-dessous, lesquelles vous trouvez appropriées au problème de l’entretien des drains ? (QTE7.2)* 7. *Quel thème de formation vous semble utile pour vous aider efficacement à entretenir les drains ? (QTE8)* 8. *Quel est selon vous le facteur le plus important qui vous inciterait à l'entretient de vos drains ? (QTE9)* | |

Ce sont ces 15 questions qui ont été posées à chacun des 95 exploitants (47 à l’amont et 48 à l’aval) des deux échantillons issus des 3603 exploitants couvrant 3080 ha en maîtrise totale de l’eau de Baguinéda.

### L’échantillonnage

L’échantillonnage a distingué dans la population d’exploitants 4 strates pour mener les enquêtes et mesures. La base de sondage existante à l’OPIB fournit quatre types d’information : i) le statut des paysans (paysan ordinaire ou responsable), ii) le canal secondaire d’irrigation desservant chaque parcelle et iii) la localisation de chaque paysan (village). et iv) les zones fréquemment inondées et celles plus rarement inondées. Ces informations ont été exploitées pour constituer les différentes strates. Le facteur statut du paysan a permis de diviser la population en deux strates : les paysans ordinaires (PO) et les paysans responsables (PR). Les données concernant l’inondation ont permis de constituer deux autres states : les zones a faible risque d’inondation (ZFRI) et les zones à risque élevé d’inondation (ZREI). Par la suite, un sondage stratifié proportionnel ([Statistique Canada 2003](#_ENREF_17)) a été appliqué aux 3603 exploitants de Baguinéda pour générer les données de cette étude. Deux échantillons ont été retenus : 47 exploitants pour Baguinéda Amont et 48 pour Baguinéda Aval. Par ailleurs, 6 cadres de l’OPIB ont fait l’objet d’enquêtes, constituant un 3ième échantillon.

### L’analyse des données

Pour déterminer les points de convergence d’opinions sur les différentes questions soumises à l’évaluation, des modèles statistiques rigoureux ont été appliqués. Ainsi, lorsque les échantillons de données – réponses à comparer issues du WASO – ont présenté des distributions *normales, à variances égales avec des observations indépendantes* ([Mathews 2005](#_ENREF_10)), l’*ANOVA* suivie du *Tukey*-*Test* a été appliquée pour évaluer la signification des résultats. Par contre, lorsque une des conditions précédentes de normalité n’étaient pas satisfaites mais que les échantillons ont été évalués comme présentant des *distributions similaires* (pas normale), *de variances similaires*, *et indépendantes*, la méthode non-paramétrique de *Kruskal-Wallis* suivit du *Mann-Whitney* ont été appliquées ([Boslaugh and Watters 2008](#_ENREF_3)).

Plusieurs logiciels de calcul ont été utilisés selon la nature des données collectées. Ainsi, toutes les données ayant un attribut spatial – les mesures d’infiltration, les surfaces parcellaires, les noms des exploitants enquêtés, les dimensions et localisations des drains – ont été géoréférencées et traitées sous Excel 2010, AutoCAD 14 et ArcVIEW 3.3a. Les données issues des mesures d’infiltration ont été ajustées à une courbe exponentielle de désintégration ([Keïta et al. 2014](#_ENREF_8)) en utilisant le logiciel de statistique GraphPad Prism 7. L’essentiel des calculs statistiques a été effectué sous le logiciel Minitab 17 ([Mathews 2005](#_ENREF_10)). Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

# Résultats et discussions de l’étude de cas de Baguinéda

## De nouvelles fonctions attribuées aux drains par les exploitants

Lors des enquêtes, 100% des exploitants ont reconnu que la fonction première des drains est d’évacuer le surplus d’eau hors du périmètre et d’intercepter les eaux sauvages. Cependant, d’autres fonctions, qui ont été confirmées suite à une visite sur le périmètre, ont été mises en évidence par l’enquête. Ces différentes fonctions sont : i) 25% des enquêtés estiment légitime une utilisation des drains pour irriguer dans les parcelles *éloignées* des prises secondaires où les *débits sont insuffisants*, et les zones avec *problème de calage des canaux d’irrigation  tertiaires* (***Figure 4***); ii) 21% des enquêtés pensent qu’il est approprié de barrer pour *réduire les percolations* dans la parcelle sur terrain filtrant. ; iii) ou favoriser la *pisciculture*, idée défendue par 19% des enquêtés.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Barrage  Puits dans les drains |  |  |

***Figure 4****: Pratiques développées dans les drains par les paysans pour trouver de l’eau*

## Un élargissement des drains induit par l’érosion compliquant leur entretien

Les mesures effectuées sur les drains dont l’entretien relève des exploitants révèlent des *changements de sections considérables,* qui ne sont pas uniquement imputables à un défaut d’entretien. Un échantillon de drains – six tertiaires et un secondaire, drainant les parcelles des exploitants enquêtés – a fait l’objet d’investigations. En règle générale, les sections – déjà surdimensionnées à l’origine ([SEE 2014](#_ENREF_15)) – ont significativement augmenté. Par exemple, alors que les drains tertiaires (3 drains investigués à Baguinéda Aval) avaient initialement pour dimension une largeur au miroir B = 1,9m , largeur au plafond b = 0,30 m et tirant d’eau h = 0,80 m, les dimensions moyennes mesurées sur 8 tronçons sont *actuellement*  B moyen = 5,15±0,31m, b moyen = 2,00±0,87m et h moyen = 0,82±0,11m. La cause serait liée à l’effet de l’érosion et des glissements de terre en cas de forte pluie, les drains et talus en terre n’étant pas protégés.

## Des zones mal drainées dont l’engorgement pourrait expliquer des phénomènes de toxicité ferreuses limitant les rendements en riz

Les résultats de l’enquête tendent à attribuer à la toxicité ferreuse une *importante limitation des rendements en riz*  à Baguinéda. Les symptômes caractéristiques de la toxicité ferreuse tels que la résurgence de *fer ferreux bleuâtre* devenant *ferrique brunâtre* (***Figure 5***) et le brunissement des feuilles du riz ([Becker and Asch 2005](#_ENREF_2), [Keïta 2015](#_ENREF_4)) sont visibles sur quelques parcelles. A Baguinéda aval, 17 paysans sur les 48 enquêtés, soient 35%, ont remarqué ces symptômes de la toxicité ferreuse sur leur parcelle. En moyenne, ils estiment une réduction consécutive de rendement de 55 ±10,10%  (***Figure 6****).* Des résultats similaires sont mis en évidence à Baguinéda amont, avec une réduction de rendement estimé à 40.56 ± 6%. Ces chiffres sont en accord avec les estimations de Africa Rice ([WARDA 2006](#_ENREF_19)) qui évalue l’impact de la toxicité ferreuse sur le rendement du riz à une réduction considérable d’environ 40%, dans les bas-fonds rizicoles intertropicales d’Afrique. La superficie totale affectée à Baguinéda – en se fondant sur les proportions de superficies de l’échantillon – est de 1013 ha, soit le tiers du périmètre. Le problème semble plus grave à Baguinéda Aval, avec 625 ha affectés (secteur 3 et 4). Cette toxicité se développe en cas d’insuffisance de drainage provoquant des conditions d’engorgement en eau du sol favorisant sa réduction en fer ferreux (Fe2+). La lutte contre la toxicité ferreuse passe essentiellement par l’entretien du réseau de drainage de sorte à assurer son bon fonctionnement et l’apport d’amendements calcaires ([Keïta et al. 2013a](#_ENREF_6)). Un engrais à base de chaux présentement en pleine promotion au Mali pourrait grandement aider à résoudre ce problème.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\USER\Pictures\photo_baguinéda\20160801_140119.jpg  **Figure 5**: Affleurement de symptômes de toxicité ferreuse au canal secondaire CSB6 | |  | | --- | | L’impact moyen pondéré de ces 14 taux de réduction est de 55,36±10,10% ; ce qui est proche de la valeur de Audebert. La superficie totale des parcelles des paysans ayant constaté des symptômes de toxicité ferreuse sur leur parcelle est de 21,39 ha sur les 59,35 ha de l’échantillon des 48 paysans. En extrapolant ces valeurs sur les 1733 ha de la zone, la superficie totale affectée serait de 625 ha |   **Figure 6** : Estimation de la chute de rendement du riz liée à la toxicité ferreuse |

## Quand pallier aux insuffisances du réseau l’emporte sur le respect du tour d’eau

Le traitement des données issues du WASO montrent que « quantité *d’eau suffisante »* et « *respect du tour d’eau »* sont deux importants facteurs de motivation à l’entretien des drains dont les intensités d’opinion sont nettement hiérarchisées. Le test de Mann-Witney (***Tableau 1***) montre que l’insatisfaction des paysans concerne en premier lieu l’insuffisance de l’eau (p < 5%). Beaucoup d’exploitants soulignent que l’insuffisance d’eau *entraîne* le non-respect du tour d’eau, créant ainsi des inégalités source de conflits entre paysans. Cette insatisfaction des paysans est non seulement à la base de mauvaises pratiques telles que les barrages en sacs érigés dans les drains et les canaux d’irrigation, mais aussi des puits creusés dans les parcelles ainsi que dans les drains. Un contexte du même type est décrite dans une étude menée à l’Office du Niger ([Vandersypen et al. 2006](#_ENREF_18)) où de telles stratégies individualistes conduisent à des problèmes de distribution de l’eau et d’entretien des drains. Les mêmes auteurs ajoutent que l’inefficacité de la pression sociale et l’adoption incomplète d’une mentalité de responsabilité collective sont des obstacles à une organisation solide de la gestion de l’eau.

Tableau 1: Test de Mann-Whitney du QTE4 des strates PO et PR

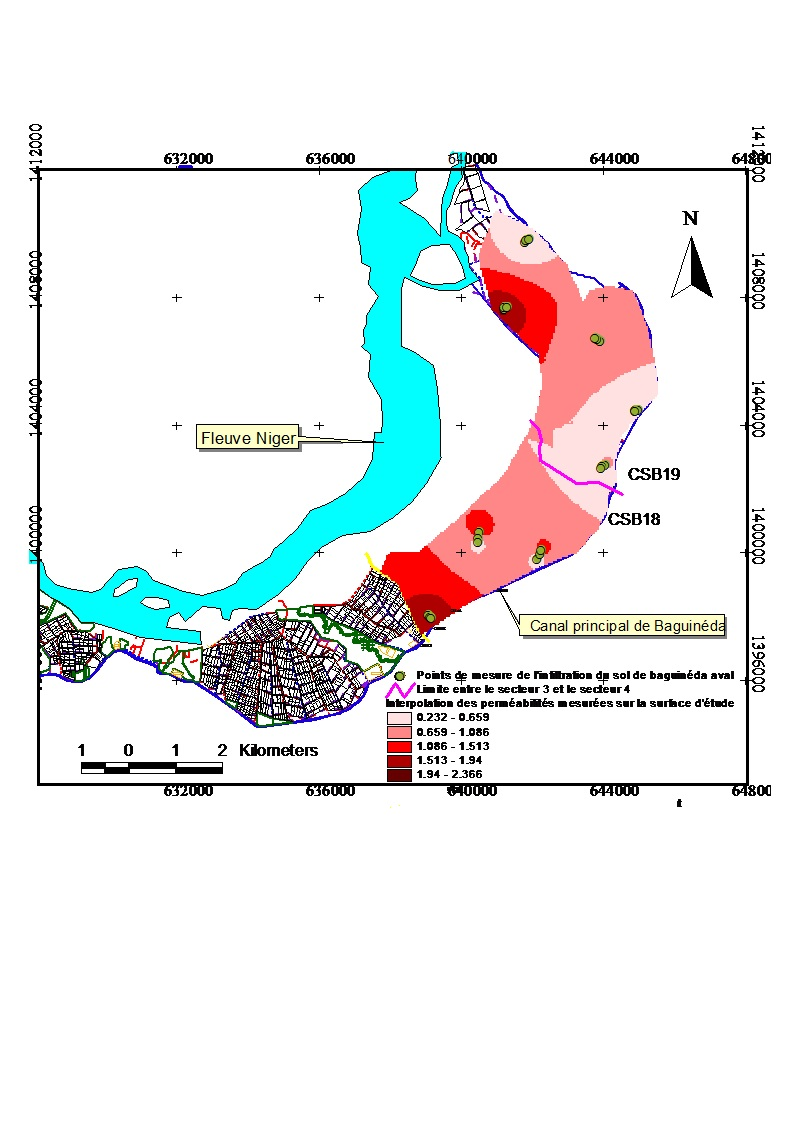
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Mode de gestion de l’eau[[3]](#footnote-3) | N | Médiane |
| Quantité d’eau suffisante | 48 | η1 = 20,0 |
| Tour d’eau respecté | 48 | η2 = 16,0 |
| Le test de η1 = η2 vs η1 ≠ η2 est significatif à p-value = 0.00 | | |

|  |
| --- |
| Les deux modes de gestion sont significativement différents (p-value = 0,00 < α = 0,05). Au total 48 paysans  ont été interrogés et 96 réponses ont été évaluées avec le WASO pour cette question à Baguinéda Aval. |

D’autres raisons importantes peuvent être invoquées pour expliquer la pénurie d’eau. La tarification de la redevance eau à l’OPIB se fait à l’unité de surface et non du volume consommé. Il semble que cela entraîne une surconsommation de l’eau alors que la ressource en eau est limitée par les besoins de la centrale hydroélectrique d’EDM. Cette situation risque encore d’empirer avec le projet d’installation d’une nouvelle centrale hydroélectrique un peu plus en aval de la première dont l’installation entraînera également l’éviction d’exploitants des secteurs 1 et 2.

## De fortes pertes par percolation à la parcelle ne motivant pas les agriculteurs à l’entretien des drains

Si le manque d’eau qui induit le non-respect du tour d’eau est dû en partie au manque d’entretien des rigoles d’irrigation, il ressort des enquêtes et mesures que d’importantes percolations sont également en cause (Ghazouani et al. 2007). A Baguinéda aval, 10 % des PO estiment que l’infiltration du sol de leur parcelle est trop élevée. Les pertes par percolation qui en résultent seraient selon eux une cause évidente du manque d’eau. A Baguinéda amont la perméabilité mesurée est de 44.33 ± 20.13 mm/j, tandis qu’elle s’élève à Baguinéda aval à de 22,13 ± 6.87 mm/j (***Figure 7***).



|  |
| --- |
| Dans la zone Baguinéda aval pour les parcelles objet d’enquête, la perméabilité moyenne est : 0,92±0,29 mm/h, soient 22,13 ± 6.87mm/j. |

Figure 7 : Interpolation des mesures de perméabilité du sol de Baguinéda aval(mm/h)

Alors que la plupart des périmètres rizicoles de la zone sont dimensionnés sur la base de 2 à 4 mm/j ([Keïta et al. 2014](#_ENREF_8)), les valeurs élevées de perméabilité mesurées corroborent le constat de fortes pertes par percolation fait par les paysans. Ces fortes pertes par percolation amènent les paysans à non seulement sur-irriguer leurs parcelles, ce qui a pour conséquence le non-respect du tour d’eau, mais aussi à limiter le drainage des parcelles par les drains en y maintenant un niveau d’eau élevé par (i) leur non entretien et (ii) si nécessaire la construction d’obstacles bloquant l’écoulement de l’eau dans les drains.

Il existe pourtant des solutions efficaces et plus durables à la réduction de ces pertes. On peut citer parmi les solutions visant à réduire la perméabilité des sols: i) l’apport d’argile, ii) l’incorporation de la fumure organique – souvent moins disponible cependant si l’élevage n’est pas intensifiée , iii) les amendements calcaires combattant en même temps la toxicité ferreuse du riz ([Keïta et al. 2014](#_ENREF_8)). Par ailleurs, la pratique de la mise en boue est une option très souvent utilisée dans la mesure où sa pratique systématique conduit à la création d’une zone compactée en dessous de la zone travaillée qui limite les pertes par percolation. Un autre type de solution concerne la réduction de la drainabilité du système par la gestion du niveau de l’eau dans les drains de sorte qu’elle permette à la fois de diminuer les pertes due au drainage tout en permettant des à secs temporaires visant à lutter contre la toxicité ferreuse ; elle suppose des ouvrages de régulation sur les drains du type de ceux qui équipent le périmètre de Sélingué (Mali).

## Un contexte organisationnel peu incitatif à l’entretien des drains

L’analyse des résultats de l’enquête concernant les problèmes qui n’incitent pas à l’entretien des drains montre sans ambiguïté que c’est d’abord le manque de coordination, puis dans une moindre mesure le manque d’équipement adéquat qui sont les deux obstacles majeurs (***Tableau 2*** *et* ***Figure 8***). *Le manque de coordination* mis en avant par les agriculteurs est cohérent avec le fait que le drain étant un ouvrage collectif, son entretien doit être collectif. Ce constat est conforme aux observations faites par des études antérieures. Selon Barbier et al. ([2011](#_ENREF_1)), le manque d’expérience des irrigants en matière d’organisation des groupements d’irrigation, de distribution de l’eau et d’entretien des infrastructures, tel que les infrastructures de drainage, reste un frein important. Vandersypen et al. ([2006](#_ENREF_18)) ajoutent que l’absence d’une bonne coordination sur la partie tertiaire du réseau aboutit à une négligence de l’entretien. Le *manque d’équipements adéquats* est mesuré comme tout aussi démotivant à l’entretien des drains. Les exploitants estiment que les drains tertiaires sont de grande taille, et qu’il faudrait des équipements appropriés pour s’engager dans leur nettoyage (***Figure 8***). Par contre, le *manque de main d’œuvre* n’est pas un frein à l’entretien des drains, car selon les agriculteurs enquêtés, « tout agriculteur en bonne santé, a toujours la capacité de travailler ».

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tableau 2: One-way ANOVA pour QTE 7.1   |  | | --- | | Source DF Adj SS Adj MS F-Value P-Value | | Factor 2 3465 1732.53 44.95 0.000  Error 141 5435 38.55  Total 143 8900 |  |  | | --- | | Les moyennes des scores attribuées aux 3 facteurs – manque de main d’œuvre, manque d’équipement et manque de coordination – sont significativement différentes (p<5%). | | |  | | --- | | Le manque de coordination et le manque d’équipement sont perçus comme les facteurs clés formant obstacle à l’entretien des drains. |   Figure 8 : Parmi les problèmes ci-dessus, lesquels vous démotivent pour l’entretien des drains (QTE7.1) |

## Les thèmes de formation les plus appropriées

Concernant les besoins de formation abordés par les deux thèmes de formation « à l’utilisation des équipements d’entretien » et « à l’organisation des travaux d’entretien », le second est perçu par les agriculteurs comme *le plus utile* (***Tableau 3***). Selon les observations des exploitants, le « savoir organiser » est très important dans toute activité dans la mesure où il permet de mieux organiser le travail à savoir, déterminer le matériel à utiliser et programmer les différentes étapes de l’entretien.

**Tableau 3** : Test de Mann-Whitney du QTE8 des strates PO et PR

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Thèmes de formation | N | Médiane |
| Formation sur les petits équipements d’entretien | 48 | η1 = 16,0 |
| Formation sur l’organisation de l’entretien. | 48 | η2 = 20,0 |
| Le test de η1 = η2 vs η1 ≠ η2 est significatif à p-value = 0.00 | | |

|  |
| --- |
| Les médianes des deux thèmes de formation sont significativement différentes (p-value = 0,00 < α = 0,05).  Au total 48 paysans ont été interrogés et 96 RQTE ont été évaluées avec le WASO pour cette question. |

## Confrontation des résultats de l’enquête paysanne avec la perception des cadres de l’OPIB

Afin d’identifier dans quelle mesure il existe une vision de la problématique de l’entretien du réseau de drainage qui soit partagée par les paysans et cadres de l’OPIB, les données recueillies auprès des premiers ont été discutées avec 6 cadres de l’OPIB. Ces cadres étaient pour moitié des agronomes, plus portés sur les liens types de cultures/entretien du réseau drainage et pour l’autre moitié, des agents de l’eau et des infrastructures, essentiellement concernés par les questions de gestion de l’eau. Ces entretiens, qui n’ont pas pour but de « valider » les opinions librement exprimées par les exploitants, ont visé à faire émerger des axes d’opération prioritaires auxquels adhéreraient exploitants et cadre de l’OPIB.

Ces discussions ont révélé une vision commune des agriculteurs et des cadres de l’OPIB sur 3 des 7 thèmes d’enquêtes : (i) *«  manque d’eau »* (ii) *« le manque de coordination »* et (iii*) « non incidence du type de culture sur la motivation à entretenir les drains ».*

Concernant le *« manque d’eau »*, la vision des cadres de l’OPIB et des enquêtes concordent sur les causes et les conséquences sur l’entretien du réseau de drainage. Le manque d’eau s’explique essentiellement par deux raisons : i) pour beaucoup, par la présence de sols filtrants, mais aussi, ii) pour les autres, par le manque de respect du tour d’eau. Ce manque d’eau non seulement ne motive pas à l’entretien des drains par le paysan, mais incite un nombre important d’entre eux à construire des « structures » (puits, digues…) pour bloquer l’eau et l’utiliser pour approvisionner leurs parcelles.

Pour ce qui est du « *manque de coordination »* pour organiser l’entretien du réseau de drainage, les opinions des cadres de l’OPIB et les résultats de l’enquête convergent également. Si les exploitants évoquent pour cela d’abord la nécessité d’une formation à l’organisation des travaux et à leur réalisation, les techniciens suggèrent que la mise en œuvre de ces opérations devrait s’effectuer sous la responsabilité de la direction générale de l’OPIB. Apparemment *l’implication d’une autorité* pour aplanir les désaccords inter-paysans est *aussi critique* que la formation pour la réussite des opérations d’entretien.

Le troisième point de convergence OPIB/exploitants concerne le fait que «*le type de culture n’a pas vraiment d’incidence sur la motivation à entretenir les drains* ». Il est conforté par les cadres de l’OPIB, qui rappellent que les drains ne sont pas entretenus en dépit du fait que le *riz est la culture qui incite plus à l’entretien des drains (réglage lame d’eau optimum, à sec pour lutter contre la toxicité ferreuse ...)*. Ils imputent cette situation au fait que le riz étant la culture la moins sensible à l’inondation, le paysan est donc tenté de penser que sa production n’est pas menacée, même en cas d’inondation due à un dysfonctionnement du réseau de drainage. En conséquence, *le riz est plutôt un obstacle* à l’entretien des drains. L’idée est avancée que la promotion d’une diversification des cultures économique plus attractive pourrait être une motivation à l’entretien de drains.

Les avis OPIB/exploitants divergent fortement concernant l’incidence d’un « *rendement élevé* », de l’importance de la *« bonne gestion de l’eau d’irrigation* » et de « *taille* *l’exploitation paysanne* » sur l’entretien des réseaux de drainage. Les opinions entre les cadres de l’OPIB eux-mêmes *restent partagées.*  Pour les acteurs impliqués dans la gestion du drainage l’incidence de ces thèmes sur l’incitation à l’entretien des drains n’est pas claire. Dans la mesure où l’objectif de la démarche est d’identifier des points de consensus, porte d’entrée pour les opérations de réformes à fort potentiel d’adhésion des acteurs, il y a tout lieu de penser que ces thèmes pourraient être supprimés du questionnaire.

# Leçons sur la méthodologie d’investigation

## Le WASO procure un moyen de priorisation objective des perceptions des acteurs

L’évaluation des questions en utilisant une *échelle commune* est une puissante base d’analyse rendue possible par l’usage de l’outil d’enquête WASO. La base commune est l’évaluation *sur 20* de l’opinion, qu’importe la réponse proposée à l’enquêté. Les notes ainsi recueillies s’échelonnant de 1 à 20. Elles se prêtent soit à une application de l’*ANOVA/Tukey Test* – si les échantillons de notes suivent une loi de *distribution normale* –, soit à une analyse de *Kruskal-Walis/MannWitney Test* quand la distribution n’est *pas normale*. Deux excellents exemples de cet usage – présentés plus haut – sont offerts par i) la priorisation entre « *le manque d’eau* » et le « *respect du tour d’eau* », ou ii) celle entre la « *Formation sur l’organisation de l’entretien* » et celle de la « *Formation sur les petits équipements d’entretien* ». Dans les deux cas, la première option est apparue *significativement* la plus cruciale du point de vue agriculteur.

## Eviter des questions qui appellent des réponses polarisées

La *polarisation* rend difficile, parfois impossible, la priorisation des opinions exprimées. Par exemple, si toutes les réponses sont 19 ou 20, la plage des données est trop faible pour différencier les quartiles, la moyenne et la médiane. La variance devient trop faible. La possibilité de noter sur le WASO entre 1 et 20 réduit ce risque mais ne l’annule pas. Il faut que la réponse anticipée proposée possède un fort potentiel de différentiation. Pour répondre à la question *Quel rendement du riz serait encourageant pour le nettoyage des drains ?( QTE2.1)*, un ensemble de réponses anticipées du genre *3t/ha, 5 t/ha ou 10 t/ha* entraîne logiquement une *polarisation* des scores autour de 20/20 pour les *10 t/ha*. On pouvait anticiper cela car chacun préférerait maximiser son rendement, sans que *ne soit avéré le lien avec la volonté d’entretenir les drains*. Il serait par conséquent difficile de comparer l’échantillon ainsi recueilli avec une variance presque nulle avec celle issues des notes concernant 3 t/ha ou 5t/ha, qui auraient une plage de variation plus importante.

## Les questions doivent être liées à la problématique aussi spécifiquement que possible

Pour obtenir des réponses facilement interprétables, il faut veiller à ce que les questions et les réponses anticipées soient connectées sans ambigüité à la problématique de l’entretien des réseaux de drainage. Cette observation s’étend à l’application de la procédure WASO/Questionnaire scoré et codé en toute situation. On a du mal par exemple à faire le lien entre  *Rendement élevé*  et motivation à entretenir les drains. Les enquêtes menées ne montrent pas ce lien, elles indiquent simplement que les exploitants considèrent que le rendement élevé est un motif de satisfaction général, y compris la disposition à entretenir les drains. Cependant, les observations à Baguinéda ne reflètent pas que les agriculteurs qui obtiennent les plus grands rendements sont ceux qui entretiennent le mieux leurs drains.

Il est capital de construire un questionnaire orienté clairement vers une résolution opérationnelle du mauvais entretien des réseaux de drainage. En se fondant sur les études menées à Tiéfora et surtout à Baguinéda, il apparaît que les thèmes d’enquête et les réponses anticipées peuvent être associés de façon très visibles à *trois types de processus* dans lesquels l’opinion de l’exploitant sera mesurée. D’abord, la perception de l’exploitant concernant la *fonction* des drains. Ensuite, l’avis de l’exploitant sur la *conséquence* du manque d’entretien des drains pour sa parcelle et ses cultures. Finalement, son opinion concernant les *solutions possibles* pour résoudre la question du manque d’entretien des drains. Une telle approche permet de cerner non seulement les obstacles, mais aussi les solutions ayant un fort potentiel d’adhésion des acteurs. C’est sur cette articulation que s’orientent désormais les perspectives d’application de la méthodologie (voir section perspective ci-dessous)

# Conclusion et recommandation du cas d’étude Baguinéda

## Conclusion

On peut retenir de la présente étude que deux séries de résultats importants ont été atteints.

D’abord, il s’agissait d’identifier par une démarche scientifique rigoureuse les propositions des exploitants de Baguinéda pour résoudre la question de l’entretien du réseau de drainage. Quatre types de propositions partagées par les cadres de l’OPIB suggèrent que ; (i) l’entretien du réseau de drainage est étroitement dépendant de la résolution des problèmes de *manque d’eau et de la toxicité ferreuse,* (ii) les activités d’entretien du réseau doivent être *coordonnées* par une *autorité* autre que l’organisation paysanne, et cette entité doit être l’OPIB, (iii) leur mise en oeuvre nécessite une *formation à l’organisation* des travaux d’entretien et (iv) un processus de dotation en *équipements adéquats* d’entretien.

Les études menées au Burkina Faso lors du pré-test et au Mali par la suite ont permis de disposer d’une *méthodologie générique* – associant des mesures physiques et d’opinions à une analyse statistique approfondie – pour cerner de façon rigoureuse la perception des paysans et de leurs partenaires quant à la façon d’aborder la question d’entretien des réseaux de drainage. En déployant cette *méthodologie générique* sur des aménagements de typologies variées en Afrique de l’Ouest, de vastes programmes d’entretiens pourraient être initiés pour renforcer la durabilité des aménagements hydroagricoles.

## Propositions pour les futures investigations

La disponibilité d’une méthodologie générique [[4]](#footnote-4) – combinant à la fois des mesures physiques et d’opinions avec un paquet de traitements statistiques – qui peut être appliquée à la question d’entretien des réseaux de drainage est d’une importance primordiale. L’entretien des systèmes de drainage est une question récurrente dans les périmètres aménagés d’Afrique de l’Ouest. Plusieurs facteurs peuvent rendre difficile l’élucidation des causes qui sous-tendent cette problématique. D’abord les modes de gestion sont multiples : i) organismes parapublics en charge des ouvrages d’ordres supérieurs comme Bagré, AMVS au Burkina Faso; OPIB, ON au Mali; ONAHA au Niger ; ii) organisations d’usagers ou groupements paysans ; etc. Ensuite, les tailles des aménagements et les types de système d’irrigation peuvent considérablement varier d’un endroit à un autre. En dépit de cette diversité de facteurs, la méthodologie proposée ici permet de déterminer avec rigueur les solutions opérationnelles avec un haut potentiel d’adhésion des principaux acteurs que sont les exploitants et les gestionnaires du système.

Pour pouvoir proposer des opérations analogues – en fait des programmes d’amélioration des réseaux de drainage – dans un certain nombre de pays de l’Afrique de l’Ouest, il est capital d’appliquer la méthodologie avec les améliorations découlant de son application à Tiéfora (Burkina Faso) et Baguinéda (Mali). Ces améliorations amènent à proposer les thèmes et réponses anticipées suivants pour les futures études :

1. La **fonction** des drains est :
   1. Servir de palliatif au manque d’eau
   2. Éviter l’inondation des parcelles ;
   3. Améliorer les conditions de travail durant le repiquage;
   4. Améliorer l’effet de l’engrais sur les cultures ;
   5. Autre
2. Le manque d’entretien des drains a pour **conséquence** pour ma parcelle
   1. Une réduction pénalisante de mon rendement de culture (préciser la culture)
   2. L’attaque des sols par la salinité[[5]](#footnote-5)
   3. Le développement sensible de la toxicité ferreuse[[6]](#footnote-6)
   4. L’infestation des cultures
   5. La destruction de la récolte en cas de grosses pluies
   6. L’amélioration du tour d’irrigation (préciser où[[7]](#footnote-7))
   7. Autre
3. Le manque d’entretien des drains (secondaires et tertiaires) serait **solutionné** si :
   1. On confiait tout à l’organisation qui gère le périmètre (e.g. SAGI[[8]](#footnote-8))
   2. L’on procédait par contrat de maintenance (CM) avec une entreprise
   3. Nous les exploitants bénéficiions d’une formation sur le travail d’équipe relatif au drainage
   4. Nous les exploitants bénéficiions d’un appui à la coordination par une entité externe (e.g. SAGI)
   5. Chacun de nous était doté du matériel approprié pour cela (Kit2, Kit3 ?)
   6. On mettait davantage priorité sur les cultures maraîchères que le riz
   7. Ma parcelle avait une quantité d’eau suffisante (dire raison d’insuffisance : tour d’eau perturbé, sols trop filtrants[[9]](#footnote-9) etc.)
   8. On laissait les exploitants faire selon sa convenance
   9. Autre

Le paquet matériel – partie intégrante de la méthodologie – qui procure le moyen de faire des mesures physiques et d’opinions *in situ* adaptées à une analyse statistique rigoureuse serait de disposer :

1. d’un WASO pour les mesures objectives d’intensité d’opinion des acteurs
2. d’un infiltromètre double anneau en PVC pour la mesure de la perméabilité
3. d’un conductivimètre pour les mesures de la salinité
4. d’un réflectomètre (ex. RQ-Flex Plus 10) pour la mesure de la concentration en fer ferreux du sol
5. d’un pH-mètre pour mesurer l’acidité des sols
6. d’un kit mini topo avec trépied à viseur laser
7. d’un GPS de terrain

Par ailleurs, l’expérience réussie à Tiéfora et Baguinéda, montre qu’il est judicieux d’impliquer sur chaque site *un binôme d’intervenants (i.e ’étudiants)* qui garantit, entre autres par son interaction, la rigueur dans les résultats.

# Références

Barbier B, Ouedraogo H, Dembélé Y, Yacouba H, Barry B, Jamin J-Y. 2011. L’agriculture irriguée dans le Sahel Ouest-Africain Cahiers Agricultures. 20(1):24-33.

Becker M, Asch F. 2005. Iron toxicity in rice - conditions and management concepts. J. Plant Nurti. Soil Sci. 168:558-573.

Boslaugh S, Watters PA. 2008. Statistics in a Nutshell. USA: OReilly. 478 p.

Keïta A. 2015. Subsurface drainage of valley bottom irrigated rice schemes in Tropical Savannah. Case studies of Tiéfora and Moussodougou in Burkina Faso. Delt, The Netherlands: CRC Press/Balkema. 224 p.

Keïta A. 2017. Design and Analysis of Experiments and Surveys - V1.7. Courses for MSc and PhD. Ouagadougou, Burkina Faso: International Institute for Water and Environmental Engineering (2iE).

Keïta A, Schultz B, Yacouba H, Hayde LG. 2013a. Clay and ferrous iron stratifications in a Tropical Savannah valley bottom soil under irrigated rice. Academia Journal of Agricultural Research. 1(11):204-210.

Keïta A, Yacouba H, Hayde LG, Schultz B. 2013b. A single-season irrigated rice soil presents higher iron toxicity risk in Tropical Savannah valley bottoms. Open Journal of Soil Science. 3:314-322.

Keïta A, Yacouba H, Hayde LG, Schultz B. 2014. Comparative non-linear regression - a case of infiltration rate increase from upstream in valley. International Agrophysics. 28:303-310.

Konukcu F, Gowing JW, Rose DA. 2006. Dry Drainage: A Sustainable Solution to Waterlogging and Salinity Problems in Irrigation Areas? Agricultural Water Management. 83(1):1-12.

Mathews PG. 2005. Design of experiments with Minitab. Wisconsin. USA: ASQ Quality Press. 521 p.

Prade K, Ottow JCG, Jacq VA, Malouf G, Loyer J-Y. 1990. Relationship between soil properties of rice flooded soils and iron toxicity in Low Casamance (Senegal). Litterature review of previous studies (French). Cahiers ORSTOM. XXV(4):453-474. French.

PROMISAM, USAID-Mali. 2008. Plan de Sécurité Alimentaire Commune Rurale de Baguinéda-Camp.

Rutabara H. 2017. La perception de l'entretien du réseau de drainage et sa solution selon les agriculteurs - Étude de cas de Baguinéda amont (OPIB / Mali). Master. Ouagadougou, Burkina Faso: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.

Sandwidi SA. 2017. La perception de l’entretien du réseau de drainage et sa solution selon les agriculteurs : Cas de Baguinéda aval (OPIB/Mali). Master. Ouagadougou, Burkina Faso: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.

SEE. 2014. Projet d’intensification du Périmètre Irrigué de Baguinéda- Etude d’actualisation, de recalibrage, de revêtement des canaux primaires de Baguinéda et la remise en état des ouvrages connexes.

Smedema LK, Walter JO. 1998. Needs and Prospects for Improved Drainage in Developing Countries. Irrigation and Drainage Systems. 12(4):359-69.

Statistique Canada. 2003. Méthodes et pratiques d’enquêtes.

Vandersypen K, Keita ACT, Kaloga K, Coulibaly Y, Raes D, Jamin JY. 2006. Sustainability of Farmers’ Organization of Water Management in the Office Du Niger Irrigation Scheme in Mali Irrigation and Drainage Systems. 55(1):51-60.

WARDA. 2006. Iron toxicity in rice-based systems in West Africa. Cotonou (Benin). 175 p.

1. Voir la confection et la mise en œuvre de cet outil – entre autres – sur : <https://youtu.be/duuVli2jBpQ> [↑](#footnote-ref-1)
2. Voir une présentation de cet équipement sur : <https://youtu.be/_DjS2kwvQX8> [↑](#footnote-ref-2)
3. Le WASO permet de faire évaluer indépendamment les deux hypothèses sur une échelle commune. [↑](#footnote-ref-3)
4. On pourrait l’appeler la « Méthodologie WASO-Drainage », si consensus [↑](#footnote-ref-4)
5. Associer des mesures in-situ de la salinité par *Conductivimètre* [↑](#footnote-ref-5)
6. Associer des mesures in situ du fer ferreux Fe2+ par *RQFlex Plus 10* et du pH  [↑](#footnote-ref-6)
7. Associer des mesures in situ de la position *GPS* pour traitement SIG [↑](#footnote-ref-7)
8. Société d’Aménagement et de Gestion de l’Irrigation [↑](#footnote-ref-8)
9. Associer une mesure in-situe de la perméabilité par la « méthode double anneaux de *Muntz* » [↑](#footnote-ref-9)