Geo-Eco-Trop., 2019, 43, 3, n.s.: 327-336

Numéro spécial

Gestion intégrée des petites retenues hydro-agricoles au Burkina Faso

Integrated management of small irrigation reservoirs in Burkina Faso

Eric HALLOT[1], Francis GUYON[2], Didier de THYSEBAERT[3] & Baba DIARRA GALLEY[4]

Résumé : Le développement d'outils opérationnels pour la protection des retenues d'eau d'irrigation est l'un des objectifs principaux du Programme d'Appui au Développement de l'Irrigation (PADI). Un dispositif de mesures des dépôts sédimentaires dans les cuvettes des retenues et une méthode d'estimation des apports sédimentaires à deux échelles d'analyses (berges des retenues et le bassin versant) ont été élaborés. Deux outils de planification et de gestion des ressources en eau des retenues (WEAP) et des risques de pertes en sols à l'échelle des bassins versants (RUSLE) ont été appliqués aux trois sites pilotes de l'étude. Tous ces outils et données collectées ont été mis à profit pour l'élaboration de plans de gestion des retenues et de leurs bassins versants à destination de l'ensemble des acteurs impliqués : services administratifs du secteur rural, agence de l'eau du Nakanbé, communes, comité local de l'eau, représentants des usagers.

Mots clés : Ressource en eau, sédimentation, plans de gestion, Burkina Faso

Abstract : The development of operational tools for the protection of irrigation water reservoirs is one of the main objectives of the Irrigation Development Support Program (PADI). A system for measuring sediment deposition in reservoir basins and a method for estimating sediment inputs at two analytical scales (reservoir banks and the watershed) have been developed. Two planning tools, water resource management (WEAP) and soil loss risk at the watershed scale (RUSLE) were applied to three pilot sites of the study. All these tools and collected data have been used to develop management plans for reservoirs and their catchment areas. Rural sector administrative services, the Nakanbé water agency, municipalities, local water committee and representatives of users were all involved in this project.

Keywords : Water resource, sedimentation, management plans, Burkina Faso

CONTEXTE

Soumis à des conditions climatiques particulièrement défavorables, le Burkina Faso a développé depuis de nombreuses années des stratégies faisant appel à la maîtrise de l'eau dans le but d'améliorer la productivité agricole. Le Burkina Faso compte un peu plus de 1500 petits barrages (CECCHI, 2007). Ils font l'objet d'une demande continue des populations rurales et bénéficient du soutien des décideurs nationaux et de l'attention des bailleurs de fonds. Ces retenues sont le support de multiples activités (riziculture, maraichage, pêche, abreuvement du bétail, activités artisanales comme la production de briques…) contribuant à la sécurité alimentaire et au développement des communautés rurales. Depuis 2003, le Burkina Faso a adopté une politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée en vue d'harmoniser et de structurer les actions de développement de l'irrigation. Le développement durable de l'agriculture irriguée impose d'assurer la protection des ouvrages d'irrigation (retenues et cuvettes d'eau) notamment par la limitation des apports sédimentaires. Ceux-ci entrainent une réduction de la quantité d'eau mobilisable pour les différents usages de ces ouvrages hydrauliques, participant à la naissance de conflits entre les différents usagers.
Le Burkina Faso est également confronté à une dynamique accélérée de dégradation des sols, de dégradation du couvert végétal et de déforestation, une aggravation de la situation de stress hydrique et l'érosion de son patrimoine en biodiversité par les fortes pressions sur les ressources et les milieux naturels (agriculture, élevage, activités minières…).

[1] CTG, Cellule Télédétection et Géodonnées, Institut Scientifique de Service Public (ISSeP), 4000 Liège, Belgique (e.hallot@issep.be)
[2] APEFE, Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (francis.guyon@gmail.com)
[3] DEMNA, Département de l'Etude du milieu naturel et agricole (didier.dethysebaert@spw.wallonie.be)
[4] DGAHDI, Direction Générale des Aménagements Hydrauliques et du Développement de l'Irrigation (babagalleyd.2013@gmail.com)

Le Programme d'Appui au Développement de l'Irrigation (PADI - financement Direction Générale au Développement et Wallonie Bruxelles International) vise, via une de ses activités, à améliorer les capacités des gestionnaires dans la conception et la planification de mesures de protection des retenues d'eau d'irrigation au travers de deux objectifs principaux : (i) la mise en place d'un système de suivi des apports sédimentaires des retenues et (ii) le développement de deux outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources en eau des retenues d'eau d'irrigation et l'aménagement des bassins versants.

LA SÉDIMENTATION DES RETENUES

La sédimentation dans ces retenues est liée aux apports qui s'accumulent dans les cuvettes lors des écoulements de surface en saison pluvieuse. Plusieurs méthodes de quantification des volumes de sédiments ont été testées au niveau de trois retenues : Kierma, Wedbila et Mogtedo (figure 1 et tableau 1).

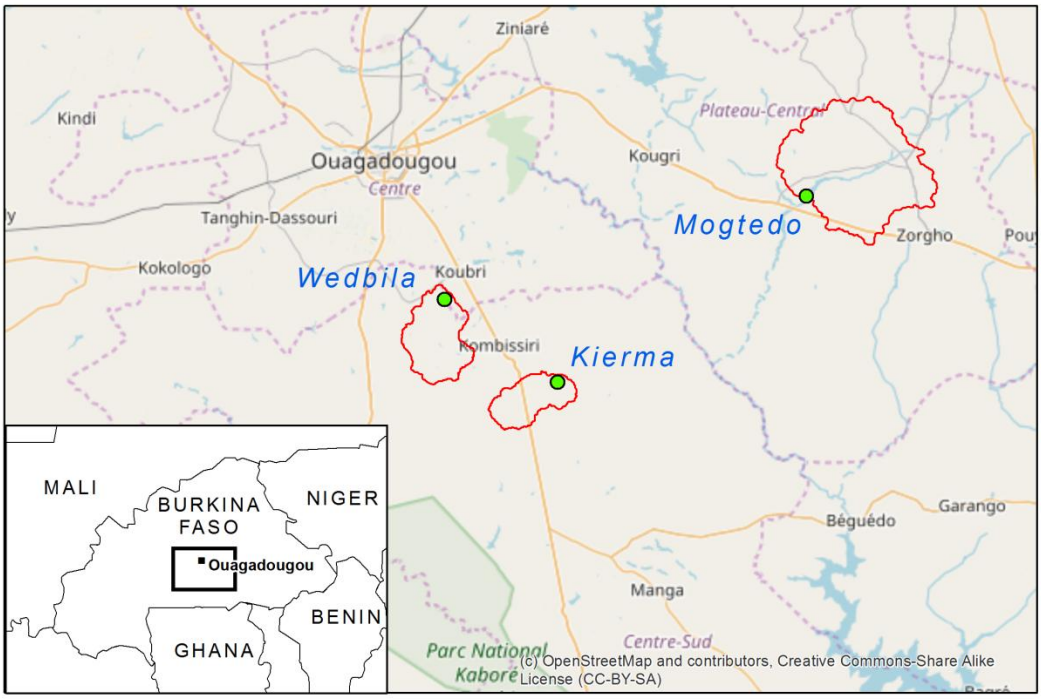


Figure 1 : Localisation des zones d'études.

Les retenues de Wedbila et de Kierma sont situées au sud de la grande banlieue de Ouagadougou dans la région du Centre-Sud. La retenue de Mogtédo se trouve plus à l'est dans la région du Plateau-Central.

Tableau 1 : Retenues étudiées.

Nom	Région	Superficie du BV	Capacité	Promoteur
Kierma	Centre-Sud	98 km²	914 000 m³	Etat Burkinabé (1998)
Wedbila	Centre	150 km²	2 553 000 m³	Office Développement Evangélique (1979)
Mogtedo	Plateau-Central	477 km²	7 190 000 m³	Etat Burkinabé (1967)

L'estimation de la sédimentation au sein des cuvettes des retenues a été réalisée par une approche sédimentologique impliquant le prélèvement de carottes de sédiments (utilisation des carottiers Beeker sampler et Peat sampler - © Eijkelkamp) réparties de manière homogène dans les trois cuvettes. Ces prélèvements ont été analysés selon différents paramètres : rayons X, susceptibilité magnétique, % de matières organiques, indices granulométriques (D_{50} et D_{90}) afin de déterminer la position de l'ancien sol (figure 2a). L'épaisseur des dépôts sédimentaires accumulés depuis la mise en place des retenues a été interpolée par la méthode des polygones de Thiessen, ce qui a permis l'estimation des volumes déposés depuis la création de la retenue (figure 2b). Ces

valeurs ont été validées par le suivi annuel de plaques en béton de 1m² installées dans la cuvette d'une des retenues présentant un assec annuel. Les résultats obtenus pour les 03 retenues sont présentés dans le tableau 2.

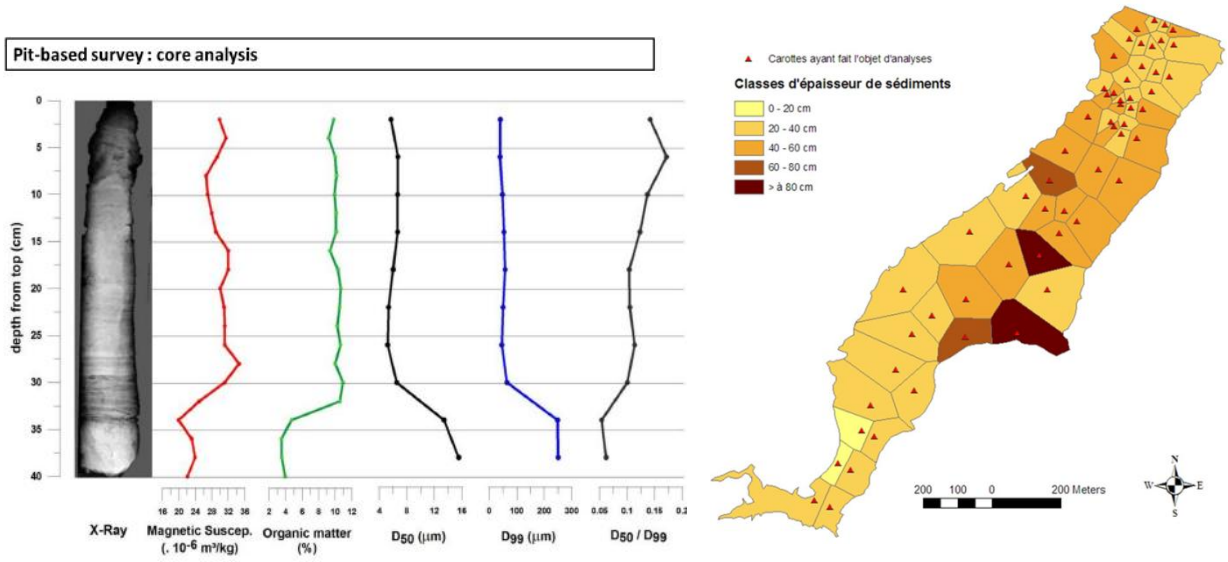


Figure 2 (a et b) : Estimation de l'épaisseur des sédiments accumulés dans les retenues.

(Gauche) Sur cet exemple, la position de l'ancien sol a été déterminée vers 33 cm. On remarque une absence de stratification dans la partie inférieure de la carotte, correspondant à l'ancien sol. Les différentes analyses confirment cette observation.
(Droite) Certains polygones présentent des épaisseurs de sédiments plus importantes notamment en rive gauche au droit d'un affluent possédant une charge de fond plus grossière, ce qui provoque une sédimentation plus importante à cet endroit.

Tableau 2 : Quantités de sédiments déposés et taux d'érosions spécifiques

Nom	Volume de sédiments	Volume annuel moyen	Epaisseur annuelle moyenne	Taux érosion spécifique	Perte annuelle de capacité de stockage
Kierma	128.850 m³	8.600 m³	1.6 cm/an	1.5 t/ha/an	0.9%
Wedbila	236.900 m³	7.000 m³	1.2 cm/an	0.7 t/ha/an	0.3%
Mogtedo	3.461.000 m³	70.000 m³	1.8 cm/an	2.3 t/ha/an	1%

Les taux d'érosions et les pourcentages de pertes de capacités de stockage sont conformes aux autres études réalises au Burkina Faso. Les taux plus faibles de la retenue de Wedbila peuvent s'expliquer par la présence de petites retenues à l'amont qui piègent une partie des sédiments érodés dans le bassin versant.

Les taux d'érosion spécifique mesurés sont conformes à ceux obtenus par d'autres auteurs ayant réalisés des études sur la sédimentation de retenues au Burkina Faso et repris dans SCHMENGLER (2010). Comparativement, les taux d'érosion spécifiques varient entre les trois retenues. Cela s'explique notamment par des compositions différentes aux niveaux des sols (teneur en sable par exemple), mais également par des énergies du relief différents des bassins versant et par des taux dégradation des sols et des zones d'érosion (linéaires et en nappe) plus importants. Pour Mogtedo, on observe dans le bassin la présence de superficies assez importantes de sols nus très fortement dégradées (croutes de battance en bas de glacis, à la bordure des lits majeurs des affluents), ce qui n'existe pratiquement pas dans les 2 autres bassins versant. Le rôle des petites retenues situées plus à l'amont est expliqué ci-dessous.

L'origine des sédiments a été distinguée et quantifiée selon 2 échelles spatiales. L'échelle locale vise les ruissellements au niveau des parcelles agricoles installées sur les berges des retenues (figure 3). De plus en plus de producteurs s'installent de manière non officielle parfois jusque dans la cuvette de la retenue. Ces agriculteurs

sont souvent pointés comme les principaux responsables de cet « ensablement ». Ces affirmations sont argumentées par les pratiques culturales des producteurs et par un travail de la terre (labour, sarclage…) qui favorise le transport des particules de terre vers la cuvette lors des ruissellements en saison pluvieuse.

Figure 3 : Dispositif de collectes des eaux de ruissellement et des sédiments au niveau d'une parcelle agricole.

Dispositif de collecte des eaux de ruissellement et des sédiments installé à l'exutoire du micro-bassin défini par le dispositif (inspiré de BONILLA et al., 2006). Les eaux chargées en sédiments s'écoulent au niveau de plusieurs diviseurs à couronne permettant d'estimer la quantité d'eau totale et de sédiment durant un évènement pluvieux (BERE, 2012)

L'échelle du sous-bassin correspond à la partie du bassin versant à l'amont des retenues, qui drainent les écoulements qui alimentent en eau ces retenues. Des dispositifs de mesure des écoulements en eau et de la charge solide (charge de fond et matières en suspension) ont été mis en place et suivis à ces deux échelles (figures 4 a et 4 b).

Figures 4a et 4b : Dispositifs de mesures de la charge de fond et des matières en suspension.

(Gauche) Station de mesure des débits et des sédiments : Un seuil maçonné permet d'obtenir une section fixe au niveau de laquelle les débits peuvent être mesure grâce à un limnimétrie à pression (tube métallique à gauche de l'image). Une fosse de 4m³ permet de piéger et d'estimer le transport de la charge de fond durant les évènements pluvieux.
(Droite) Flacon à double syphon permettant de collecter des échantillons d'eau durant la phase de crue montante. L'air emprisonné dans les syphons empêche le contenu de se mélanger par la suite aux eaux de décrues. Plusieurs flacons sont disposés à différentes hauteurs, correspondant à différents débits, afin d'estimer les concentrations en matières en suspensions durant les crues.

Les quantités de sédiments érodés mesurées au niveau des parcelles en berges présentent de fortes variations non seulement en fonction de l'intensité des pluies mais surtout en fonction des pratiques culturales des producteurs. Les quantités mesurées sont cependant extrêmement faibles par rapport aux apports du bassin versant (de 200 à 500 fois moindres). Ces résultats mettent clairement en évidence que le transport solide provenant des sous-bassins versants amont est la source principale d'apports sédimentaires dans les cuvettes des retenues (HALLOT *et al.,* 2013 & 2016). De plus, la protection des retenues d'eau par rapport à leur envasement doit impérativement intégrer l'aménagement de leur bassin versant d'alimentation soumis à la dégradation de son environnement physique principalement causé par :

- La coupe et la vente du bois vert entrainant le déboisement des espaces de production ;
- Les prélèvements de graviers et de sable dans les lits des cours d'eau et dans les ravines
- La persistance du brulis dans la préparation des sols ;
- L'exportation intégrale des résidus de récoltes qui réduit la possibilité des sols de se régénérer ;
- La divagation des animaux qui empêche la régénération naturelle ;
- Le labour interannuel mené dans le sens des pentes qui emporte les terres vers les dépressions attenantes ;
- L'occupation agricole intégrale des berges des cours d'eau ;
- Le faible développement d'activités de lutte antiérosive ;

Cependant, ce constat relatif aux apports sédimentaires des parcelles en berge des retenues ne doit pas faire oublier le problème sérieux de pollution des eaux et de contamination des produits agricoles et piscicoles par les pesticides utilisés par les producteurs des berges sans oublier les risques sanitaires pour les utilisateurs de ces produits.

RÔLE DES PETITES RETENUES AMONT

Les petites retenues de moins d'un million de m³ sont très nombreuses au Burkina Faso. A titre d'exemple, 40 petites retenues sont recensées dans le bassin versant du Nariaré dans lequel se situe le sous-bassin de Wedbila (~1500 km²). Le rôle important de piégeage des sédiments des petites retenues plus à l'amont des retenues de l'étude a également été mis en évidence. Des taux de sédimentation jusqu'à 10 fois supérieurs sont observés dans ces retenues amont. Ces valeurs mettent en évidence leur rôle protecteur non négligeable vis-à-vis des plus grandes retenues aval. La zone de culture autour de ces petites retenues est généralement peu productive et consacrée à l'autosubsistance locale. Ces petites retenues offrent également une série de services environnementaux importants (services écosystémiques) : laminage des crues limitant les risques d'inondation à l'aval, piégeage des sédiments limitant le comblement de retenues à l'aval, amélioration de la recharge des nappes alluviales, création de zones humides, biodiversité… La fonctionnalité de ces services environnementaux constitue des mesures d'adaptation au changement climatique pour les populations rurales des bassins versants. Cependant, le non-respect des normes de construction et l'absence de travaux d'entretien des ouvrages entrainent le plus souvent leur ruine. La réhabilitation de certaines petites retenues pour restaurer ou améliorer leurs services devra être prise en compte dans les futurs plans de gestion des bassins versants.

OUTILS DE PLANIFICATION

Les bilans hydrologiques des trois retenues ont également été réalisés. Ils permettent de faire une évaluation quantitative de la ressource en eau de surface et de son évolution sous l'influence de l'activité humaine (irrigation, bétail, usage domestique) et des pressions naturelles (évaporation, infiltration). Ils ont également permis d'appliquer l'outil de planification des ressources en eau (WEAP - Water Evaluation And Planning System) qui tient compte de paramètres à la fois du côté de la demande (modulations de l'utilisation de l'eau, efficiences des équipements…) (figure 5) et de l'offre (débit de rivière, retenues et transferts d'eau). Cet outil permet de simuler la capacité de la retenue à satisfaire les demandes futures (productions agricoles et abreuvement du bétail) dans un contexte de changement des conditions d'exploitation des retenues. Différents scénarios comme la diminution des volumes de stockage due à la sédimentation de la cuvette de la retenue ou l'augmentation des surfaces irriguées autour de la retenue ont été appliqués. Les résultats montrent que, dans l'ensemble, à partir de la campagne d'irrigation 2022-2023, les exploitants devront changer leurs habitudes culturales à travers les 2 scénarii. Ils devront abandonner ce second cycle ou produire des spéculations à cycle courts n'excédant pas 2 mois jusqu'en 2025, ou développer des méthodes d'irrigation plus économes en eau (goutte à goutte…). De 2025 à 2030, les producteurs seront contraints à limiter leur campagne à un seul cycle de production pour assurer une couverture totale de la demande.

Un autre résultat du projet a été d'utiliser l'imagerie satellitaire (Spot 5) en combinaison avec des observations sur le terrain pour identifier et cartographier les zones à risques d'érosion hydrique dans les bassins versants à l'étude. Les résultats ont été intégrés dans un SIG en vue de permettre une vulgarisation et une prise de décision adéquate avec une bonne planification spatiale des actions prioritaires à mener dans la lutte contre l'érosion en nappe. La méthodologie adoptée est basée sur la version révisée de l'équation universelle des pertes en sol (RUSLE). Elle implique l'intégration des principaux facteurs de l'érosion hydrique : climatiques (intensité des pluies), topographiques (relief), pédologiques (propriétés des sols) et anthropiques (usages des terres, couvert végétal, mesures d'aménagement des sols, …) (figures 7a, b). Les résultats obtenus sont majoritairement influencés par la couverture végétale du sol (figures 7c) qui a été estimée à partir de l'indice de végétation MSAVI2 (QI *et al*., 1994). Les pentes du bassin versant sont très faibles à l'exception des quelques dômes granitiques présents. Les zones présentant les plus forts risques d'érosion des sols correspondent principalement

aux sols nus et dégradés, à des espaces cultivés sur des sols pauvres situés en tête de bassin, à faible productivité ou occupés par des cultures basses de type arachide (GUYON *et al.,* 2016) (figure 8).

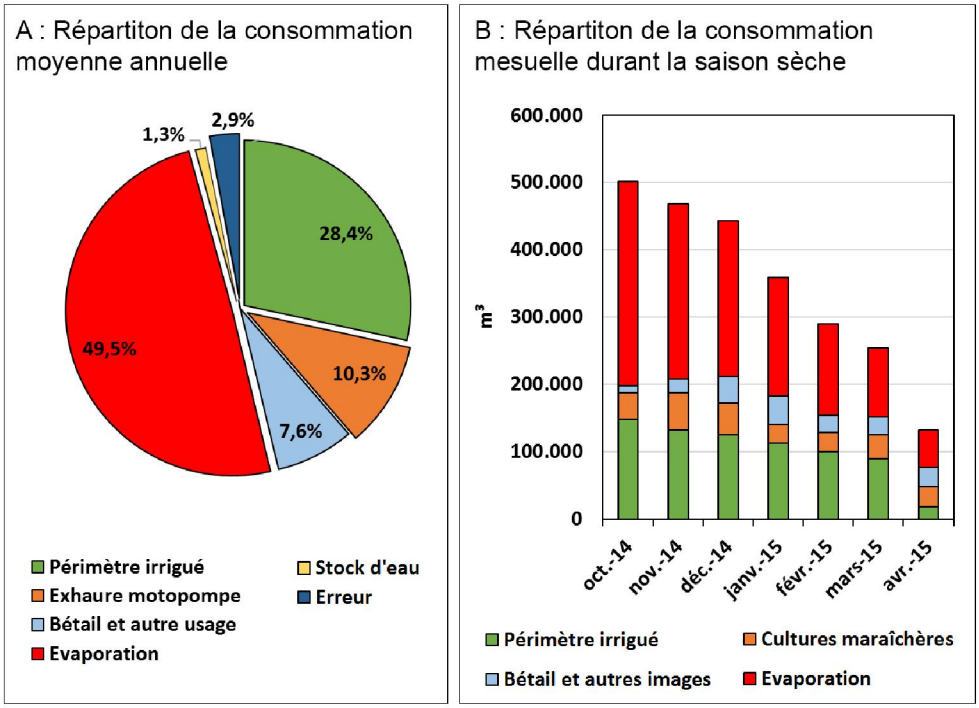


Figure 5 : Demande en eau de la retenue de Wedbila

(Gauche) La moitié de la ressource en eaux de surface disponible est perdue par évaporation. Plus des trois-quarts restants est utilisé pour l'irrigation au niveau du périmètre irrigué à l'aval et au niveau des cultures en berges.
(Droite) Les besoins en eaux d'irrigation restent importants tout au long de la saison sèche. Actuellement, ils sont encore relativement satisfaits jusqu'en mars.

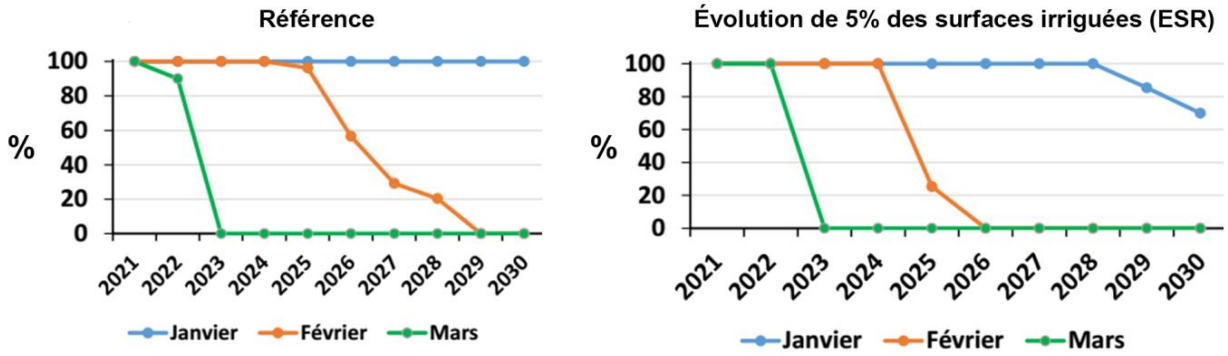
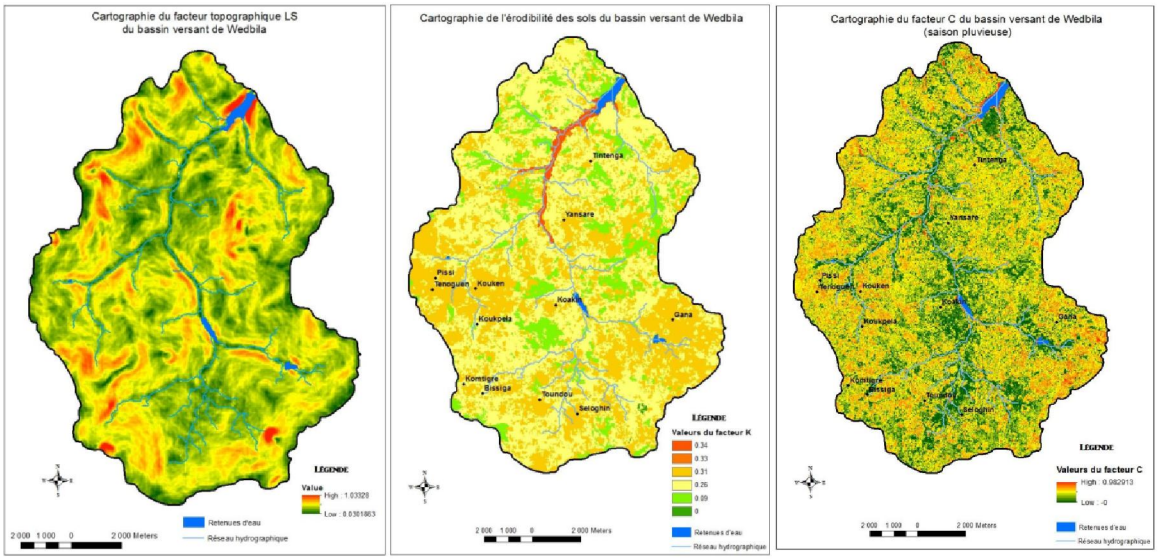
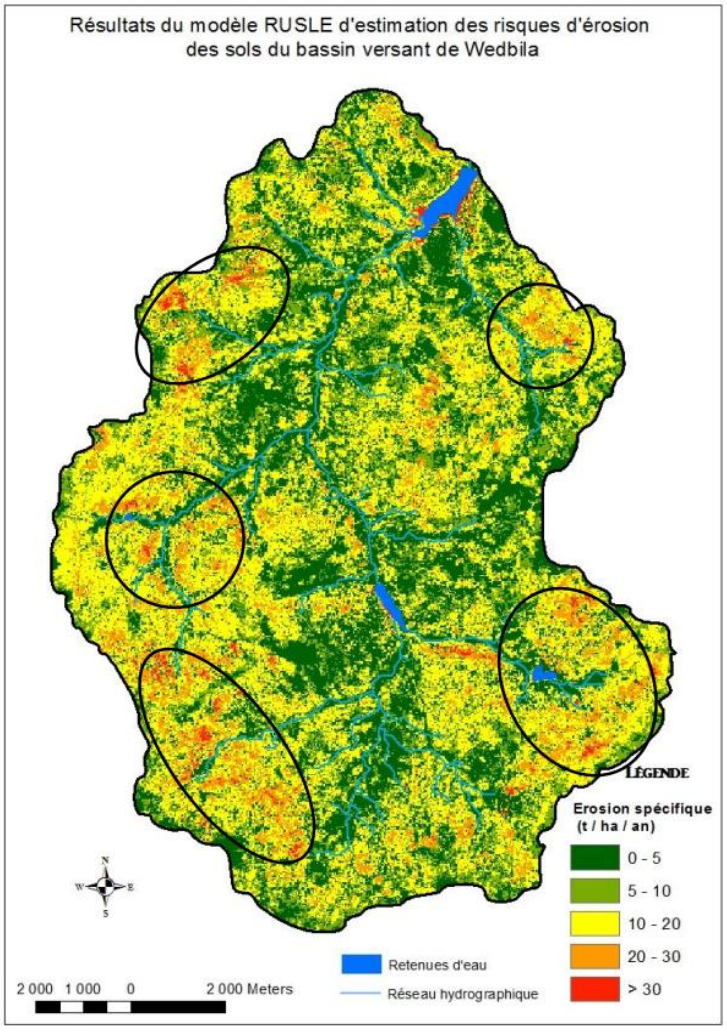


Figure 6 : Scénarii de la satisfaction de la demande en eau intégrant la diminution des volumes de stockage dû à la sédimentation de la cuvette de la retenue et une augmentation de 5% des surfaces irriguées autour de la retenue de Kierma



Figures 7 a, b, c : Cartographies des facteurs topographiques, de l'érodibilité des sols et du couvert végétal pour le bassin versant de Wedbila.



Figures 8 : Cartographies des risques d'érosion des sols pour le bassin versant de Wedbila.

PLANIFICATION DE LA PROTECTION DES RETENUES

Les différents outils développés dans cette étude ont été mis à profit pour la planification stratégique de mesures de protection des retenues. Des plans de gestion des 03 retenues et de leur bassin versant ont été élaborés. Ils comprennent une phase de diagnostic des pressions et des risques d'érosion des sols et une partie consacrée aux mesures de protection envisageables. Cette approche de la planification a intégré les deux échelles d'analyse adoptées par le projet.

A l'échelle locale (la retenue et ses berges), les mesures de gestion préconisées visent la gestion durable des terres et des eaux exploitées par les usagers des retenues. Elles consistent en la délimitation d'une *Zone de Protection Totale* à respecter et d'une *Zone de Protection Rapprochée* qui pourrait correspondre à la « Surface de Production Admissible » autour de la retenue, en relation avec les ressources hydriques mobilisables, et dans laquelle un renforcement des capacités techniques des producteurs pour une gestion durable des ressources en eau et en sol est à réaliser (amélioration de la productivité de l'eau d'irrigation, piégeage des pesticides, promotion des biopesticides, gestion intégrée de la fertilité des sols et des cultures…). Une proposition de rehaussement d'un déversoir (retenue de Kierma) a été étudiée techniquement ainsi que ces impacts socio-économiques pour les producteurs locaux et cette solution est proposée dans le plan.

A l'échelle des bassins versants d'alimentation des retenues, quatre types de mesures ont été proposées (figure 9) :

- La réfection ou la création de petites retenues ou de petits ouvrages hydrauliques pour restaurer ou améliorer leur rôle de piégeage des sédiments ;
- L'aménagement de seuils d'épandage dans les vallées pour freiner le transport solide et recharger les nappes alluviales tout en permettant une exploitation agricole des lames d'eau créées est envisagé.
- L'aménagement de petits seuils de contrôle du transport solide dans les lits mineurs de tronçons de cours d'eau du bassin versant présentant une érosion linéaire importante pouvant être liée à des phénomènes d'érosion régressive suite à la destruction de seuils mal aménagés ou à l'exploitation anarchique et intensive des sables pour leur revente comme matériaux de construction.
- La réalisation de chantiers écoles sur les bonnes pratiques en termes de Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols et de Restauration de Terres Dégradées au niveau des zones mises en évidence par l'outil RUSLE comme présentant un risque fort de pertes en sols. Ces chantiers ont inclus la formation et la structuration des producteurs, favorisant ainsi la réplication de ces bonnes pratiques à grande échelle dans le bassin. Quatre chantiers écoles ont été réalisés par le PADI dans les trois bassins versants à l'étude, à titre démonstratif.

Ces plans de gestion ont été élaborés et validés de manière participative avec l'ensemble des acteurs impliqués : services administratifs du secteur rural (Agriculture, Environnement, Elevage), Agence de l'eau du Nakanbé, Communes, Comité Local de l'Eau, représentants des usagers et des ONG locales. Ces documents constituent ainsi des outils de planification très utiles pour ces acteurs. Certains comme l'Agence de l'Eau du Nakanbé a mis à profit ces documents en planifiant la mise en œuvre de certaines mesures contenues dans ces documents.

PERSPECTIVES

Afin de rendre ces plans de gestion opérationnels, la suite du projet prévoit le développement d'une approche par « chantier-école » basée sur deux concepts clés. Premièrement, le chantier-école est d'abord un moyen, pour les « petits producteurs » d'apprendre et d'analyser eux-mêmes les avantages techniques qui doivent guider l'adoption de pratiques intégrées, alternatives et innovantes de gestion conservatoire des eaux et des sols dans leurs systèmes de production agro-pastoraux pour les rendre plus productifs, plus profitables, et répondant mieux aux changements des situations, surtout aux changements climatiques et à la dégradation des bases productives. Enfin, le chantier-école est une approche plus participative qui prend en compte les points de vue technique, social, économique et environnemental des zones dans lesquels il sera conduit.

Figure 9 : Cartographie des mesures d'aménagements proposées dans le bassin versant de Wedbila.

BIBLIOGRAPHIE

BONILLA, C. A., KROLL, D. G. & NORMAN, J., 2006. Instrumentation for measuring runoff, sediment and chemical losses from agricultural fields. J. Environnement, 35.Bere, 2012. Calibration d'un échantillonneur de ruissellement et de sédiments à partir d'un micro-bassin agricole situé au niveau des berges de la retenue d'eau de Kierma, au Centre-Sud du Burkina Faso. Mémoire fin études Ing. Agriculture, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, 75 p. + annexes.

CECCHI P., 2007. Why an Atlas of Lakes and Reservoirs in Burkina Faso? Burkina Faso, Abstract of the Africa GIS Conference, Ouagadougou, Sept., 2007, 20p.

GUYON F., E. HALLOT, D. DE THYSEBAERT, B. DIARRA, J. ROAMBA & A. ZANGRE, 2016. Développement d'un outil d'estimation des risques d'érosion (RUSLE) à l'échelle des bassins versants. Atelier de capitalisation et de partage des résultats du PADI, MAAH, 14 et 15 novembre 2016, Ouagadougou, Burkina Faso, 15 p.

HALLOT E., F. GUYON, D. DE THYSEBAERT, B. DIARRA, J. ROAMBA & A. ZANGRE, 2016. Origines des apports sédimentaires des retenues d'eau d'irrigation : Echelles locale et des sous-bassins versants. Atelier de capitalisation et de partage des résultats du PADI, MAAH, 14 et 15 novembre 2016, Ouagadougou, Burkina Faso, 14 p.

HALLOT E., GUYON F., DE THYSEBAERT D. & PETIT F., 2013. Establishment of a sedimentation monitoring system of irrigation dams in Burkina Faso: The PADI project. 8th IAG International Conference on Geomorphology, Paris, 516 p.

QI, J., CHEHBOUNI, A., HUETE, A.R., KERR, Y.H., SOROOSHIAN, S., 1994. A modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sens. Environ*. 48:119-126.

SCHMENGLER, 2010. Modeling soil erosion and reservoir sedimentation at hillslope and catchment scale in semi-arid Burkina Faso. Thesis, Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn,. 237 p.