

L'irrigation de complément à partir de petits bassins individuels: Potentiel et perspectives pour les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest

Barbier B.^{1,2}, Fossi S.¹, Yacouba H.¹, Diarra A.¹, Some L.³

¹*Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Laboratoire Hydrologie et Ressources en Eau, Rue de la Science 01-BP-594 Ouagadougou 01 Burkina-Faso, www.2ie-edu.org Tél : (+226) 50492800, Fax : (+226) 50492801.*

²*Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Direction Régionale Afrique de l'Ouest Continentale, Avenue Kennedy - BP 596 Ouagadougou Burkina Faso; www.cirad.bf Tél : (+226) 50307070*

³*INERA Institut National pour l'Environnement et la Recherche Agronomique - Ouagadougou Burkina Faso; www.inera.bf Tél : (+226) 50307070.*

Résumé

La présente étude est une synthèse sur l'irrigation de complément à partir de bassins individuels (ICBI) dans les pays en développement et une analyse du potentiel et des contraintes de la technique dans le sahel. L'ICBI est basée d'abord sur la collecte de l'eau de ruissellement dans des petits bassins puis l'irrigation pendant les poches de sécheresses de la saison des pluies. C'est une pratique ancienne en Asie, mais encore très peu répandue en zone sahélienne. Cette pratique permettrait de soutenir la production pluviale et sécuriser le revenu des agriculteurs. Son implémentation reste un défi dans les zones où les conditions biophysiques et économiques semblent peu favorables. Dans ce document les auteurs établissent le potentiel et les contraintes de cette technique. L'identification des cultures et des sites propices à ce type d'irrigation.

Mots clés : irrigation de complément, agriculture pluviale, réservoirs de stockage, bassin, collecte de l'eau, stratégies d'adaptation.

Introduction

L'agriculture des pays du sahel d'Afrique de l'Ouest (PSAO) est essentiellement pluviale, puisque seulement 2 % des surfaces cultivées sont irriguées. L'agriculture pluviale est fortement tributaire des conditions climatiques et sera probablement très vulnérable au changement climatique en cours dans la mesure où la fréquence et la longueur des poches de sécheresse risquent d'augmenter. Pour faire face à ces aléas climatiques, Etats et ONG ont multiplié petits et grands périmètres irrigués mais les coûts de l'irrigation conventionnelle sont très élevés et les résultats restent moyens (Inocencio 2011, Barbier et al 2011) raison pour laquelle les bailleurs sont devenus frileux par rapport à l'irrigation.

Dans ce document nous analysons d'abord les caractéristiques principales des agricultures pluviales et irriguées dans les pays sahéliens. Ensuite nous présentons les limites des approches conventionnelles de gestion de l'eau agricole et nous explorons le potentiel de l'irrigation de complément à partir de petits bassins individuels (ICBI) peut apporter des résultats.

L'agriculture africaine vulnérable à la variabilité du climat

Plus de 70 % de la population des Pays Sahéliens d'Afrique de l'Ouest (PSAO) est tributaire de l'agriculture qui génère entre 20 et 30 % du produit intérieur brut (PIB) selon les pays (Banque Mondiale, 2010). Les petites exploitations rurales, dite de semi subsistance, généralement pauvres et vulnérables disposent d'une capacité d'adaptation limitée face aux changements globaux. Au Burkina Faso 49 % des familles rurales ne parviennent pas à produire ou à se procurer une alimentation suffisante pour satisfaire leurs besoins (FAO, 2011) et leur vulnérabilité reste élevée malgré les dernières tentatives de diversification (Barbier et al 2009).

Dans les PSAO les précipitations ont diminué de 15 à 30 %, dans les années 1970 et 1980 (Paturel et al., 1997) ce qui a réduit les rendements des céréales en culture pluviale de 25 à 50 % de leur potentiel, déjà inférieur à une tonne par hectare. Cette agriculture souffre aussi d'un manque de technologie (CountryStat, 2010). Le climat caractérisé par une seule saison de pluies qui va de juin à septembre, montre une diminution du nombre de jour pluvieux dans l'année et une baisse globale de l'intensité des pluies. Les paysans des PSAO devront faire face à des perturbations dans la répartition spatio-temporelles des pluies et à l'occurrence d'évènements extrêmes. La répartition et la durée d'une saison de pluies varient d'une année à une autre, mais aussi d'un site à un autre. Disposer de suffisamment d'eau ne représente qu'une partie d'un problème plus vaste, celui d'avoir de l'eau à l'endroit et au moment où on en a le plus besoin (Dickson (2010). Un épisode de sécheresse d'une semaine peut avoir des conséquences désastreuses sur une culture (Sivakumar 1990, 1992 ; Molden, 2010). Un approvisionnement en eau plus instable endommagerait les cultures, dégraderait les terres et réduirait la production alimentaire (Mileham, 2010). Si un approvisionnement fiable en eau est assuré, les agriculteurs investiraient et leurs rendements pourraient s'améliorer (Molden, 2010).

Pour faire face à la variabilité des précipitations dans le Sahel, les paysans utilisent de plus en plus des techniques de Conservation des Eau et des Sols (CES) dont certaines sont traditionnelles comme le Zai ou les demi-lunes. Malheureusement, le Zai et les demi-lunes deviennent peu efficaces quand les poches de sécheresse sont longues (plus de 2 à 3 semaines) ou quand les pluies sont trop intenses (Roose, 1993). L'incertitude sur la date du début des pluies peut limiter l'efficacité de l'utilisation des variétés à cycle court.

Le renouveau de l'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides (Wikipédia, 2011). L'irrigation a été pratiquée sous diverses formes pendant plus de 4000 ans dans de nombreuses parties du monde. L'irrigation de cultures pérennes était répandue dans les plaines mésopotamiennes à travers une matrice de petits canaux (Hill 1984). Aujourd'hui l'agriculture irriguée couvre 20% des surfaces cultivées sur la planète, 35 % en Asie mais moins de 5 % en Afrique sub-saharienne et moins de 2% dans les PSAO (Aquastat, 2010). Or l'irrigation est essentielle dans la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. L'agriculture sahélienne étant principalement

pluviale, il sera important d'accroître les terres irriguées (Zhu et Li, 2004) mais parmi les différentes options il faut élaborer une stratégie économiquement viable, techniquement réalisable et facilement reproductible par les paysans. Plusieurs facteurs externes devraient favoriser le développement de l'irrigation dans les PSAO.

La population rurale augmente vite et les sols se dégradent

Comme la population augmente dans l'ensemble des PSAO de manière très rapide, autour de 3 % par an, soit un doublement tous les 20 ans, la terre arable devient rare et les temps de jachère diminuent rapidement. Les paysans tentent progressivement de compenser la diminution de la fertilité des sols avec de la matière organique et des engrais de synthèse. Pour rentabiliser ces apports de fertilisant il faudrait aussi ajouter de l'eau aux plantes pendant les périodes de sécheresse or l'irrigation est très peu répandue dans les cultures pluviales. Des systèmes d'irrigation de complément devraient rencontrer un certain intérêt, surtout dans les zones où la terre se fait rare.

Le climat change

Le changement climatique (CC) signifie que les températures augmentent, la structure de la mousson ouest africaine change et le carbone atmosphérique augmente. L'augmentation des températures maximales stressent un certain nombre de cultures, même pendant l'hivernage, réduisant les rendements. L'irrigation de complément pourra réduire le stress hydrique et pourrait même rafraichir l'atmosphère lors des périodes de canicule. La mousson africaine est très irrégulière et cette irrégularité risque fort d'augmenter avec le CC. La fréquence des poches de sécheresses et des pluies excessives risquent d'augmenter. Les paysans devront sécuriser au moins une partie de leur production. En réduisant le risque sur une partie de l'exploitation, les revenus dégagés sur la parcelle irriguée permettraient d'investir dans les cultures purement pluviales.

L'augmentation du carbone atmosphérique devrait augmenter sensiblement les rendements des cultures en C4 comme le maïs, le mil et le sorgho, mais seulement si l'irrigation compensera les poches de sécheresse et l'augmentation des températures.

Ensuite l'irrigation est considérée par les différents Plan d'Actions Nationaux d'Adaptation africains comme l'une des meilleures mesures d'adaptation face au CC. A Copenhague les pays émetteurs de carbones se sont engagés à verser une centaine de milliards de dollars par an à partir de 2020 pour l'adaptation des pays en développement. Même si ces engagements ne seront que partiellement respectés les PSAO peuvent se préparer à investir d'avantage dans l'irrigation.

Les limites de l'irrigation conventionnelle

Il existe plusieurs variantes d'irrigation (Barbier et al 2010) mais celle qui domine est la maîtrise totale de l'eau en aval des barrages ou de station de pompage dans les barrages et les fleuves. Or d'une manière générale l'irrigation coûte très chère, avec un coût à l'hectare pouvant dépasser dix millions de FCFA et des coûts allant en augmentant à cause du renchérissement des matières premières et de l'énergie. La principale utilisation de l'irrigation est la riziculture à cause de l'étroitesse des marchés des autres cultures. Or celle-ci rentabilise

assez mal les investissements par rapport aux cultures dites à haut rapport. Ensuite l'irrigation conventionnelle est contraignante. Les tours d'eau sont mal respectés dans les périmètres conventionnels parce que les irrigants habitent souvent loin du périmètre et soignent en priorité les cultures pluviales dont les surfaces sont beaucoup plus étendues que les surfaces irriguées. Les paysans doivent se déplacer régulièrement pour irriguer leurs parcelles. Cette gestion est contraignante et souvent conflictuelle. Les voisins ne respectant pas non plus les tours d'eau, les paysans peuvent se retrouver à plusieurs au même moment. L'irrigation individuelle ne pose pas ce type de problème.

L'irrigation conventionnelle peut aussi être source de propagation d'agents pathogènes (pseudomonas, kystes d'amibes, larves d'anguillules et œufs de parasites), de polluants (résidus de médicaments, de biocides) dans les cultures ; c'est le cas avec l'utilisation d'eaux grises ou résiduaires, en particulier dans certains pays arides. En zone aride, le risque de salinisation des sols est également élevé. De plus, l'irrigation conventionnelle en prélevant des quantités d'eau importante peut aussi affecter les écosystèmes, les zones humides, le paysage, ou l'agriculture en amont ou en aval des périmètres.

L'irrigation de complément à partir de petits bassins (ICBI)

Une nouvelle technique est testée depuis quelques années à grande échelle en Asie et au Burkina Faso, une technique qui pourrait contribuer à réduire les déficits hydriques des cultures des PSAO.

Définition

L'irrigation de complément (*supplemental irrigation* en anglais) peut être définie comme l'addition de petites quantités d'eau aux cultures pluviales, essentiellement pendant les périodes où les précipitations ne fournissent pas suffisamment d'humidité pour la croissance normale des plantes, afin de stabiliser les rendements. Dans le cas de l'irrigation conventionnelle, la principale source d'humidité du sol est l'eau d'irrigation, et les pluies ne constituent qu'un apport complémentaire (ICARDA, 2011). L'irrigation de complément est basée sur trois principes (ICARDA, 2011): 1) L'eau est appliquée à une culture pluviale qui devrait normalement produire des rendements sans irrigation. 2) Les pluies sont la principale source d'humidité pour les cultures pluviales, l'irrigation de complément est appliquée uniquement lorsque les précipitations ne parviennent pas à fournir l'humidité essentielle pour que la production soit améliorée et stabilisée. 3) La quantité d'eau et le calendrier de l'IC ne sont pas prévues pour fournir l'humidité pour des conditions de non stress tout au long de la campagne, mais de s'assurer que la quantité minimum d'eau pour un rendement optimal (et non maximal) est disponible pendant les phases critiques de croissance des cultures.

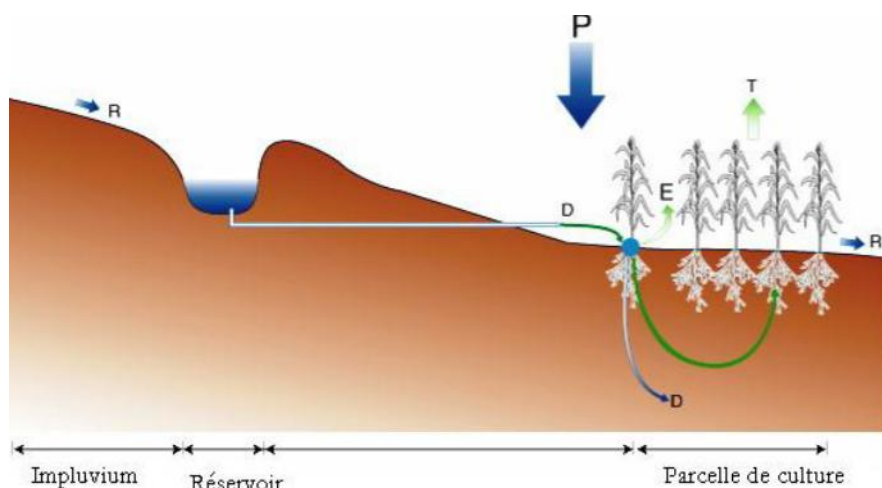


Figure 1: Principe de l'irrigation de complément (Source : Fox , 2003).

La collecte de l'eau consiste à recueillir et stocker les eaux de ruissellement provenant d'impluvium, qui sont soit des champs, des zones cuirassées, des chemins ou des toits d'habitation (Goyal, 2009). Dans notre cas il s'agirait de collecter de l'eau qui ruisselle de terrains situés en amont du petit bassin. Dans les pays sahéliens, il existe de vastes zones dénudées, incultivables où les coefficients de ruissellement sont très élevés. Dans ce cas les bassins sont situés en aval de ces zones, en général en val d'un petit thalweg où d'un chemin.

Une approche intégrée

L'irrigation seule ne peut pas augmenter les rendements de manière satisfaisante. Elle doit être associée à la gestion de la fertilité des sols, au calendrier des opérations, à la préparation des sols, aux informations mercatiques, à la gestion des ravageurs, à la rotation des cultures et au renforcement des capacités des agriculteurs et des services de vulgarisation (Falkenmark et al., 2001). L'ICBI restera marginale en terme spatial et économique dans l'économie de l'exploitation. Elle nécessitera le développement d'un système mixte d'exploitation comprenant à la fois l'agriculture pluviale et l'agriculture irriguée (Rockström et al., 2003).

Les expériences dans le monde

L'irrigation de complément est une pratique courante et ancienne en Asie et en Afrique du Nord. Elle est particulièrement intéressante dans les zones semi arides du Moyen Orient et d'Afrique du Nord (Oweis et Hachum 2004). En Palestine, pays relativement aride (450 mm par an), disposant de peu de barrages, la majeure partie de l'eau s'écoule vers la Mer Morte ou la Méditerranée. Traditionnellement les paysans collectent l'eau à l'échelle de la parcelle pour l'utiliser en irrigation de complément sur les cultures d'oliviers, d'amandes, de vignes et de céréales (Sbeih 2007).

L'irrigation à partir de petits bassins est aussi très répandue en Inde (Khanwalkar, 2009, Dorin et Landy 2002). Au Sud-Ouest du Bengale occidental, une ONG a lancé un programme « technologie 5 % » qui consiste à réduire le risque de mise en œuvre dans les fermes où le bassin de rétention des eaux de ruissellement couvre 5 % de la superficie totale

des terres de la ferme (PRADAN, 2003). Le bassin est creusé à l'endroit le plus en amont de la parcelle, pour irriguer les cultures pendant les séquences sèches. Les agriculteurs peuvent dimensionner les bassins en fonction de la disponibilité des terres, du type de sol et du besoin des cultures. Les agriculteurs peuvent pratiquer le maraîchage ou la pisciculture pendant la saison sèche (PRADAN, 2003).

En Indonésie, l'agriculture sur brûlis est progressivement remplacée par une agriculture permanente dans laquelle l'irrigation de complément joue un rôle important pour sécuriser et diversifier la production (Perez 2004). L'irrigation de complément promeut l'adoption de techniques de conservation des sols, réduit les coûts opérationnels et augmente les revenus. Les premières tentatives d'irrigation de complément ont été réalisées dans le centre de l'île de Java (Perez 2004).

Les tentatives au Burkina Faso

Des essais divers d'irrigation de complément ont été réalisés par diverses institutions au Burkina Faso (tableau 1). Quelques ONG ont récemment tenté de promouvoir les marres collectives villageoises (dénommées *boullis* en mooré) pour l'irrigation de complément et pour les cultures de contre saison. C'est une pratique ancienne qui visait essentiellement la fourniture d'eau pour la population et les animaux, pas l'irrigation des cultures. Certains *boullis* sont aujourd'hui utilisés pour l'irrigation de complément et les plus profonds pour la contre saison. La Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DADI 2010) a réalisé une évaluation économique de l'irrigation de complément du maïs dans le sahel à partir de marres (*boullis*) réalisés au bulldozer. La rentabilité a été considérée faible, à moins de réaliser une culture de contre saison.

L'Université de Stockholm a réalisé des essais d'ICBI dans les années 1990 près de Ouahigouya au Burkina Faso. Un bassin en ciment de 400 m³ collectait l'eau de ruissellement et une pompe à pédale permettait d'arroser une petite surface de sorgho (Fox et Rockström 2003). La rentabilité du système est faible car le sorgho même amélioré et arrosé ne peut produire des rendements élevés. Le système devient rentable si le paysan peut faire une culture maraîchère après le sorgho en contre saison. Les paysans bénéficiaires n'ont pas pérennisé le dispositif.

Dugué (1986) a comparé trois modes d'irrigation de complément au Yatenga pendant les sécheresses des années quatre-vingt. Le premier sont des petits barrages en gabion, le deuxième un *boulli* et le troisième un bassin individuel, appelée microbarrage, en terre réalisés par des paysans. Plusieurs cultures ont été testées, à savoir sorgho, maïs, piment, gombo et aubergine locale. Les résultats étaient plutôt concluants pour le microbarrage.

Le Comité National des Irrigations et du Drainage du Burkina Faso (CNIDB 2009) a réalisé des essais dans la vallée du Sourou sur quelques 200 hectares de maïs maïs sous pivot durant trois campagnes agricoles 2008-2010. Les rendements dépassaient 4 tonnes et le retour sur l'investissement a été significatif. Ceux qui n'ont pas irrigué n'ont pratiquement rien récolté. Mais le pivot est déjà amorti et son coût d'amortissement n'a malheureusement pas été inclus dans les calculs.

L'INERA en 2005 a étudié l'irrigation de complément sur des cultures de sorgho à Saria sous climat soudanien (750 mm) et à Sabouna sous climat sahélien (400 mm). Comparé à une culture de zaï l'essai a montré que l'irrigation de complément était plus rentable au Sahel et les billons cloisonnés sous climat soudanien (Some et Ouattara 2005). Les deux techniques d'économie en eau appliquées aux cultures pluviales étaient le labour suivi de buttage cloisonné et les semis sur des billons cloisonnés. La pluviométrie actuelle au Sahel ne semble pas permettre aux techniques d'économie de l'eau d'être plus performantes que l'irrigation de complément. Au cours de l'année 1987, à Saria en zone plus humide, les techniques d'économie d'eau ont induit des rendements en sorgho-grain significativement supérieurs à ceux obtenus avec l'apport d'une irrigation de complément de 53 mm pendant les séquences sèches. Par contre, à Sabouna, l'irrigation de complément s'est avérée supérieure aux techniques d'économie d'eau pratiquées en cultures pluviales.

L'AZN de Guiè entre Ouagadougou et Kongoussi, s'intéresse depuis plus de 20 ans à l'irrigation de complément à partir de petits bassins individuels. L'ONG construit des bassins individuels cimentés en forme d'assiette assez coûteux et installe des clôtures grillagées autour de la parcelle. Le coût est élevé, plus de 6 millions de FCA par hectare. Sur les 20 bassins réalisés la moitié est très peu exploitée, mais quelques paysans réalisent des bénéfices conséquents en produisant, entre autre, du maïs suivi d'un piment récolté en contre saison. La question pour laquelle une bonne moitié des paysans ne cultive pas à l'intérieur de la clôture n'est pas résolue. Les uns évoquent le manque de temps ou de moyen, d'autres la qualité des terres. Une autre hypothèse est que la zone de Guiè dispose encore de réserves de jachère et que les paysans préfèrent s'investir dans l'occupation des terres plutôt que dans les parcelles clôturées qu'ils réservent à un usage ultérieur quand les terres se feront rares ou seront épuisées.



Figure 2: Bassin de collecte d'eau à Guiè, Burkina Faso



Figure 3: Boulis à Guiè, Burkina Faso

Une ONG a élaboré trois citernes cylindriques, enterrées et hermétiques en ciment de 1000 m³ à Lumbila près de Ouagadougou. Les citernes collectent l'eau de ruissellement en aval d'une grande parcelle non cultivée. L'eau était ensuite pompée pour irriguer des parcelles de maïs. Mais les citernes profondes de 5 mètres sont percées et perdent rapidement l'eau stockée, et l'expérience n'a pas été poursuivie.

Les paysans sahéliens pratiquent depuis longtemps l'irrigation de complément sur les périmètres irrigués, mais à partir de sources d'eau importantes. Il s'agit surtout de maraîchage et de maïs d'hivernage. Les paysans irriguent pendant les séquences sèches de l'hivernage. Le développement du maraîchage d'hivernage se répand dans le sahel grâce à l'augmentation de la demande, essentiellement urbaine. Jusque là les pluies d'hivernage gênaient la production maraîchère mais l'adoption de nouvelles variétés d'oignon et de tomate facilite la production.

Ces expériences mitigées de l'utilisation de l'ICPB laissent entrevoir plusieurs pistes de recherche pour améliorer la production:

- Le coût des citernes en béton est très élevé. Il faut envisager d'autres revêtements moins chers mais durables. Perré maçonné, matériaux locaux et bâches artificielles sont trois voix prometteuses.
- Les paysans semblent préférer le maïs au mil ou au sorgho. Le semi d'une deuxième culture de quasi contre saison (genre piment ou gombo) derrière le maïs paraît souhaitable.
- Les paysans adoptent assez peu l'expérience spontanément. Il faut identifier et lever les contraintes du système. Il est possible que les paysans attendent avant tout un soutien des services de développement auquel il faut imaginer un système d'incitation original.

Le projet du 2iE sous financement CRDI

Un projet sur l'ICBI a démarré en 2011 au Burkina Faso sur financement de l'Agence Canadienne pour le Développement International (ACDI) et piloté par l'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Le projet implique aussi la Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DADI) du ministère de l'Agriculture burkinabè, l'INERA, l'ARID, le groupement NAAM et l'Association AZN de Kongoussi. La mise en commun des efforts de ces différentes structures permettrait d'améliorer le fonctionnement des bassins et de l'irrigation de complément. L'approche du projet est fondamentalement participative, dans les parcelles des paysans et avec les paysans. Des enquêtes préalables seront réalisées pour analyser les contraintes des systèmes actuels.

Les facteurs en faveur de l'irrigation de complément

Un coût qui peut rester faible

Le coût des bassins est probablement le cout principal de l'ICBI. Les bassins doivent être hermétiques vu que les bassins sont petits et doivent conserver l'eau qu'ils stockent pour plus de deux semaines. Si les bassins en béton son très chers, il existe aujourd'hui des types de bâches en polyéthylène, en polypropylène ou en géotextile enduit bon marchés. Les paysans achètent souvent ces bâches en zone rurale pour imperméabiliser les hangars des marchés, les entrées des mines d'or artisanales et les ateliers d'orpaillage, les toits des maisons et pour stocker les récoltes. Dans le cas du bassin il faudra que les paysans aient le matériel pour les réparer rapidement quand elles sont percées. Elles doivent être traitées contre les rayons ultraviolets. Comme les bâches restent fragiles il faut probablement envisager une approche évolutive avec une bâche les premières années jusqu'à ce que le

paysan ait ajusté les différents paramètres du système. Il est aussi possible d'envisager des matériaux locaux comme le perré maçonné voir des enduits d'argile utilisés pour les cases traditionnelles. Il peut ensuite choisir un revêtement plus durable. Dans tous les cas; c'est le rôle de la recherche d'identifier un matériel peu coûteux, robuste, durable et écologique.

Les coûts de l'ICBI sont essentiellement variables car les paysans peuvent s'initier avec un petit bassin et si l'expérience est concluante ils peuvent l'agrandir, en faire d'autres, essayer d'autres systèmes de culture, appliquer plus ou moins d'intrants externes.

Une plus grande liberté d'action : espèces et calendrier

Les périmètres collectifs de petite ou de grande taille sont contraignants pour les irrigants, même s'il n'y a pas de contrôle extérieur. La plupart des périmètres conviennent à la riziculture et rarement à d'autres cultures. Les canaux sont le plus souvent dimensionnés pour les besoins de la riziculture et il est difficile de planter une autre culture si les voisins font du riz à cause du risque d'inondation d'une rizière vers une parcelle non inondée.

En ICBI les paysans ont plus de choix qu'en irrigation conventionnelle. Il existe une grande variété de cultures qui peuvent être produites sur des parcelles irriguées. Parmi les espèces conventionnelles. Il est aussi possible de semer des variétés améliorées, réputées plus vulnérables au stress hydrique, dans la mesure où le déficit hydrique sera réduit par l'irrigation. Mais les paysans ne peuvent pas non plus semer ce qu'ils veulent dans la mesure où les volumes d'eau apportés sont faibles et l'irrigation terminée avant les récoltes de l'hivernage vers octobre. Il est par exemple exclus de semer du riz ou de planter des cultures pérennes.

Une fois le bassin mis en place et les espèces sélectionnées, le paysan doit choisir un itinéraire technique. Pour certains agronomes, il est préférable de semer tôt afin de profiter du flush azoté dès les premières pluies mais aussi parce que les besoins en irrigation des cultures sont moins importants au démarrage, vers le mois de juin, que plus tard dans la saison. Il est possible par exemple de semer un maïs hâtif dès le mois de juin, de récolter en août et d'y installer une autre culture plus rustique comme le piment ou le gombo qui sera récolté en contre saison. Le piment résiste mieux à la sécheresse qu'un maïs, mais peut aussi profiter des dernières irrigations d'octobre novembre comme un bonus.

Plusieurs techniques d'exhaure

Si la déclivité est importante on peut établir des bassins qui collectent l'eau de ruissellement de l'amont et irriguer gravitairement des cultures situées en aval du bassin. Mais le plus souvent le bassin sera enterré et il faudra des moyens d'exhaure pour irriguer. Les irrigants burkinabè utilisent traditionnellement des moyens très peu coûteux, rustiques et simples d'emplois comme la puisette et l'arrosoir. Certains irrigants s'équipent en pompe à pédale ou même des petites motopompes. Avec le renchérissement des énergies fossiles, il n'est pas impossible qu'un marché se développe pour les petites pompes solaires de surface. Certaines ont des coûts inférieurs à 100 000 FCFA. Dans notre cas il s'agit de monter l'eau sur moins d'un mètre de haut.

Des techniques d'arrosage à faible coût

Elles dépendent de l'emplacement du bassin, du type d'exhaure et des surfaces à irriguer. L'irrigation à la raie est souvent utilisée dans le sahel mais ne pourra concerner que de petites surfaces car son efficacité est assez faible. L'arrosage à l'arrosoir améliore l'efficacité si l'eau est déversée dans des billons ou des petits trous au pied des plantes. Il est possible de combiner la technique du zaï et l'arrosage à l'arrosoir ou au tuyau. Il est encore possible d'utiliser des tuyaux à partir de pompes à pied ou des très petites motopompes. Le goutte-à-goutte sera difficile à employer car l'eau de ruissellement stockée dans les bassins est très chargée en argile et en limon. Il est par contre possible de couder des tuyaux en polyéthylène qui permette d'irriguer par suintement.

Les limites de l'irrigation de complément

L'ICBI est-elle la dernière mode qui passera comme en ont passé d'autres auparavant ? Il est vrai que les contraintes potentielles à l'adoption de la technique sont assez nombreuses.

Le financement de départ

Le coût initial n'est pas anodin pour un paysan. Peu de paysans ont les moyens de s'acheter une bêche individuellement, même des arrosoirs ou des variétés améliorées. Même le creusement du bassin a un coût d'opportunité élevé. Un bassin de 100 m³ à 2000 F par m³ coutera l'équivalent de 200 000 FCFA. L'adoption de cette technique ne se fera probablement pas spontanément. Il faudra un accompagnement des services d'appuis et financiers. Il peut être envisagé un système de location des bâches ou de récupération en cas de non remboursement. La subvention par l'état est probablement nécessaire, au moins pour lancer la technique. La diffusion spontanée est peu évidente. Même les techniques éprouvées comme la culture attelée, les engrais ou le zaï peinent à diffuser. Comme l'irrigation de complément est devenu une priorité dans les PANA des pays du Sahel, il est tout à fait envisageable de chercher des financements destinés aux mesures d'adaptation au CC.

Irrigation en hivernage

En saison des pluies, les paysans sont surtout habitués à sarcler les cultures, pas à les irriguer. Ensuite les paysans irriguent les cultures maraichères mais pas les cultures vivrières traditionnelles telles que le mil ou le sorgho. S'ils irriguent le maïs c'est en général pour le vendre en frais, comme une culture maraichère. Il existe peut être une barrière sociologique à arroser le mil et le sorgho mais Fox a aussi montré que ce n'était tout simplement pas très rentable. La question est de savoir pourquoi les paysans n'arrosent pas leurs champs de case généralement semés en maïs assez productif, même quand il y a des marres peu profondes à proximité.

Une charge supplémentaire de travail

La technique nécessite un investissement initial conséquent, à savoir le creusement du trou. Ensuite le temps d'arrosage de la parcelle pendant les séquences sèches est important. Il est réalisé certes pendant les séquences sèches de l'hivernage quand le coût d'opportunité du travail est plus faible. Par ailleurs c'est la période des vacances scolaire, l'arrosage peut être réalisé par les éléments les plus jeunes du ménage.

L'ICBI va probablement attirer davantage les femmes. Actuellement dans le sahel les jeunes hommes s'investissent dans les activités d'orpaillage, de maraîchage autour des barrages et de migration vers les pays côtiers. Les projets à haute intensité de main d'œuvre attirent plutôt les femmes. Ensuite si l'ICBI se pratique près des concessions dans les champs de case, il est probable que les femmes seront plus impliquées. Par ailleurs la petite taille du dispositif risque de décourager l'adoption de la technique par les hommes qui cherchent une activité principale alors que les femmes se satisfont plus facilement d'activités de complément aux travaux domestiques.

Les attaques des animaux

Si la culture est précoce et surtout si c'est du maïs il faudra surveiller la parcelle de près. Les petits ruminants divaguent autour des concessions et les troupeaux de petits et gros ruminants circulent dans les champs éloignés avec une faible supervision. Il faudra probablement clôturer la parcelle avec des épines ou des haies vives. Sinon il faudra semer plus tard, pendant l'hivernage, avec les autres cultures quand les animaux seront entravés.

Il en est de même pour les attaques aviaires. En mai juin les oiseaux sont soumis à un fort stress hydrique et alimentaire et s'en prennent aux premiers semis. Les tisserands, calaos, merles argentés et tourterelles repèrent les trous des semis et fouillent les poquets. Il est nécessaire d'exercer une vigilance au moins jusqu'à la levée. S'il s'agit d'une culture de maïs il faudra assurer la même vigilance au stade laiteux des grains. Les techniques anti aviaires sont nombreuses. Placer les champs près des habitations et confier la garde à un enfant aux périodes clés est probablement la meilleure solution.

Une approche collective

L'option bassins individuels, ne signifie pas que l'approche ICBI ne nécessitera pas aussi des considérations plus collectives (Falkenmark et al., 2001). Collecter de l'eau dans des bassins nécessite aussi des décisions de gestion des terres, puisque la collecte de l'eau influence la façon dont l'eau coule à travers le paysage. Le détournement de l'eau ou des prélèvements en un point du bassin versant pourrait affecter à la fois le débit des eaux de surface et souterraines pour les utilisateurs situés en aval.

Un impact environnemental à maîtriser

Les bâches sont fragiles et peuvent se dégrader. Une bâche légèrement abîmée peut être réparée. Si elle est trop abîmée pour retenir de l'eau, elle peut être recyclée pour imperméabiliser un hangar ou une habitation mais si elle est trop dégradée le paysan risque de la jeter dans la nature, ce qui peut poser des problèmes environnementaux.

Conclusion

L'irrigation de complément à partir de petits bassins est une pratique ancienne dans certaines parties de l'Asie et d'Afrique du Nord mais fort peu présente en Afrique subsaharienne. Il existe un marché potentiel pour cette technologie pour les zones semi arides de l'Afrique de l'Ouest. Si les expériences récentes ont été peu concluantes, il existe des marges de progression importante. L'ICBI reste une pratique prometteuse. A mesure que la population augmente, que la fertilité des sols s'épuise, que le ruissellement augmente, que le coût du matériel diminue et que le climat se dérègle, l'intérêt pour l'irrigation augmentera. L'irrigation conventionnelle nécessite des investissements très lourds et

des contraintes importantes sur les systèmes de production. Les investissements et les contraintes de l'ICBI peuvent restés modérées et le système est évolutif. Un projet participatif du CRDI a démarré en 2011 impliquant plusieurs acteurs de la recherche agricole au Burkina Faso. L'idée est de lever les contraintes à l'adoption de l'ICBI en partenariat avec les paysans du projet.

Références bibliographiques

- Samal Ajay, Arnab Chakraborty, Dibyendu Choudhury, Manas Satpathy, Saroj Mahapatra, 2005. Implementing Integrated Natural Resource Management Projects under the National Rural Guarantee Act. A resource Book. Ministry of Rural Development. Government of India.
- Abdel-Rahman, G. S.H. Seidhom and Some L. Soil and Water Relationships of Some Crops in Sahel-Dori, Burkina Faso. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 7 (3): 289-297, 2010 ISSN 1818-6769 IDOSI Publications, 2010
- Ali Reza Tavakkolia and Theib Y. Oweis. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran *Agricultural Water Management* Volume 65, Issue 3, 15 March 2004, Pages 225-236
- Aquastat, 2010. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexfra.stm>.
- Banque Mondiale. 2010. Rapport sur le Développement Mondial, 2010. Banque Mondiale, Washington, DC.
- Barbier B., Ouedraogo H., Barry B., Yacouba H., Kouakou M., Jamin J-Y, Dembélé Y. 2011. L'irrigation au Sahel : L'irrigation au Sahel. Diversité des pratiques et des performances. Cahiers Agriculture.
- Barbier, B., H. Yacouba , H. Karambiri and M. Zoromé (2009). "Human vulnerability to climate variability in the Sahel: Farmers' adaptation strategies in northern Burkina Faso." *Environmental Management* 43: pp790-803. (IF 1.4)
- Barlet F, 1985. La gestion de l'eau au niveau de la parcelle : aménagements et petite irrigation dans un village du Nord Yatenga. Mémoire CNEARC-ENITA. 182 p.
- Barron J. 2004. Dry spell mitigation to upgrade semi-arid rainfed agriculture: Water harvesting and soil nutrient management for smallholder maize cultivation in Machakos, Kenya. Stockholm University. 39p.
- Carsky R. J. ; Ndikawar R. ; Singh L. ; Rao M. R. ; Response of dry season sorghum to supplemental irrigation and fertilizer N and P on Vertisols in northern Cameroon *Agricultural water management* 1995, vol. 28, no1, pp. 1-8
- CIEH, IRAT. 1984 Valorisation des ressources pluviométriques. Série Agroclimatologie CIEH. 146 p.
- Comité National des Irrigations et du Drainage du Burkina. 2009. Irrigation de complément sur maïs en agriculture pluviale au Burkina Faso. Projet d'Appui aux Initiatives des Producteurs vivriers et à l'Intensification Responsable. Rapport final, janvier 2009. 24p
- Coulibaly, R. Troy, B., Girard, P. Opération d'irrigation de complément en saison des pluies sur le maïs à la vallon du Sourou (Burkina faso). Un exemple d'adaptation à la variabilité climatique. FARM.

- CountryStat. 2010. Analyse de la production agricole au Burkina Faso à partir de la base de données CountrySTAT Burkina (1984 à 2009). CountrySTAT Burkina Faso. Bulletin mensuel n° 3, Mai 2010. 3p.
- DADI 2010 Contribution à la réflexion sur la sécurisation de la production agricole de saison pluviale par l'irrigation complémentaire. Rapport de la Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation.
- Dickson D. *Sécurité de l'eau et changements climatiques : comment la science peut aider ?* Réseau Sciences et Développement, 2010. <http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/sars/editorials/s-curit-de-l-eau-et-changementsclimatiques-comment-la-science-peut-aider-.html>
- Dorin B., Landy F., 2002. Agriculture et alimentation de l'Inde. Les vertes années (1947-2001), Espaces ruraux, INRA Editions, Paris, 248 p.
- Dugué, P. L'utilisation des ressources en eau à l'échelle d'un village : perspectives de développement de petits périmètres irrigués de saison des pluies et de saison sèche au Yatenga. Contraintes techniques et socio-économiques Documents Systèmes agraires N°6 Aménagement hydroagricoles et systèmes de production Actes du IIIème Séminaire Montpellier 16-19 décembre 1986 TOMEI
- Falkenmark M, Fox P, Persson G, Rockström J. 2001. *Water Harvesting for Upgrading of Rainfed Agriculture. Problem Analysis and Research Needs*. Stockholm International Water Institute. Stockholm (Sweden) : 94p
- FAO. 2011. Quick country facts. Burkina Faso. URL : <http://www.fao.org/countries/55528/en/bfa/> dernière mise à jour le 01 juillet 2011, consulté le 06 octobre 2011
- FAOSTAT (1999) <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>
- Fox P, Rockström J. «Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rainfed agriculture in the Sahel.» *Agricultural Water Management*, 2003: 29-50.
- Fox, P., et Rockström J. (2000). "Water harvesting for supplementary irrigation of cereal crops to overcome intra-seasonal dry spells in the Sahel." *Physics and Chemistry Earth* 3(25): 289-296.
- Fox, P., Rockström , J. Barron, J. (2005). "Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya." *Agricultural Systems* 83: p231-250.
- Goyal RK. 2009. Rainwater Harvesting: A Key to Survival in Hot Arid Zone of Rajasthan. In: Rao K.V., Venkateswarlu B., Sahrawath K.L., Wani S.P., Mishra P.K., Dixit S., Srinivasa Reddy K., Manoranjan Kumar and Saikia U.S., eds. *Rainwater Harvesting and Reuse through Farm Ponds. Experiences, Issues and Strategies*. Hyderabad, AP, (India) ; Central Research Institute for Dryland Agriculture: 250p
- Khanwalkar S. 2009. Rainwater Harvesting through Farm pond and Well Recharging Structures to Support Rainfed Agriculture. In: Rao K.V., Venkateswarlu B., Sahrawath K.L., Wani S.P., Mishra P.K., Dixit S., Srinivasa Reddy K., Manoranjan Kumar and Saikia U.S., eds. *Rainwater Harvesting and Reuse through Farm Ponds. Experiences, Issues and Strategies*. Hyderabad, AP, (India) ; Central Research Institute for Dryland Agriculture: 250p

- Legoupil JC. 1984 Irrigation et systèmes de culture irrigués. Bilan et perspective de la recherche. Colloque "Résistance à la sécheresse en milieu Intertropical" CIRAD/ISRA DAKAR 24-27 septembre 1984
- McCartney M. *Le stockage de l'eau a besoin d'une approche fondée sur des preuves*. Réseau Sciences et Développement, 2010. <http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/water-security-climate-change/opinions/le-stockage-de-l-eau-a-besoin-d-une-approche-fond-e-sur-despreuves.html>
- Mileham, L. *Sécurité de l'eau et changements climatiques : Faits et chiffres*. Réseau Sciences et Développement, 2010. <http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/water-security-climate-change/features/s-curit-de-leau-et-changements-climatiques-faits-et-chiffres.html>
- Molden D. La petite hydraulique est la clé de la sécurité de l'eau. Réseau Sciences et Développement, 2010. <http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/water-security-climate-change/opinions/la-petite-hydraulique-est-la-cl-de-la-s-curit-de-l-eau.html>
- Comité National des Irrigations et du Drainage du Burkina. 2010. Irrigation de complément sur maïs en agriculture pluviale au Burkina Faso. Projet d'appui Projet d'Appui aux Initiatives des Producteurs vivriers et à l'Intensification Responsable. Farm, ARID, CNID-B.
- Oweis T, Hachum A. 2004. *Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water Productivity of Dry Farming Systems in West Asia and North Africa*. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site www.cropscience.org.au: 14p.
- Paturel, J. E., Servat, E., Kouamé, B., Lubès, H., Ouedraogo, M. & Masson, J. M. 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two: An integrated regional approach. / *Hydrol.* 191, 16-36.
- Perez P.. 2004. In : Ruf François (ed.), Lançon Frédéric (ed.). *From slash-and-burn to replanting : Green revolutions in the Indonesian uplands?*. Washington : World Bank, p. 43-48.
- PRADAN (Professional Assistance for Development Action). 2003. Storing water on farm and improving food security with five percent technology. PRADAN/IWMI. <http://www.cbd.int/doc/case-studies/tttc/tttc-00151-en.pdf>
- Rockström J, Barron J, Fox P. 2003. *Water Productivity in Rain-fed Agriculture: Challenges and Opportunities for Smallholder Farmers in Drought-prone Tropical Agroecosystems*. In: Kijne J.W, Barker R., Molden D., eds. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CAB International 2003: 145-162
- Roncoli, C., Ingram K. et Kirshen, P. (2001). "The costs and risks of coping with drought livelihood impacts and farmers' responses in Burkina Faso." *Climate Research* 19: 119-132.
- Sbeih M.Y. 2007. Rôle de l'irrigation de complément pour la production alimentaire dans un pays semi-aride, la Palestine. Gestion de la demande en eau en Méditerranée, progrès et politiques. Saragosse, 19-21 mars 2007. 1p.

- Sivakumar, M.V.K. Empirical analysis of dry spells for agricultural applications in west Africa. Journal of Climate; (United States); 1992, 5:5
- Sivakumar, M.V.K. Exploiting rainy season potential from the onset of rains in the Sahelian zone of West Africa . Agricultural and Forest Meteorology Volume 51, Issues 3-4, July 1990, Pages 321-332
- Some, L et Ouattara K. Irrigation de complément pour améliorer la culture du sorgho au Burkina Faso. Agronomie Africaine Vol. 17 (3) 2005: pp. 201-209
- Thiombiano M. 1985 Etude des dispositifs anti-érosifs et des techniques d'économie de l'eau au Yatenga (Ziga). Mémoire ISP.IDR. OUAGADOUGOU
- Zhu Q, Li Y. 2004. Rainwater harvesting: an alternative for securing food production under climate variability. Water Sci Technol; 49(7):157-63.

Remerciements

La présente étude a été réalisée avec le soutien du Centre de Recherches pour le Développement International (*CRDI*) dans le cadre du Projet Irrigation de Complément et Information Climatique. Le contenu de la publication relève de la seule responsabilité des auteurs et ne peut aucunement être considéré comme reflétant le point de vue du *CRDI*.