

Synthese Bibliographique Sur Les Technologies De Maitrise De L'eau Pour Les Cultures Dans Les Zones Humides Tropicales

Laurenda Rose Sohoun, Msc

Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé,
Laboratoire de l'Unité de Recherche des Agroressources, Togo

Christel Kénou, Msc

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi,
Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimation Forestière, Bénin

Jean Mianikpo Sogbedji, Maître de Conférences

Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, Laboratoire de l'Unité
de Recherche des Agroressources, Togo

Luc Ollivier Sintondji, Maître de Conférences

Euloge Kossi Agbossou, Professeur Titulaire

Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire
d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau, Bénin

Guy Apollinaire Mensah, Directeur de Recherches

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin,
Laboratoire des Recherches Zootechniques, Vétérinaire et Halieutique, Bénin

doi: 10.19044/esj.2016.v13n3p152 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p152](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p152)

Abstract

Water management for agriculture is a worry in the world. The objective of this study is to provide an overview of the current knowledge on water control's technologies for the crops in wetlands. Comparison research work carried out on different irrigation systems revealed that drip irrigation can lead to 28-35% of water saving in relation to irrigation surface technic. Surface irrigation offers higher yield in relation to drip irrigation. It's necessary to improve knowledge and local communities' technics on different water control technologies in order to provide irrigation's functions in developing countries. Research efforts on three important concepts are necessary such as : (i) local communities perceptions on crops water need and the responses of different crops technologies on crops yield ; (ii) interactions between agricultures prospects, water controls innvations and economics benefits of theses technologies.

Keywords: Technologies, Water, Wetlands, Agriculture

Résumé

La gestion de l'eau pour l'agriculture est une préoccupation ancienne et contemporaine dans le monde. Les pratiques et technologies de maîtrise de l'eau se sont développées dans un contexte de gestion durable des ressources naturelles. L'objectif de l'étude est de faire une synthèse des connaissances actuelles sur les technologies de maîtrise de l'eau pour les cultures dans les zones humides. Il ressort de cette analyse que l'agriculture irriguée contribue à la sécurité alimentaire, l'augmentation de l'emploi et la lutte contre la pauvreté dans de nombreuses régions du monde. Des études de comparaison effectuées sur les différents systèmes d'irrigation révèlent que l'irrigation goutte à goutte peut conduire à 28-35% d'économie d'eau par rapport au technique d'irrigation de surface. L'irrigation de surface offre des rendements supérieurs par rapport au goutte-à-goutte. Pour remplir les fonctions liées à l'irrigation dans les pays en voie de développement, il est nécessaire d'améliorer les connaissances et les techniques des communautés locales sur les différentes technologies de maîtrise de l'eau. Des efforts de recherche sur trois axes majeures sont indispensables tels que : (i) les perceptions des communautés locales sur les besoins en eau des cultures et les réponses de différentes technologies des cultures sur les rendements des cultures ; (ii) les interactions entre les perspectives d'agricultures, les pratiques innovantes de maîtrise de l'eau et les bénéfices économiques de ces technologies.

Mots clés: Technologie, Eau, Zone humide, Agriculture

Introduction

La croissance démographique, l'expansion agricole et la déforestation ont conduit à de multiples pressions sur les ressources mondiales en eau douce (Nejadhashemi *et al.*, 2012). Les pays à économie rurale, doivent nécessairement beaucoup produire pour répondre à leurs besoins alimentaires et nutritionnels. Dans ce contexte, les stratégies futures de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée. L'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne (Shiklomanov *et al.*, 2000). Les pays dans lesquels l'on a pu asseoir les bases d'une agriculture moderne sont ceux qui ont fait de réels progrès dans le domaine de la maîtrise de l'eau à des fins agricoles (Agbazahou, 2004).

Cette situation nécessite de bien comprendre les usages multiples de l'eau dans les systèmes d'irrigation. En Afrique de l'Ouest, les cultures

irriguées jouent un rôle prépondérant dans la satisfaction des besoins alimentaires et la diversification de la production agricole. A cet effet, la production maraîchère est une source importante d'emploi dans les milieux urbains, périurbains et surtout les rives des fleuves et/ou les vallées de certaines zones (Tiamiyou, 1995). Elle est une source de revenus monétaires de nombreux producteurs de ces zones spécifiques. La production de légumes représente l'activité principale en termes d'occupation et de revenu pour la majorité des exploitations agricoles. Le maraîchage contribuerait à la création de milliers d'emplois directs. Les revenus qui en découlent permettent à plusieurs dizaines de milliers de familles de satisfaire leurs besoins. Les cultures maraîchères sont des sources importantes de vitamines, de minéraux et procurent d'importants revenus pour les personnes qui sont impliquées dans sa production et dans sa commercialisation (Sikirou *et al.*, 2001; Achio *et al.*, 2015). Cependant, les déficiences entre la ressource disponible et la demande en eau, notamment agricole, sont devenues des préoccupations récurrentes dans de nombreuses régions du monde (Montginoul, 2011). Les préoccupations environnementales obligent aujourd'hui à une remise en question des volumes importants alloués à l'irrigation. L'amélioration de la gestion de l'eau devient une stratégie importante pour faire face aux pénuries futures de l'eau (Molden *et al.*, 2003).

Dans ce contexte paradoxal des zones humides, où l'abondance n'exclut pas la pénurie, la gestion de l'eau pour les besoins agricoles demeure une préoccupation majeure dans plusieurs régions du monde (Lavigne *et al.*, 1996). Cette disparité entre abondance et faible valorisation de l'eau implique de mettre un accent particulier sur les pratiques de gestion de l'eau pour l'agriculture dans les zones humides. Une compréhension claire des différentes options de gestion de l'eau, de même que les différentes technologies d'irrigation pour la production maraîchère dans les zones humides est une condition préalable pour une gestion durable des ressources en eau en vue d'attendre la sécurité alimentaire (Kohansal et Darani, 2009). Aujourd'hui au Bénin, peu de travaux ont documenté les potentiels d'irrigation pour la production maraîchère dans le contexte du Bénin. De même, des données sur les technologies d'irrigation adaptées pour la production maraîchère dans les zones humides sont très limitées en Afrique et particulièrement au Bénin. Pour combler ce gap d'information, le présent travail a été réalisé en fournissant une analyse des systèmes de maîtrise de l'eau dans la production agricole en insistant sur les cultures maraîchères et les déterminants de leur adoption. Ce travail a pour objectifs spécifiques de documenter les systèmes d'irrigation au Bénin, d'identifier le système d'irrigation qui pourrait être efficace dans les zones humides et

d'identifier les déterminants de leur adoption pour une meilleure maîtrise de l'utilisation des ressources en eau pour les cultures agricoles.

Importance de maîtrise de l'eau dans l'agriculture

L'agriculture consomme plus des deux tiers de l'eau douce de la planète (Chai *et al.*, 2016). En effet, l'eau est un des facteurs non biologiques limitant de la production végétale (Karam *et al.*, 2002). En Afrique, l'irrégularité des précipitations a créée de nombreuses incertitudes pour la production agricole et a mis en évidence la nécessité de l'irrigation. L'irrigation en Afrique a été initialement associée aux plaines d'irrigation des cours d'eau pérennes où ont été aménagés les premiers grands périmètres d'irrigation. Elle a longtemps été considérée comme une option pour améliorer et maintenir les moyens de subsistance en milieu rural en augmentant la production agricole. Elle peut réduire la dépendance de l'agriculture pluviale dans les zones sujettes à la sécheresse et augmenter l'intensité des cultures dans les zones humides et tropicales par l'extension de la zone cultivable et en introduisant des moyens efficaces de gestion de l'eau (Adamczewski *et al.*, 2001).

En Afrique, les zones irriguées, qui s'étendent sur plus de 6 millions d'hectares, ne représentent que 5 % des surfaces cultivées, contre 37 % en Asie et 14 % en Amérique Latine. Les deux tiers de ces superficies sont situées dans trois pays: Madagascar, l'Afrique du Sud et le Soudan. Au Nigéria, comme dans les autres pays de l'Afrique de l'Ouest, l'agriculture irriguée est une activité rentable. L'agriculture irriguée est capable de réduire la pauvreté parmi les ménages agricoles car ces ménages peuvent vivre au-dessus de 1 \$ US/jour /personne qui est le seuil de niveau de pauvreté (Dauda *et al.*, 2009).

L'irrigation en Afrique de l'Ouest constitue une très faible proportion de la production agricole. L'irrigation contribue seulement à 0,9% et 2,3% de la production totale de céréales et de légumes, respectivement en 2004 au Nigeria (FAO, 2004), le pays avec plus de 58% de la superficie totale irriguée en Afrique de l'Ouest. L'estimation globale de la contribution de l'irrigation à la production agricole en Afrique de l'ouest est d'environ 3% (FAO, 2005). Il peut cependant être beaucoup plus élevé par rapport à la production maraichère, vu que l'irrigation est presque synonyme de production maraichère en Afrique de l'Ouest.

Plusieurs travaux ont souligné la contribution de l'agriculture irriguée à la sécurité alimentaire, l'augmentation de l'emploi et la lutte contre la pauvreté dans de nombreuses régions du monde (Postel *et al.*, 2001 ; Buttarai et Narayanmoorthy, 2003 ; Hussain et Hanjra, 2004 ; Dittoh, 1997 ; Ojo *et al.*, 2011).

Il a été même mis en exergue la nécessité de doubler les superficies irriguées en Afrique Sub-saharienne, de 6, 4 millions d'hectares en 2000 à

12, 8 millions d'hectares, si la lutte contre la pauvreté devrait être atteint comme objectif du millénaire pour le développement (Commission pour l'Afrique, 2005). Cependant, les performances des systèmes d'irrigation en Afrique subsaharienne ont continué d'être très décevantes. L'échec des systèmes d'irrigation modernes dans la sous-région a été largement discutée (Dittoh, 1991a, 1997 ; Musa, 1991 ; Mariko *et al.*, 2001 ; Balmisse *et al.*, 2003). Les principales raisons de ces échecs se résument entre autres à l'approche top-down des politiques de décision en matière d'irrigation, le faible développement des infrastructures d'irrigation, le manque de données scientifiques agricoles.

Le manque de technologie simple, adapté aux conditions de production et les besoins des petits exploitants constituent un sérieux handicap pour atteindre la sécurité alimentaire sur le continent africain (Brabben et Kay, 2000).

Siebert *et al.* (2010) montrent qu'au niveau mondial, les superficies équipées pour l'irrigation sont actuellement environ 301 millions d'hectares dont 38% de superficies équipées pour l'irrigation avec les eaux souterraines. Les plus grands pays ayant de plus grandes superficies de zones équipées pour l'irrigation avec les eaux souterraines sont l'Inde (39 millions d'hectares), la Chine (19 millions d'hectares) et les Etats-Unis (17 millions d'hectares).

Une utilisation plus productive de l'eau pour l'agriculture par les communautés rurales conduit à une amélioration de la nutrition pour les familles, à plus de revenu et des emplois productifs (Morrison *et al.*, 2008). Abraham *et al.* (2001) mettent en exergue les bénéfices de l'irrigation, incluant l'augmentation de la production alimentaire dans les régions arides et semi-arides, la promotion de la croissance économique et du développement durable, les opportunités de création d'emploi et l'amélioration des conditions des vies des agriculteurs. En résumé, l'irrigation contribue à la réduction de la pauvreté et la protection de l'environnement.

Au regard des conditions agroécologiques en Afrique, les enjeux de la production maraîchère sont entre autres : la maîtrise de la ressource en eau et, le maintien de la fertilité des sols. Les zones humides offrent de nombreux potentiels pour la production maraîchère en Afrique. Elles assurent des fonctions économiques importantes comme les cultures agricoles ou la production légumière. Smarkin (2002) a proposé un dispositif pour analyser les besoins en eau des écosystèmes aquatiques et les aspects environnementaux liés à l'agriculture irriguée dans les bassins fluviaux. Hector, Priyanie et Huber-Lee (2005) ont examiné les effets de l'irrigation agricoles sur les écosystèmes des zones humides dans les pays en voie de développement. Ces auteurs ont conclu que l'utilisation de l'eau pour

l'irrigation a eu des effets positifs et négatifs sur les ressources en eau des zones humides.

Tendance et développement de l'irrigation

L'eau est essentielle à la survie humaine et au développement social. L'irrigation est amenée à produire plus pour suivre la demande alimentaire mondiale, et les gouvernements se sont donc engagés à améliorer l'efficacité de leurs systèmes irrigués afin d'augmenter leur production globale, tout en maintenant ou diminuant les volumes consommés. Les premières solutions explorées sont techniques. Dans les zones urbaines et péri-urbaines, le maintien de la production agricole dépend de l'accès à des sources d'eau à des fins d'irrigation et par conséquent sur les technologies d'irrigation. Dans ces zones, en fonction du risque d'inondation ou du stress hydrique, les cultures maraîchères sont généralement mises en place sur une série de niveaux superposés (Drechsel *et al.*, 2006).

Dans la plupart des pays de la sous-région, la méthode la plus courante d'irrigation est l'arrosage manuel à l'aide d'un arrosoir (Keraita *et al.*, 2003a). Cependant, l'utilisation des arrosoirs demandent une forte main d'œuvre. Ainsi, un producteur seul peut difficilement gérer plus d'un quart d'hectare (Taliki, 2005).

Danso *et al.* (2002a) ont estimé que 38% du temps des maraîchers de Kumasi est nécessaire à l'arrosage manuel contre 60 % pour les maraîchers de Dakar (Faruqui *et al.*, 2004). Dans ce contexte, pour exploiter de grande superficie, la plupart des producteurs ont recours à de la main d'œuvre salariée. Toutefois, l'irrigation simultanée avec deux arrosoirs a été citée comme l'une des raisons pour lesquelles les femmes sont rarement dominantes dans l'irrigation manuelle (Obuobie *et al.*, 2004). De plus en plus, de petites pompes sont utilisées pour l'irrigation par aspersion, bien que leur disponibilité soit souvent une contrainte pour les petits agriculteurs. L'irrigation par aspersion est une technologie intermédiaire entre le système manuel et les technologies de goutte-à-goutte. L'irrigation par aspersion est observée dans de nombreuses localités en Afrique de l'Ouest. Ainsi, on tend à promouvoir la petite irrigation parfois privée et la participation des usagers sur la base des meilleurs résultats obtenus. En même temps, se répand l'utilisation des ressources souterraines avec l'usage généralisé des pompes (à énergie animale, humaine ou à combustion). C'est dans le souci de compenser souvent les déficits hydriques constatés sur les cultures que de nouvelles innovations dans le domaine des aménagements hydro-agricoles sont apparues.

Aujourd'hui, plusieurs options de maîtrise de l'eau existent à travers le monde. Sur la base des modes de transport et de distribution de l'eau, les systèmes d'irrigation rencontrés au Bénin peuvent être répartis en cinq (05)

grandes types : (i) les jardins individuels ou familiaux, (ii) les périmètres irrigués gravitairement, (iii) les périmètres irrigués par aspersion, (iv) les périmètres irrigués par système d'irrigation localisée et, (v) les périmètres avec irrigation de complément ou d'appoint sur cultures de décrue (Gbaguidi, 2014).

Au Ghana, les systèmes d'irrigation observés peuvent être classés en deux groupes en fonction de leur niveau actuel de formalisation. Ce sont les systèmes conventionnels, qui sont principalement initiés et développés par le gouvernement du Ghana ou diverses ONG et (ii) les systèmes émergents. Les systèmes conventionnels sont en grande partie déterminés par l'offre. Ils sont développés avec l'intention de répondre à des objectifs multiples, y compris l'atteinte de la sécurité alimentaire, l'eau domestique, l'agriculture. Par contre, les systèmes émergents sont des systèmes d'irrigation initiés et développés par les agriculteurs privés, soit de façon autonome ou avec un peu de soutien du gouvernement et/ou des ONG (Namara *et al.*, 2010). Plusieurs travaux de recherche ont comparé l'aptitude des différents systèmes d'irrigation dans le monde. Albajia *et al.* (2015) démontrent que les méthodes d'irrigation goutte à goutte se sont montrées plus efficaces que celle des méthodes d'irrigation de surface pour améliorer la productivité des terres. Toutefois, ces travaux révèlent que les principaux facteurs limitant l'utilisation des méthodes d'irrigation de surface sont : la texture du sol, la salinité et la pente. Quant aux méthodes d'irrigation goutte à goutte, la texture, la salinité des sols constituent des facteurs limitant leur utilisation. Il importe de continuer les recherches afin d'analyser les innovations qui peuvent émerger des agricultures irriguées, afin d'évaluer le potentiel mais aussi les risques au regard des enjeux de société sur le partage des ressources en eau et sur les questions de durabilité (Jamin *et al.*, 2011).

Catégorisation des technologies de maîtrise de l'eau

Au niveau des petites exploitations agricoles, le système traditionnel d'irrigation comprend l'utilisation des arrosoirs. Bien que la faible exigence d'investissement de ces méthodes traditionnelles soit assez reconnue, leur capacité de production et la nature de main d'œuvre intensive les rendent très défavorable aux conditions de productions africaines (Kamara *et al.*, 2004). Bien que de nombreuses technologies d'irrigation diffèrent dans la façon dont l'eau obtenue à partir de la source est distribué dans le champ, en général, le but majeur est de fournir le champ avec une quantité uniforme d'eau de sorte à satisfaire les besoins en eaux de la plante (Andreas et Karen, 2002).

L'irrigation de surface

Les systèmes d'irrigation en surface se caractérisent par la manière dont la surface du sol permet l'écoulement de l'eau d'irrigation. Il existe quatre types : l'inondation incontrôlée, l'irrigation par calant, l'irrigation par cuvette et l'irrigation par rigole. Dans les systèmes d'irrigation de surface, l'eau se déplace sur et à travers la terre grâce à l'écoulement par gravité simple afin d'infiltrer le sol. L'irrigation de surface peut être subdivisée en sillon, bande frontalière ou l'irrigation du bassin (Brouwer, 1990; Compaoré, 2006).

L'irrigation par aspersion

L'eau est acheminée vers un ou plusieurs emplacements centraux dans le domaine et distribuée par des pistolets à haute pression. Ce système utilisant plusieurs arrosoirs montés en tête sur les risers constitue un système d'irrigation solide. Les systèmes d'arrosage par aspersion sont utiles surtout dans les régions à topographie irrégulière, et lorsqu'on désire apporter des quantités relativement faibles d'eau en peu de temps. L'irrigation par aspersion fait l'objet d'études scientifiques et techniques très poussées tant sur le plan théorique que sur le plan expérimental. De plus en plus, l'observation montre que les agriculteurs délaissent la technique d'aspersion pour essayer l'irrigation par goutte-à-goutte qu'ils maîtrisent beaucoup mieux surtout en Occident (Feuillette, 2001).

L'irrigation goutte à goutte

Comme son nom l'indique, l'eau est livrée près de la zone de la racine de la plante, goutte-à-goutte. L'irrigation par goutte-à-goutte utilise un système sous pression pour forcer l'eau dans des tuyaux perforés posés au-dessus du sol avec un débit variant de 1 à 10 L/h et par goutteur. Malgré la simplicité de la technologie, la méthode nécessite à la fois un investissement de départ et un entretien sérieux, car les goutteurs se bouchent facilement. Selon des études de la FAO en 2002, menées dans plusieurs pays arides et semi-arides, les agriculteurs qui passent de l'irrigation gravitaire ou de l'aspersion au goutte-à-goutte peuvent diminuer leur consommation de 30 à 50 %.

Dans l'agriculture moderne, l'irrigation goutte-à-goutte est souvent combinée avec des paillis, réduisant ainsi l'évaporation et les moyens de livraisons d'engrais. L'irrigation goutte-à-goutte, avec sa capacité à fournir de petites et fréquentes applications d'eau directement au voisinage de la zone des racines des plantes a suscité de nombreux intérêts en raison la diminution de la quantité d'eau utilisée (Darwish *et al.*, 2003; Jannat, 2003).

L'irrigation goutte-à-goutte a le potentiel d'utiliser les ressources limitées en eau pour produire efficacement plus de légume (Locascio, 2005).

Les principaux avantages de l'irrigation goutte-à-goutte sont entre autre la forte capacité d'appliquer de faible volume d'eau aux racines des plantes, de réduire les pertes par évaporation et d'améliorer l'uniformité de l'irrigation (Schwankl *et al.*, 1996).

L'utilisation des techniques d'irrigation goutte à goutte est sélectionnée lorsque la priorité est affectée à l'économie de l'eau (Darouich *et al.*, 2014). Ces mêmes auteurs rapportent que l'adoption des techniques d'irrigation goutte à goutte nécessite des incitations économiques appropriées auprès des agriculteurs et un changement dans les coûts de production afin d'accroître la valeur de la production. Cependant, les systèmes de goutte à goutte sont très coûteux, exigent un haut niveau de maintenance.

Kohansal et Darani (2009) ont comparé les technologies d'irrigation par aspersion et les technologies traditionnelles et étudié les facteurs de leur adoption. Albaji *et al.* (2013) ont comparé différentes méthodes d'irrigation sur la base d'un système d'évaluation paramétrique en Iran. Ces travaux montrent que l'irrigation par aspersion permettait d'améliorer l'arabité des sols contrairement aux méthodes d'irrigation goutte à goutte et de surface. De même, la comparaison des différents types de techniques d'irrigation révèlent que les méthodes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte étaient plus efficaces pour améliorer la productivité des terres.

Megersa et Abdulahi (2015) ont documenté les systèmes d'irrigation en Israël et identifié les méthodes d'irrigation les plus adaptées pour une agriculture durable dans les zones arides et semi-arides. Ces auteurs montrent que la principale technologie d'irrigation pour l'agriculture est l'irrigation goutte-à-goutte dans les régions arides et semi-arides. Ainsi, l'irrigation goutte-à-goutte a un taux d'efficacité plus élevé dans le secteur agricole, atteignant un taux de 70% par rapport à l'irrigation de surface qui est de l'ordre de 40%. Il faut cependant noter que le principal facteur limitant de l'irrigation de surface était le drainage et celui de l'irrigation par aspersion était la texture du sol. Quant à l'irrigation goutte à goutte, le principal facteur limitant reste le drainage

En comparaison des systèmes d'irrigation goutte à goutte avec celle de surface, Darouich *et al.* (2014) montrent que les systèmes d'irrigation goutte à goutte peuvent conduire à 28-35% d'économie d'eau par rapport au technique d'irrigation de surface. Par contre ces auteurs suggèrent que l'irrigation de surface offre des rendements supérieurs par rapport au goutte à goutte. Les deux caractéristiques qui distinguent l'irrigation de surface des autres techniques d'irrigation sont que l'eau s'écoule librement sous l'action de la gravité et que les moyens sur le terrain de transport et de distribution sont la surface du champ (Walker, 1989)

Déterminants de l'adoption des techniques de maîtrise de l'eau

Adeoti (2009) montre qu'au Ghana, le niveau d'instruction de l'agriculteur, la disponibilité de la main d'œuvre et le nombre de visites des services de vulgarisation par an sont des facteurs qui augmentent la probabilité d'adoption des technologies de maîtrise de l'eau. Ces résultats ont également montré que l'augmentation des superficies irriguées a un grand impact sur la pauvreté suite à l'adoption de pompe pour l'irrigation. Au Nigéria, Kohansal et Darani (2009) montrent que l'âge des agriculteurs et le nombre de main d'œuvre n'a pas un impact significatif sur l'adoption des technologies d'irrigation par aspersion. En outre, la fragmentation des terres, la pente du terrain, l'hétérogénéité du sol et de l'accès au crédit, la taille de l'exploitation, le niveau de diplôme ont un effet positif et significatif sur l'adoption de l'irrigation par aspersion. Par ailleurs, l'attente d'une meilleure information sur les technologies et sur les compétences à mobiliser pour les utiliser de façon efficace peut ainsi conditionner les choix technologiques individuels dans la mesure où l'adoption d'un nouveau système d'irrigation peut s'avérer quasiment irréversible à court ou moyen terme (Koundouri *et al.*, 2006). D'autres études ont montré que le choix de matériel d'irrigation était directement corrélé au choix d'assolement (Schoengold *et al.*, 2005).

Technique de gestion de l'eau pour les cultures

Il existe plusieurs approches visant à réduire la quantité d'eau en irrigation. Parmi ces approches existent des méthodes pour significativement économiser l'eau de sorte à améliorer l'efficacité de l'irrigation et la réduction de la consommation en eau des plantes.

Le paillage constitue l'une des pratiques de gestion de l'eau utilisé pour augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour la production agricole. Toute matière épandue sur la surface du sol pour protéger du rayonnement solaire ou de l'évaporation est appelé paillis. Différents types de paillis sont utilisés comme les herbes, les sachets plastiques, les résidus de récoltes. Ces éléments modèrent la température du sol et augmentent l'eau dans le cas de filtration abondante (Gajri *et al.*, 1994; Pattanaik *et al.*, 2003 ; Khurshid *et al.*, 2006).

Un grand nombre d'expériences ont été menées pour étudier l'effet de l'irrigation goutte à goutte et du paillage sur l'amélioration des rendements de nombreuses cultures. Sivanappan *et al.*, (1974) montrent que des rendements de 20-60% sont obtenus avec l'irrigation goutte à goutte, tandis que Doss et Evans (1980) ont noté une différence non significative du rendement selon les types d'irrigation. Dans le contexte de production maraichère, Jain *et al.* (2000) ont conclu que l'irrigation goutte à goutte et les paillis en plastique affectent nettement l'efficacité de l'eau pour l'irrigation. Toutefois dans des pays sous-développés, l'application des paillis plastiques

imposent des couts très important en termes d'équipement et de matériels (Yaghi *et al.*, 2013). Pour contourner ces contraintes, Wang *et al.*, (2004) recommandent l'utilisation des paillis organiques pour l'amélioration des rendements, surtout dans les zones humides.

Dans le cas des zones humides, la gestion efficace de l'irrigation peut être considérée comme l'une des préoccupations majeures pour une gestion durable des ressources en eau. La variation thermométrique associée à celle pluviométrique dans ce milieu constitue une contrainte pour les maraîchers. Ce qui n'est pas sans conséquence sur la production maraîchère dans les zones situées dans les plaines d'inondation. Des études ont montré que le renforcement de l'utilisation efficace de l'eau est la clé de la lutte contre la pénurie d'eau et les questions de sécurité alimentaire (Hanjra et Qureshi 2010 ; Tejero *et al.*, 2011). Dans ce contexte, en effet, la pénurie de ressources en eau est un problème mondial, qui en Afrique de l'Ouest est exacerbée par le changement climatique. Zou *et al.*, (2012) montrent que l'irrigation pour une économie d'eau peut servir de catalyseur utile pour faire face aux changements climatiques. Dans le même contexte, plusieurs travaux montrent que le désir de conserver l'eau par l'utilisation des paillis relève de la volonté d'accroître les rendements.

Dans plusieurs régions du monde, les agriculteurs notent des économies d'eau de 24-26% lorsque les paillis plastiques sont utilisés (Ingman *et al.*, 2015).

Contraintes liées à la maîtrise de l'eau dans les zones humides

Alors que le monde devient de plus en plus dépendant de la production des terres irriguées, l'agriculture irriguée est de plus en plus confrontée à des défis majeurs qui menacent la sécurité alimentaire. Il existe très peu de travaux sur l'impact de l'irrigation sur les ressources en eau des zones humides dans les pays en développement. Il devient important de faire une gestion rationnelle des ressources en eau et augmenter les superficies irrigables pour faire face aux besoins croissantes de la population. Au Bénin, les évènements pluvio-hydrologiques occasionnent des pertes des produits agricoles. Ces différentes pertes s'observent lors des inondations des champs par les eaux de pluies d'une part et part les eaux des crue (Zoundjè *et al.*, 2000). Dans de nombreux pays en Afrique subsaharienne, les agriculteurs manquent généralement des moyens adéquats et des incitations sur les besoins en eau des cultures, les différentes technologies d'irrigation, les différents effets des diverses technologies sur les rendements des cultures (Levidow *et al.*, 2014). L'absence d'un cadre politique favorable à l'irrigation constitue aussi un obstacle majeur au Bénin.

Au Bénin, les cultures de décrue sont essentiellement pratiquées dans la basse vallée de l'Ouémé aussi bien en rive droite qu'en rive gauche.

Toutefois, des perturbations climatiques sont telles que présentement, l'irrigation de complément est indispensable pour espérer des résultats de production intéressants (Gbaguidi, 2004). Dans ce contexte, il est important d'évaluer les dispositions de maîtrise de l'eau dans ces régions à fort potentiel agricole.

La non maîtrise ou le non-respect des techniques de conduite de l'irrigation sur les périmètres à gestion paysanne collective constitue une contrainte majeure qui mérite d'être levée. Dans le cas de production de riz, les capacités d'utilisation de l'eau dans les systèmes existants restent insatisfaisantes quant aux potentiels disponibles. Les raisons de cette situation sont entre autres le manque soutien gouvernemental pour promouvoir l'irrigation et la dépendance à la pluviométrie naturelle (Owusu *et al.*, 2013).

L'irrigation au Bénin est à un stade embryonnaire et les questions de la rentabilité des exploitations irriguées n'ont pas encore été particulièrement examinées pour dégager des conclusions fiables.

Perspectives de recherches futures

Le véritable défi en Afrique est de fournir de l'eau d'irrigation pour la production agricole dans un contexte de gestion durable des ressources en eau. De nombreux domaines de recherches sont nécessaires dans un futur proche pour une gestion durable des ressources en eau, en économisant les ressources en eau tout en augmentant la demande future d'eau pour l'irrigation.

Pour remplir les fonctions liées à l'irrigation dans les pays en voie de développement, il est nécessaire d'améliorer les connaissances et les techniques de communautés locales sur les différentes technologies de maîtrise de l'eau (Sakaki et Koga, 2013). Au Bénin, très peu de littérature existent sur ces différents aspects, ce qui limite leur intégration dans les stratégies de gestion intégrée des ressources en eau. Dans ce contexte, il est important d'identifier les meilleures pratiques d'irrigation qui permettent à la production maraîchère de s'accroître dans le future. Ceci fait appel aux systèmes de gestion efficace des ressources en eau. Par ailleurs, la qualité de l'eau pourrait influencer le choix des systèmes d'irrigation. Le choix d'un système d'irrigation approprié est crucial pour maximiser la production des cultures tout en minimisant les impacts environnementaux. De futures investigations devront être menées afin de mieux comprendre la contribution du système de maîtrise de l'eau à l'amélioration des rendements agricoles. De façon globale, la demande en eau pour l'irrigation devrait augmenter de 7 à 17% à l'horizon 2050 (Islam et Gan, 2015). Au Bénin, il est maintenant admis qu'un certain changement climatique d'origine anthropique est inévitable. Les impacts potentiels sur l'alimentation en eau ont fait l'objet de

nombreuses attentions, mais peu de connaissances sont disponibles sur les changements associés en termes de disponibilité de l'eau pour la production agricole. De même, dans les zones humides, peu d'études ont été menées pour évaluer la demande d'eau pour l'irrigation et les effets des différentes techniques de maîtrise de l'eau sur le rendement des cultures. Cependant, de nombreuses études ont mis en exergue l'avantage de l'utilisation des paillis en plastique pour l'économie de l'eau dans la production agricole, de même pour augmenter le rendement des cultures (Anikwe *et al.*, 2007).

Dans les conditions du Bénin, quelle quantité d'eau est économisée à travers ce système de paillage, tant plastique que végétale. Cette compréhension est surtout limitée aux endroits particuliers des bassins versants comme les bas-fonds. Des recherches sont nécessaires pour mieux évaluer la quantité d'eau conservée par l'application des différents types de paillages au regard des conditions environnementales au Bénin.

Cependant, les facteurs d'adoption des différentes technologies de maîtrise de l'eau sont très peu documentés au Bénin. De même, en adoptant une technologie d'irrigation, les producteurs cherchent à maximiser les bénéfices et à économiser l'eau (Knox *et al.*, 2012). Par conséquent, des efforts de recherche sur trois axes majeures sont indispensables pour comprendre les facteurs d'adoption des technologies d'irrigation à savoir : (i) les perceptions de communautés locales sur les besoins en eau des cultures et les réponses de différentes technologies des cultures sur les rendements des cultures (Hsiao *et al.*, 2007) ; (ii) les interactions entre les perspectives des agricultures, les pratiques innovantes de maîtrise de l'eau et les bénéfices économiques de ces technologies (Miller, 2007) . De telles études sont indispensables pour fournir un cadre incitatif et innovant à toutes les parties prenantes de la gestion durable des ressources en eau, en insistant sur les pratiques et perceptions actuelles au niveau des producteurs agricoles et principalement maraîchers. Sur cette base, des pratiques plus efficaces de gestion de l'eau pourrait être mis en exergue pour réduire les impacts environnementaux de l'irrigation.

Islam et Gan (2015) ont évalué la demande future de l'irrigation au sein d'une zone humide de Alberta dans un contexte de changement climatique. La réaffectation des ressources en eau et la modification des systèmes d'irrigation peut avoir un rôle à jouer pour l'amélioration de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture (Homayounfar *et al.*, 2014). Dans les zones humides, l'irrigation est utilisée pour maximiser le rendement des cultures ou pour produire une grande variété de culture.

Conclusion

Dans un contexte de raréfaction et des risques de changements climatiques, la gestion de la ressource en eau est devenue une préoccupation

majeure du monde entier. Cette synthèse a mis en exergue les différentes technologies majeures de maîtrise de l'eau en Afrique de l'Ouest. Le système d'irrigation traditionnel reste prédominant. En perspective, il est nécessaire de produire plus à travers la mise en place de technologie adaptée aux conditions des milieux afin d'atteindre la sécurité alimentaire.

References:

1. Abdoulaye, A. R., Ramanou, A.Y. M. A. (2015). Urban Market-Gardening in Parakou (Republic of Benin): Spatial Dynamics, Food Security, Protection of the Environment and Creation of Employments. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 3, 93-103.
2. Abraham, B. G., Nata, T., Bheemalingeswara, K., Mokennen, H. (2011). Suitability of Groundwater Quality for Irrigation: A Case Study on Hand Dug Wells in Hantebet Catchment, Tigray, Northern Ethiopia. *J. Am. Sci.* 7(8): 191-199.
3. Achio, S., Kutsanedzie, F., Ameko, E. (2015). Assessment of Irrigation Dynamics on Vegetable Production Safety in the Accra Metropolis. *Open Access Library Journal*, 2: e1889.
4. Adamczewski, A., Hertzog, T., Dosso, M., Jouve, P., Jamin, J. Y. (2011). L'irrigation peut-elle se substituer aux cultures de décrue?. *Cahiers Agricultures*, 20(1), 97-104.
5. Adeoti, A. I. (2009). Factors Influencing Irrigation Technology Adoption and its Impact on Household Poverty in Ghana. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 109 (1): 51-63.
6. Albaji, M., Golabi, M., Nasab, S. B., Zadeh, F. N. (2015). Investigation of surface, sprinkler and drip irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Jaizan Plain. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 14, 1-10.
7. Albajia, M., Shahnazarib, A., Behzada, M., Naseria, A., BoroomandNasaba, S., Golabia, M. (2010). Comparison of different irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Dosalegh plain: Iran. *Agricultural Water Management*, 97(7): 1093-1098.
8. Andreas, P. S., Karen, F. (2002). *Irrigation Manuel. Planning, Development, Monitoring and Evaluation of irrigated agriculture with farmer participation*. Harare, 1: 1-6.
9. Ayars, J. E., Bucks, D. A., Lamm, F. R., Nakayama, F. S. (2007). "Introduction". In: Lamm FR., Ayars, JE., and Nakayama, FS. (ed). "Microirrigation for crop production: Design, operation and

- management”. Developments in Agricultural engineering 13, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-26.
10. Balmissé, S., Faure, G., Ilu, I.Y. (2003). “Integration of existing farming system in Hadejia Valley Irrigation Project” Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Actes du colloque, mai 2002 Garoua, Cameroun. Prasad, N’djamena, Tchad.
 11. Lavigne Delville, Ph., Boucher, L. et Vidal, L. (1996). "Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : stratégies paysannes, contraintes agronomiques et aménagements" in Pichot et al eds. Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, actes du séminaire international, CIRAD, pp. 148-161
 12. Bhattarai, M., Narayanamoorthi, A. (2003). Impacts of irrigation on poverty alleviation in India: a Macro level panel analysis, 1971 to 1994. Water policy, 5:443-458.
 13. Brouwer, C. (1990). Méthode d’irrigation. FAO, Italy, 74 p.
 14. Chatterjee, J. S. (2005). A critical review of irrigation techniques in acute wounds. Int Wound J 2:258-265.
 15. Compaoré, M.L. (2006). Panorama des techniques d’irrigation et éléments de choix. In : Tiercelin J.-R. & Vidal A., eds. *Traité d’irrigation*. 2e éd. Paris : Lavoisier, 489-512.
 16. Darouich, H. M., Pedras, CMG., Gonçalves, J. M., Pereira, L. S. (2014). Drip vs. surface irrigation: A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. Biosystems Engineering, 122 : 74-90.
 17. Dauda, T. O., Asiribo, O. E., Akinbode, S. O., Saka, J. O., Salahu, B. F. (2009). An assessment of the roles of irrigation farming in the millennium development goals. African Journal of Agricultural Research, 4 (5): 445-450.
 18. Dittoh, S. (1991a). The crisis of irrigation development in West Africa. West African economic Journal, 6: 24-34.
 19. Donou, B. (2009). Evénements pluvio-hydrologiques extrêmes et production agricole dans le Delta du fleuve Ouémé. Mémoire du DEA, DGAT, Abomey-Calavi, Bénin, 85 p.
 20. Douh, B., Boujelben A. (2010). Water saving and eggplant response to subsurface drip irrigation, Journal of Agricultural Segment, 1(2): 15-25.
 21. Drechsel, P.; Graefe, S.; Sonou, M., Cofie, O. O. (2006). Informal irrigation in urban West Africa: An overview. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 40.p. (IWMI Research Report 102)
 22. FAO. 2005. Irrigation in Africa in figures- AQUASTAT Survey

23. Faruqi, N.I., Niang, S., Redwood, M. (2004). Untreated wastewater use in market gardens; a case study of Dakar, Senegal. In *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*, ed. C.Scott, N.I. Faruqi, L.Raschid. Wallingford: IWMI-IDRC-CABI. pp. 113-125.
24. Gowing, J.W., Li, Q., Gunawardena, T. (2004). Multiple-use management in a large irrigation system: benefits of distributed secondary storage. *Irrigation & Drainage Systems* 18(1): 57–71.
25. Haile, G. G., Kasa, A. K. (2015). Irrigation in Ethiopia: A review. *Acad. J. Agric. Res.* 3(10): 264-269.
26. Halwart, M., Dam, A. A. van. (2010). *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO, 199 p.
27. Hanjra M. A., Gichuki, F. (2008). Investments in agricultural water management for poverty reduction in Africa: Case studies for Limpopo, Nile and Volta river Basins. *Natural Resources Forum*, 32(3): 185-202.
28. Hsiao, T.C., Steduto, P., Fereres, E. (2007). A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrig. Sci.*, 25, 209–231.
29. Ingman M., Santelmann, MV., Tilt, B. (2015). Agricultural water conservation in China: plastic mulch and traditional irrigation. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(4):12.
30. Jamin, JY., Bouarfa, S., Poussin, JC., Garin, P. (2011). Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cah Agric*, 20, 10-5.
31. Jamin, J. Y., Bouarfa, S., Poussin, J. C., Garin, P. (2011). Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cah Agric*, 20, 10-5. doi : 10.1684/agr.2011.0477
32. Karam, F., Breidy, J., Roupheal, R., Lahoud. (2002). Stress hydrique, comportement physiologique et rendement du maïs hybride (cv Manuel) au Liban. *Cah Agric*, 11, 285-91.
33. Keraita, B., Danso, G., Drechsel, P. (2003a). Irrigation methods and practices in urban agriculture in Ghana and Togo. *Urban Agriculture Magazine* 10, 6-7.
34. Kiepe, P. (2010). Caractérisation des trois environnements clés pour l'intégration irrigation-aquaculture et leurs appellations locales. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 1-5.
35. Knox, J. W., Kay, M. G., Weatherhead, E. K., (2012). Water regulation, crop production and agricultural water management-

- understanding farmer perspectives on irrigation efficiency. *Agric. Water Manage.* 108 (1), 3–8.
36. Kohansal, M. R., Darani, R.H. (2009). Choosing and ranking irrigation methods and the study of effective factors of adoption in Khorasan Razavi province in Iran. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 15, 67-76.
 37. Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M., Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management* 146, 84-94.
 38. Locascio, J.S. (2005). Management of irrigation for vegetables: past, present, future. *Hort. Technol.*, 15(3), 482-485.
 39. Megersa, G., Abdulahi, J. (2015). Irrigation system in Israël: A review. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering.* 7 (3), 29-37.
 40. Miller, A. (2007). Environmentally Sustainable Agri-Food Production. Environmental Sustainability Knowledge Transfer Network (ESKTN).
 41. Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I. (2003). A water-productivity framework for understanding and action. In: Kijne W, Barker, R and Molden, D. (eds) *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvements.* CAB International, Wallingford, U.
 42. Shiklomanov, I. A. (2000). Appraisal and assessment of world water resources, *Water Int.* 25(1), 11–32
 43. Montginoul, M. (2011). Des accords entre parties prenantes pour gérer l'impact des prélèvements agricoles individuels dans les nappes phréatiques. Les enseignements de trois cas de gestion des pollutions diffuses. *Cah Agric* 20, 130-5.
 44. Morison, J.I.L., Baker, N.R., Mullineaux, P.M., Davies, W.J. (2008). Improving water use in crop production. *Phil. Transactions Royal Society B* vol. 363, 639-658.
 45. Namara, R.E., Sally, H. (2014). Proceedings of the Workshop on Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future, Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 373p. doi:10.5337/2014.218
 46. Namara, R. E., Horowitz, L., Kolavalli, S., Kranjac-Berisavljevic, G., Dawuni, B. N., Barry, B., Giordano, M. (2010). Typology of irrigation systems in Ghana. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 35p. (IWMI Working Paper 142). doi: 10.5337/2011.200

47. Namara, R. E., Horowitz, L., Kolavalli, S., Kranjac-Berisavljevic, G., Dawuni, B. N., Barry, B., Giordano, M. (2010). Typology of irrigation systems in Ghana. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 35p. (IWMI Working Paper 142). doi: 10.5337/2011.200
48. Obuobie, E., Drechsel, P., Danso, G., Raschid-Sally, L. (2004). Gender in open-space irrigated urban vegetable farming in Ghana. *Urban Agriculture Magazine* 12, 13-15.
49. Ojo, O.D., Connaughton, M., Kintomo, A. A., Olajide-Taiwo, L.O., Afolayan, S. O. (2011). Assessment of irrigation systems for dry season vegetable production in urban and Peri-urban zones of Ibadan and Lagos, Southwestern Nigeria. *African Journal of Agricultural research*, (2), 236-243.
50. Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D., Vyrlas, P. (2002). Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. *Global Nest: The International Journal*, 4(2-3), 85-91
51. Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoozeveld, J., Döll, P., Portmann, F. T. (2010). Groundwater use for irrigation—a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1863-1880.
52. Siebert, S., Hoozeveld, J., Frenken, K. (2006). Irrigation in Africa, Europe and Latin America - Update of the Digital Global Map of Irrigation Areas to Version 4. Frankfurt Hydrology Paper 05, Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
53. Sikiro, R., Afouda, L., Zannou, A., Assogba-Komlan, F., Gbehounou, G. (2001). Diagnostic des problèmes phytosanitaires des cultures maraîchères au Sud Bénin: cas de la tomate, du piment, et l'oignon et du gombo. *In Actes 2 de l'atelier scientifique sud et centre du 12 au 13 Décembre à Niaouli*, Agbo et al., éditeurs. pp. 102-124.
54. Singh, D.K., Rajput, T.B.S. (2007). Response of lateral placement depths of subsurface drip irrigation on okra (*Abelmoschus esculentus*), *Int. J. Plant Production* 1, 73-84.
55. Tallaki, K. (2005). The pest control systems in the market gardens of Lomé, Togo. In *AGROPOLIS The social, political and environmental dimensions of urban agriculture*, ed. L. Mougeot, IDRC, Ottawa. Earthscan, London. pp. 51-67.
56. Vissin, E. W. (2007). Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de doctorat, l'Université de Bourgogne, France, 310 p.

57. Wang, F.X., Kang, Y.H., Liu, S.P. (2006). Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain. *Agricultural Water Management* 79, 248-264.
58. Yaghi, T., Arslan, A., Naoum, F. (2013). Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management* 128, 149-157.
59. Pattanaik, S. K., Sahu, N. N., Pradhan, P. C., Mohanty, M. K. (2003). Response of Banana to drip irrigation under different irrigation designs. *Journal of Agricultural Engineering, ISAE*, 40(3), 29-34.