

DEVELOPPEMENT DE LA MICROIRRIGATION DANS LE MONDE

KETTAB Ahmed¹, ZELLA Lakhdar²

RESUME

Le présent article vise à présenter une rétrospective du rôle de l'eau dans les anciennes sociétés et son importance dans le développement socio-économique. Les problèmes engendrés par les limites de gestion de la ressource en eau, du sol et de l'énergie ont conduit à de nouveaux concepts et de nouvelles techniques de répartition d'eau englobées sous le terme de microirrigation. Du stade expérimental ayant prouvé des performances avantageuses, la microirrigation est passée à l'application à grande échelle avec une dynamique de croissance élevée. En Algérie, cette technique est mal connue et elle serait à un stade de balbutiement bien que les potentialités d'utilisation représentent 80% de la SAU irriguée et 54% de la superficie concernée par la grande hydraulique actuellement dominée à 71,3% par une irrigation traditionnelle et 28,7% en aspersion. L'économie d'eau induite avoisine 1 milliard de mètres cubes d'eau sur les volumes actuellement gérés. Un doublement de la SAU irriguée et une nette amélioration des rendements agricoles seront ainsi potentiellement réalisés.

Mots clés: Eau, civilisations, microirrigation, potentialités.

ABSTRACT

The present article aims to present a retrospective of the water role in the ancient societies and its importance in the socioeconomic development. Problems begotten by limits of management of the resource in water, soil and the energy drove to new concepts and news techniques of water distribution included under the term of microirrigation. Some experimental stadium having proven some advantageous performances, the microirrigation passed to the application to big ladder with an elevated growth dynamics. In Algeria, this technique is known badly and it would be to the stadium of the vulgarization although potentialities of utilization represent 80% of the SAU irrigated and 54% of the surface concerned currently by the big hydraulic dominated to 71,3% by a traditional irrigation and 28,7% in sprikler irrigation. The induced water economy adjoins 1 billion of m³ water on the currently managed volumes. A doubly some area irrigated and a clean improvement of the agricultural fruitfulness will be won thus potentially.

Key words: Water, civilizations, microirrigation, potentialities.

¹ Professeur/Directeur de Recherches à l'Ecole Nationale Polytechnique (E.N.P.)- 10, Av. Hacène-Badi BP182 El-harrach 16000 ALGER. Directeur du Laboratoire de Recherches des Sciences de l'Eau (LRS-EAU)
Coordonnateur d'un groupe Méditerranéen sur l'eau (RMEI), Email: kettab@yahoo.fr

² Enseignant chercheur, Université de Blida, Algérie, Email: lakhdarz@yahoo.fr

INTRODUCTION

L'agriculture activité, traditionnelle et fondamentalement vitale, est à l'origine de l'émergence des civilisations. Elle s'était développée là où les conditions hydro-pédologiques étaient naturellement aptes à la culture. Ainsi les anciens peuples se sont sédentarisés en pratiquant l'irrigation pour subvenir à leurs besoins vitaux de plus en plus croissants. Les rives des lacs, des fleuves, des mers ont favorisé les pôles de peuplements humains, animaux et végétaux. Sumer, Akkad et Ur ont été des peuplements issus de Babylone établis autour du Tigre et de l'Euphrate; mais il y a lieu de noter que, voilà plus de 7000 ans, du temps du Néolithique, se pratiquait déjà l'agriculture. "La prospérité d'un peuple dépend de l'irrigation" déclarait, il y a près de 4000 ans, Hammourabi, le sixième roi et fondateur de la première dynastie de Babylone (Anonyme, 1997a). Autour du Nil, des bassins de stockage d'eau *-hods-*, un barrage de 13 mètres de haut et un puits de 90 mètres de profondeur ont été réalisés par le premier roi de la première dynastie égyptienne : le pharaon Menès, 3400 ans avant notre ère. L'écope, un ensemble de palettes en bois, associé à un balancier par la suite devenue *Chadouf*, est l'ancêtre de la pompe hydraulique. La vis d'Archimède y était, semble t-il, née aussi. Les Nabatéens ont eux également été des pionniers dans les aménagements hydrauliques en réalisant des bassins de stockage dans le désert du Néguev.

Beaucoup d'historiens soulignent, assez clairement, la corrélation entre la maîtrise de l'eau et la force des empires, devenus de véritables sociétés hydrauliques. La pratique de l'irrigation a assuré la longévité socio-économique de ces peuples en garantissant des surplus de production qui renforcèrent leur sécurité. Les moyens propres à chaque période historique trouvent leurs limites dès lors qu'il y a un besoin impératif d'accroître la production. Ainsi, l'humanité est passée progressivement du stade de la chasse et de la cueillette à celui de l'agriculture et de l'élevage mais chronologiquement l'irrigation a été le socle des civilisations qui se sont succédées.

A l'inverse des autres gisements naturels qu'exploitait l'homme, les ressources hydrauliques naturelles se présentent sous la forme d'un flux constamment renouvelé par le cycle de l'eau mais d'une extrême irrégularité dans l'espace et dans le temps. L'eau, élément fondamental à la vie "ou la vie elle même", modèle la biosphère et la lithosphère et peut devenir un facteur de destruction si elle n'est pas contrôlée. Le problème se complique dès lors que l'eau devient insuffisante et de surcroît de qualité médiocre, un choix devra être fait, en vue de satisfaire les besoins prioritaires. Ce rapport problématique de l'homme à l'eau n'est en fait pas isolé, il s'étend en effet à d'autres éléments de la nature quoique l'intérêt ne fût pas de même intensité. Cela explique que la nature et ses bouleversements posaient déjà trop d'énigmes à l'esprit des alchimistes grecs, romains, chinois et musulmans et les ont amené à définir les relations entre le feu, l'air, l'eau et la terre. Au milieu du V^{ème} siècle av. JC, Empédocle d'Agrigente ajouta que ces quatre éléments répondent aux apparences et aux états de la matière: "La terre est le principe et le support de l'état solide et de la sécheresse. L'eau, obtenue soit par fusion ignée soit par dissolution est le principe et le support de l'état liquide

et du froid ; L'air, celui de l'état volatil et gazeux. Le feu, plus subtil répond à la fois à la notion de fluide éthéré support symbolique de la lumière, de la chaleur et des affinités" (Anonyme, 1997a).

De naissance, les peuples ont été des agriculteurs mais la machine a peu à peu réduit leur place dans la production directe. Pendant des millénaires, l'agriculture a été quasi autonome sur le plan énergétique et garantissait même de l'énergie. Jadis, il fallait 500 heures de dur labeur pour obtenir une tonne de céréales en culture manuelle et 400 heures en culture attelée alors qu'en agriculture moderne, il n'en faut guère que 2 heures, mais cela requiert un investissement conséquent en capital, en formation technique et en énergie. La relation de l'agriculture à l'énergie est de plus en plus étroite. L'introduction de la machine a constitué un tournant dans les pratiques agricoles et la productivité. La puissance développée par travailleur est multipliée par cent et le temps de travail s'est considérablement réduit. Pour récolter 1ha de céréales, il fallait 100 heures à la faucille en 1800, 25 heures à la faux en 1850, 3 heures avec la faucheuse-lieuse à traction animale en 1900 et moins d'une heure à la moissonneuse batteuse de nos jours. Entre 1800 et aujourd'hui, le rendement à l'hectare a par ailleurs septuplé (Anonyme, 1997a). En Europe occidentale, ce n'est que depuis peu de temps que l'homme se trouve à l'abri de la famine et des épidémies et c'est dès le XVIII^{ème} siècle que l'agriculture a pour support des pratiques scientifiques. On est tenté de croire qu'elle a banni à jamais la sous-alimentation dans les pays ayant intégré totalement les sciences agronomiques dans leurs complexes agro-alimentaires.

Aujourd'hui, l'agriculture a perdu son autonomie énergétique et désormais pour produire une calorie rendue- assiette, sachant que la ration énergétique d'un adulte est de 2700 à 3000 cal/j, une dépense moyenne de 5,5 cal pétrole est nécessaire. L'apport de la machine et des technologies nouvelles a réduit considérablement la main d'œuvre agricole. Pour l'ensemble des pays, elle est en nette régression, elle est passée de 48,9% à 46% entre 1990 et 1997 (Anonyme, 1997b). En Afrique, elle a diminué de 62,8 à 58,9% et en Europe de 10 à 9,6%. Cette main-d'œuvre est demeurée abondante dans les pays à agriculture traditionnelle avec un taux des plus élevé soit 93,3% pour le Népal et 84,6% pour la Guinée. En revanche, en France aux USA ou en Angleterre, la participation directe de la population est des plus faibles avec des taux respectifs de 3,9 à 2,3 et seulement 1,9% pour l'année 1997. La mécanisation à outrance, l'automatisation, les nouvelles techniques sont pour beaucoup dans cette tendance. En Algérie ce paramètre a évolué de 26,1 à 25%, inférieur à la moyenne mondiale mais largement supérieur à celui des pays développés, d'autant plus que la mécanisation de l'agriculture algérienne a vu son rythme diminuer ces dernières années.

UTILISATION DE L'EAU ET DES SOLS

Actuellement la demande moyenne mondiale est de 500 m³ d'eau/habitant/an, elle atteint 1000 m³ dans les pays à haut niveau de développement. Lorsque la population mondiale atteindra 10 milliards d'habitants, il faudrait plus de 10000 Km³ d'eau pour répondre à ses besoins annuels

dans les domaines agricoles, alimentaires et industriels. Or, les ressources disponibles sont évaluées à 1,34 milliard de Km^3 d'eau, représentant le volume total d'eau que contient notre planète auxquels il faut soustraire 97% qui représentent les océans, les mers et les lacs salés (Kettab, 2001), (Kettab, 2002). Ils restent alors 38,3 millions de Km^3 dont 29,5 millions de Km^3 dans les glaciers et les calottes polaires et 8,8 millions de Km^3 d'eau effectivement disponibles avec 8,6 millions de Km^3 en réserve souterraines alors même que la réserve d'eau des fleuves et des rivières que l'homme utilise le plus largement avoisine 1250 Km^3 . Les cours d'eau et les nappes aquifères à cheval sur les frontières nationales entraînent de ce fait des conflits et posent de difficiles questions de gestion de ces ressources. Tel est le cas du barrage Ataturk à l'amont de l'Euphrate qui retient 48,8 milliards de m^3 d'eau et offre la perspective d'irriguer des millions d'hectares de terre.

Il faut signaler à cet égard, que 70% des prélèvements mondiaux sont destinés à l'irrigation parmi lesquels 40% se perdent chemin faisant à cause de la prédominance des techniques déficientes utilisées en irrigation, des techniques qui aggravent les déficits en eau et la propagation de la pollution. Au niveau mondial, 1,4 milliard de personnes sur 5,8 n'ont pas accès à l'eau et le déséquilibre s'élèvera en 2020 à 3 milliards sur 8, particulièrement dans les pays méditerranéens (Kettab, 2003).

En Algérie, la disparité de la disponibilité des ressources hydriques est remarquable [10]. Le Tell qui représente 7% de la superficie du pays enregistre 90% de l'écoulement total, le reste du territoire est caractérisé par une aridité chronique. L'apport pluviométrique annuel est à hauteur de 65 milliards de m^3 dont 46 s'évaporent, 15 milliards ruissellent et 4 milliards s'infiltrant. Les possibilités de mobilisation en 2010 estimées à 4,52 milliards de m^3 , représenteront un taux de mobilisation de plus de 30% de l'écoulement moyen annuel mais insuffisant pour satisfaire les besoins croissants (Anonyme, 1990), (Kettab, 2001), (Kettab, 2002). L'analyse des variations des volumes des deux principales réserves d'eau souterraines au sud du pays - albienne et complexe terminal- a montré que dès 1970, les nappes étaient surexploitées avec un prélèvement de 3 m^3/s , les niveaux piézométriques n'ont pas cessé de baisser, bien que les différentes simulations effectuées montrent qu'il est possible d'envisager une exploitation contrôlée jusqu'à 5 milliards de m^3/an pour les deux nappes (Anonyme, 1990). Les superficies irriguées s'élèvent à 498430 ha soit 6,64% de la SAU et les terres irrigables à 1154000 ha (hors Sahara) dont 607000 ha facilement irrigables et 547000 ha irrigables moyennant des travaux. Les superficies concernées par la grande hydraulique, essentiellement les périmètres irrigués varient entre 50 et 90000 ha, celles relatives à la moyenne et petite hydraulique vont de 230 à 260000 ha dont 3% desservies par les retenues collinaires, 42% par les puits, 20% par les forages, 3% par les sources et 8% au fil de l'eau. L'épandage des crues concerne 24% des terres irriguées [6]. Par ailleurs sur un total de 498430 ha irrigués (Anonyme, 1997c) les quatre wilayates du Sud s'accaparent 30% de la SAU irriguée. La wilaya de Biskra occupe la première place avec 13,24%, suivi de la Wilaya de M'sila avec 5,64 % puis la Wilaya

d'Adrar avec 5,54% et celle d'El Oued avec 5,3%. Ce sont particulièrement ces zones d'irrigation qui nécessitent une rénovation de leur technique d'irrigation.

L'agriculture telle que pratiquée depuis longtemps a montré ses limites face à des besoins croissants et des changements fondamentaux y sont apportés régulièrement. Le ratio (SAU irriguée/habitant) n'a pas cessé de diminuer, de 0,009 ha/hab. en 2000, il serait seulement de 0,005 ha/hab. en 2025. Si les rendements agricoles ne s'améliorent pas et la superficie agricole (3,1% de la surface du pays) n'augmente pas, la dépendance alimentaire ne ferait sans doute que s'élargir.

EVOLUTION DE L'AGRICULTURE

Si en Algérie, les terres au repos sont évaluées actuellement à 41,6% de la SAU, dès 1960 dans les pays développés, on ne parlait déjà plus d'assolement - rotation ni de jachère, selon le sens classique. Cependant, sous la pression d'exigences naturelles, l'intensification et l'emploi abusif d'intrants, ont fini par poser de graves contraintes d'où la nécessité d'une utilisation méthodique et rationnelle. Cet exemple reflète la persistance de deux types d'agriculture dans le monde, l'une moderne occupant de très grandes superficies, basée sur le progrès technique et sur la rationalité ayant entraîné de forts rendements et une qualité meilleure (labels) du produit au point où les agriculteurs ont laissé des parties de terres en friche pour maintenir leur rentabilité économique, l'autre, plutôt traditionnelle ne différant pas d'une conduite de jardinage, pratiquant encore l'écobuage avec de larges parts des exploitations en jachère et où il est quasi-impossible d'appliquer certaines techniques, seulement rentables à grande échelle .

L'agriculture qui a longtemps caractérisé un état social est maintenant un métier réalisé dans une structure de production ayant le statut d'entreprise et cela change radicalement les réflexes de la société rurale. Il lui est désormais demandé d'accroître la productivité du travail et du capital. A cet égard, la consommation d'eau à l'hectare est considérée comme un indice de développement économique d'une nation autant que peut l'être la référence au produit national brut.

L'évolution technologique actuelle de l'agriculture avec en particulier le développement des biotechnologies et des nouvelles technologies de l'information laisse entrevoir que l'agriculture pourrait évoluer vers un modèle reposant davantage sur l'information et sur la maîtrise du processus du vivant par rapport à l'emploi des produits chimiques et de l'énergie fossile, le pétrole. Il est même envisagé que l'agriculture puisse à nouveau fournir de l'énergie au reste de l'économie en produisant de l'alcool carburant à partir du blé ou de la betterave et du diester à partir du colza (Anonyme, 1997a).

TECHNIQUES D'IRRIGATION

Depuis longtemps et jusqu'au début du XX^{ième} siècle, les techniques d'irrigation sont restées immuables tant au plan des réseaux collectifs de distribution sous forme de canaux délivrant l'eau "au tour d'eau" aux exploitations qu'au plan des différentes pratiques de l'irrigation gravitaire à la parcelle. L'étude du complexe eau-sol-plante-atmosphère affine le calcul des besoins en eau des plantes et donc du volume global de l'eau d'irrigation et permet un dimensionnement plus précis et plus économique des installations d'irrigation ainsi qu'une meilleure balance entre besoins et ressources.

Au plan technologique, l'apparition d'une gamme variée de matériel (siphon, vannes, canaux), améliore les rendements hydrauliques alors que l'apparition de l'aspersion a permis l'extension de l'irrigation à d'autres terres. Dans les années 50, l'irrigation par aspersion se généralise avec l'introduction d'ailes mobiles d'arrosage équipées d'arroseurs rotatifs à moyenne pression et de moyenne portée. Ces installations à débit limité, vont permettre l'introduction d'un nouveau réseau collectif de distribution, en conduite sous pression, caractérisé par la distribution de l'eau à chaque lot d'exploitation.

Le passage d'une irrigation pluviale tributaire du calendrier de l'intensité et de la répartition des pluies et des inondations à l'irrigation d'appoint et intégrale a été un saut déterminant pour la production et la qualité.

"L'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des besoins mais en utilisant moins d'eau, d'énergie et de capitaux." Telle a été la conclusion du congrès de la CIID en 1996 au Caire. Jusqu'à présent les superficies mondiales sont irriguées en grande partie conventionnellement en considérant que l'irrigation par submersion est de loin la plus dominante.

L'agriculteur a toujours considéré qu'irriguer copieusement (20 à 40 mm/h) la plante apporterait l'abondance de la récolte, ce qui explique en partie les réticences vis à vis du choix du goutte à goutte. Or, les inconvénients d'une irrigation traditionnelle avec les pertes d'eau par évaporation et par percolation se traduisant aussi par la diminution de la concentration de l'oxygène au niveau des racines, la migration des éléments fertilisants en profondeur constituent une source probable de pollution et de salinisation de la nappe. La superficie cultivée est pratiquement dans son intégralité mise à eau d'où une poussée abondante de mauvaises herbes, une destruction de la structure du sol et une érosion des terrains en pente.

Les deux questions classiques de l'irrigation conventionnelle (irrigation de surface et par aspersion) ont toujours été: quand irriguer? Quel volume d'eau utiliser?

A la première question, la microirrigation fournit une réponse simple en assurant un arrosage aussi fréquent qu'il est possible de le faire et à la limite de façon continue.

A la seconde, la réponse est relativement complexe étant donné la variabilité du biotope. C'est la précision de la mesure de paramètres de cette dernière qui améliore l'efficacité.

L'eau apportée doit pénétrer dans le sol là où il en faut et humidifier un volume de sol limité uniquement à la rhizosphère à la portée des racines de la culture. Le bulbe humide ainsi formé renferme également les éléments nutritifs dosés et dilués dans l'eau d'irrigation prêts à l'absorption. L'irrigation essaye de répondre à un régime physiologique commandé par la croissance de la plante, son état de santé et les variations du milieu. L'activité métabolique de la plante qui garantit la production agricole est la photosynthèse. C'est un processus fondamental connu par lequel les plantes vertes synthétisent la matière organique à partir du CO₂, de l'eau et de l'énergie lumineuse. Cette dernière se transforme en énergie chimique sous la forme de liaisons phospho- anhydres dans des molécules d'ATP (adénosine triphosphate). L'énergie est aussi utilisée pour arracher des électrons à des molécules d'eau et les transférer à des capteurs d'électrons telles les molécules d'NADP (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate). Les molécules d'ATP et de NADP fournissent l'énergie nécessaire à la synthèse d'hexoses (sucres à 6 carbones) et d'oxygène. Le rôle de la température en tant que facteur externe et par induction comme facteur interne, est déterminant ; elle influence non seulement la photosynthèse brute mais également la respiration et les translocations des molécules.

A l'échelle de la parcelle, les besoins d'irrigation varient dans le temps principalement en relation avec les conditions météorologiques, lesquelles sont à leur tour influencées par l'arrosage. Pour pouvoir suivre ces changements et y répondre de manière correcte, cela exige des mesures fiables, fréquentes ou de préférence continues alors que les paramètres de calcul des doses d'irrigation ont toujours été considérés comme constants en irrigation traditionnelle.

Le reproche fait aux chercheurs adeptes des techniques conventionnelles d'irrigation est le fait qu'ils se sont polarisés sur les sols à faible teneur en eau, ce qui les a empêché pendant longtemps de découvrir les avantages potentiels d'un régime hydrique proche de la capacité au champ. Celui que l'on réalise par des apports d'eau lents et continus directement dans la zone racinaire, maintenue constamment dans une situation quasi idéale d'humidité et d'aération. L'approche de ces chercheurs, qui possèdent sans doute des arguments solides, consiste à pousser la dessiccation du sol à son maximum sans subir des pertes de rendement de la culture. Ceci équivaut à espacer au maximum les arrosages c'est à dire l'inverse de la microirrigation. En ce sens, la microirrigation ajoute Hillel a été vraiment une révolution qui semblait à de nombreux chercheurs en contradiction avec les expériences courantes.

Selon la théorie alors en vigueur, un bon régime d'irrigation était celui qui utilisait au maximum la capacité de stockage du sol, alors qu'en microirrigation, c'est le niveau minimum (optimal) qui est considéré. Ce niveau a été arrêté par les expériences à 30% de la rhizosphère. Cette voie nouvelle est apparue seulement au début des années 60 avec la microirrigation. Les recherches se poursuivent pour réduire voire éliminer complètement ce volume et répondre en temps réel aux besoins de la plante. La physiologie, la rhéologie, la météorologie et l'informatique sont parmi tant d'autres disciplines sollicitées pour accomplir cet objectif. Le modèle de la

photosynthèse tenant compte de la température et du taux de gaz carbonique pourrait être associé au modèle d'irrigation. Le pool des sucres pourrait aussi être intégré dans le modèle de croissance. D'immenses perspectives de recherche - développement sont envisagées dans ce sens. De nos jours, des réseaux d'irrigation sont informatisés, automatisés et commandés à distance. Leur fonctionnement est rendu sensible aux variations météorologiques locales contrôlées par des capteurs qui mesurent à la précision du centième de mm les très fines dilatations des dimensions du tronc ou de la tige de la plante, liées à l'état hydrique de la plante. Pour exemple, le diamètre des troncs d'arbre varie de 1mm dans la journée avec un maximum vers 8h du matin et un minimum vers 6h de l'après midi (Anonyme, 1997a). Ces bio- programmeurs concernent également les mesures du potentiel foliaire et la température du feuillage. Des capteurs peuvent être placés dans la rhizosphère pour fournir des informations sur la fertilité chimique, physique ou hydrique et restituer automatiquement les déficits en eau et en éléments nutritifs de manière très précise. Et non moins importante est la possibilité d'injecter des produits chimiques dosés dans les eaux d'irrigation, ce que l'on appelle chimigation, fertigation, pestigation et insectigation. L'irrigation biologique à l'aide de bactéries hydrophyles qui captent les molécules d'eau dans le sol pour les fixer, à la manière des azotobacters, sur les racines est une idée qui hante les esprits, une véritable révolution si cela se produirait.

Il faut préciser que ces idées n'ont pas la même importance en irrigation conventionnelle qui a pour objectif de remplir la réserve du sol (RU) laquelle se charge de tamponner les variations climatiques et physiologiques. L'hydroponie qui combine ce principe avec la rationalité est une technique hybride entre l'irrigation de surface et la microirrigation ; le but de l'irrigation étant d'optimiser et non de maximaliser la croissance des racines en relation avec la partie aérienne. Cependant, il est encore difficile d'apporter une réponse claire à cet optimum insaisissable qui dépend de l'irrigation rapporte Hillel.

La technique de la microirrigation est née de l'effet synergique lié à l'apparition de matériau en plastique bon marché, durable et adapté à la fabrication de capillaires ensuite à des goutteurs et des gaines. Les gaines poreuses ou perforées agissant comme des sources linéaires ou ponctuelles selon le cas, sont devenues un matériel consommable le temps d'une campagne agricole. De très nombreux modèles de goutteurs, de mini-diffuseurs et de micro asperseurs sont actuellement disponibles sur le marché. Il faut cependant signaler que bon nombre de ce matériel n'obéit pas aux critères de normalisation de l'ISO (International Standardization Organization) correspondant à la microirrigation. Les caractéristiques techniques de certains matériels rapportées par les fabricants et commerçants ne correspondent pas toujours à la réalité des résultats obtenus par les laboratoires et centres d'homologation. Le coût élevé de l'eau et de l'énergie ainsi que la nécessité d'étendre l'irrigation à des sols classés marginaux, hydromorphes et surtout désertiques ont été des arguments suffisants pour le choix de la microirrigation. La technique permet ainsi de démystifier le spectre de

la pénurie d'eau (douce) et d'étendre l'utilisation aux eaux jusque là "impropres" à l'irrigation telles les eaux saumâtres et les eaux usées épurées.

Comme tout apport nouveau, la microirrigation a rencontré des rejets sinon de l'indifférence, comme elle a été comblée de louanges exagérées suivies d'expériences non réalistes et superficielles, ce qui a provoqué des désillusions et des préjugés. Bien qu'il a été démontré que les plantes maintiennent une croissance normale dans moins de 30% du volume humidifié de la rhizosphère, pourvu que les quantités d'eau et d'engrais nécessaires soient apportées en quantités suffisantes dans ce volume réduit, le fait que le bulbe humide concerne une faible partie de la rhizosphère constitue une contrainte et une limite à la technique de microirrigation, en ce sens que la culture devient sensible et vulnérable à de faibles variations d'humidité et d'éléments nutritifs. Cette caractéristique exige un dimensionnement et un fonctionnement rigoureux du réseau et une quelconque imprécision ou interruption dans les doses d'irrigation induit des répercussions fatales. La nécessité de réduire les coûts d'équipement, de fonctionnement et le désir de garantir des rendements élevés et des produits agricoles de meilleure qualité ont justifié et augmenté l'intérêt de la technique de microirrigation. La complexité de ces modèles et leur enchevêtrement peuvent s'avérer très théoriques ou académiques mais ils ont bien des conséquences pratiques sur le terrain. Aujourd'hui, on peut constater que la microirrigation s'est progressivement développée et diversifiée en occupant de vastes superficies pour s'imposer en tant que système d'irrigation technologiquement avancé et hautement sophistiqué.

A l'échelle mondiale, il est paradoxal de constater que les pays où les superficies irriguées sont les plus vastes n'engagent pas à affirmer qu'ils possèdent une agriculture développée. En effet, c'est dans les pays touchés par la mousson où la hauteur pluviométrique dépasse 3,5m annuellement que l'on trouve la Chine au premier rang (84700000 ha irrigués), suivie de l'Inde (32 300 000 ha) et du Pakistan (14300000 ha). Ces trois pays, à eux seuls, totalisent 57,9% des terres irriguées dans le monde ; L'Europe 11,5%, l'Amérique du Nord et Centrale 10%, le proche et moyen Orient 7,9%, et l'Afrique 3,4%.

Faut-il aussi signaler que plus de 50% de la production agricole proviennent de l'agriculture irriguée et qu'il est quasi-impossible de s'attendre à une production dans des zones caractérisées par une aridité prolongée sans irrigation. L'irrigation traditionnelle et sa gabegie est délaissée peu à peu au profit de la pratique de la microirrigation, malgré son rigorisme, par les pays touchés par l'aridité. Les superficies dotées de systèmes de microirrigation occupent dans le monde [3] plus de 1 082 000 ha répartis comme suit.

USA	392 000 ha	Australie	59 000 ha
Israël	127 000 ha	France	51 000 ha
Espagne	112 000 ha	Portugal	24 000 ha
Afrique du Sud	102 000 ha	Italie	21 000 ha
Egypte	68 000 ha	Brésil	20 000 ha

Australie 59 000 ha

D'autres pays comme la Jordanie, la Chine, Taiwan et Chypre ont un peu plus de 10000 ha.

Par ailleurs, il y a lieu de noter que de 1981 à 1986, les superficies ont plus que doublé dépassant 1million d'hectares soit 0,5% de la superficie mondiale irriguée. En Allemagne, on peut remarquer qu'avec une extension des superficies irrigables de 30%, les besoins en eau pour l'irrigation ont diminué d'environ 85%. Cette forte régression de la consommation d'eau est attribuée exclusivement à l'introduction des méthodes d'irrigation modernes et en première ligne la microirrigation. Dès 1969, des chercheurs ont constaté que les expériences réalisées en Israël ont pu montrer que le goutte à goutte, comparé à l'aspersion et à la raie permet d'augmenter les rendements de 30% avec les mêmes volumes d'eau d'irrigation. Par ailleurs, en appliquant trois méthodes, avec une eau titrant 0,54 g/l de sel, la microirrigation a provoqué un supplément de récolte de plus de 50% alors qu'avec une concentration de 2,5 g/l, la réduction a été de 14% pour le goutte à goutte, 54% pour la raie et 94% pour l'aspersion. Deux premiers congrès, l'un à Fresno en Californie en 1985, l'autre à Budapest (Hongrie) en 1986 ont permis de débattre de plusieurs résultats et théories et ont défini ce qui reste à faire dans le domaine de la recherche en microirrigation. Une conférence internationale sur les systèmes de microirrigation et d'aspersion a eu lieu en février 2000 à New Delhi et le prochain congrès mondial sur la microirrigation, le sixième du genre, s'est tenu en Afrique du Sud en octobre 2000 sous l'égide de la CIID. En mai 2000, le premier séminaire sur la microirrigation en Algérie a eu lieu à Blida. Le retard de l'Algérie dans la pratique et la recherche dans ce domaine est très grand, il explique en partie le coût de la facture alimentaire. A Hawaï, le goutte à goutte ; a sauvé l'industrie sucrière menacée de disparition en raison de l'effondrement des cours mondiaux, en réduisant les coûts de production et en augmentant les recettes. Le taux de sucre a été relevé à 22% et la consommation d'eau a chuté de 25% avec 78% de réduction de main d'œuvre par rapport aux exigences de la raie (Anonyme, 1973). Le goutte à goutte ; avec une eau de nappe salée, a permis la création d'une forêt entière de 4000 ha et la stabilité de plusieurs dunes de sable dans l'Emirat d'Abu Dhabi. Le succès de la microirrigation dans le sud de la Californie est dû en partie, à la teneur en sels relativement élevée des eaux du fleuve Colorado (Decroix, 1983). Les Français ont même tenté des expériences sur les forêts en les irriguant avec de l'eau usée épurée et les résultats été spectaculaires. Aux USA, une superficie de 48000 ha de canne à sucre a été irriguée au goutte à goutte ; il a été constaté un bonus de 22% de récolte brute et 26% de sucre en plus. Le rendement obtenu sur la tomate est de 82,5 t/ha contre 65 à la raie soit 27% de plus, avec 35% d'eau en moins. Le vignoble a montré une grande sensibilité à la microirrigation, ainsi le rendement du raisin de table en Australie a augmenté de 43% en utilisant l'aspersion et 98% en microirrigation. La vigne a fourni 53 q/ha à 11°8 de degré alcoolique en microirrigation contre 17 q/ha en sec et à 11°5. Aux Caraïbes, des bananiers ont donné 40 t/ha au lieu de 10 t en sec (Anonyme, 1973). Plusieurs autres expériences ont confirmé l'impact de la microirrigation sur des cultures diversifiées. Le cas de l'expérience chinoise est singulier dans le sens où l'irrigation

d'appoint du blé a été réalisée par une rampe mobile de 30 m déplacée manuellement sur 120 m (Decroix, 1988).

Pour l'ensemble des pays, la répartition des superficies équipées en microirrigation concerne surtout celles qui sont occupées par les cultures arboricoles consommatrices d'eau. L'affectation de la technique de microirrigation par spéculation est de 55% pour les cultures fruitières, 16% pour les cultures maraîchères, 13% pour la vigne, 12% pour les grandes cultures et 1,5% pour les cultures florales (Decroix, 1988). Les réactions d'un verger relatives au changement du système d'irrigation ont été également expérimentées.

En effet, l'adoption du goutte à goutte dans des vergers adultes précédemment arrosés selon les pratiques de couverture totale n'a nullement nui et il n'a été décelé aucune réaction présumée des arbres qui se sont adaptés rapidement au nouveau régime d'humidité.

En Algérie, la microirrigation est à ses débuts. Elle a été introduite et implantée dans quelques zones de manière disparate sans une prise en charge sérieuse par les services concernés et sans l'implication directe des spécialistes. Selon les informations non officielles, glanées par ici et par là, elle couvrirait actuellement quelques milliers d'hectares localisés en majorité dans le Sud du pays et dans les zones dominées par les cultures sous serres. Selon les fournisseurs du matériel de microirrigation, la demande est croissante et l'offre ne suffit guère.

En considérant les superficies actuellement irriguées, celles potentiellement aptes à la microirrigation et en prenant un taux de 50% de la superficie occupée par les cultures maraîchères (soit 20% de la SAU irriguée), 50% de la superficie des cultures fruitières (19% de la SAU irriguée), 50% de la superficie des cultures industrielles (2,5%) et 50% de la superficie irriguée occupée par la vigne (0,5%), on totalise 42% de la SAU irriguée nationale soit 190145 ha. Ce chiffre peut être relevé à 80% en y associant d'autres cultures (cultures sous serre et palmiers), il constitue 54% de la superficie des grands périmètres irrigués dominés par une irrigation classique. L'économie d'eau avoisine 1 milliard de m³ sur les volumes actuellement distribués, ce qui permettra de doubler la SAU irriguée et accroîtra les rendements agricoles d'au moins 30%.

CONCLUSION

Toutes ces considérations et les expériences sont là pour expliquer que l'irrigation bien maîtrisée est un rempart utilisé de longue date pour endiguer la sous alimentation et renforcer la sécurité alimentaire des sociétés. La microirrigation est le niveau actuel de l'évolution de l'irrigation qui donnerait de très bons résultats dans les conditions extrêmes jusque là non explorées par les autres techniques. Par analogie à un traitement médical, la microirrigation apporte la dose d'eau et d'éléments fertilisants afin de combler les insuffisances et stimuler le potentiel productif des plantes. Cependant comme tout traitement, l'efficacité et la viabilité résident dans la minimisation des effets

secondaires nuisibles tout en maximisant les rendements (agricoles) du traitement. Ces hypothèses exigent une répartition précise répondant à des besoins estimés de manière correcte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott J.S. , 1988. Microirrigation. Bulletin CIID, vol. 37n°1.
- Anonyme, 1973. L'irrigation goutte à goutte. Bulletin irrigation drainage. FAO n°14, Rome, 146p
- Anonyme, 1990. Stratégie de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen. Actes de la conférence Ministérielle, Horizon 2000. Ministère de l'équipement, Algérie.174p
- Anonyme, 1997a. Encyclopédie Universalis, CD.
- Anonyme, 1997b. Annuaire de la FAO, vol.5, n°142
- Anonyme, 1997c. Agriculture par les chiffres. Ministère de l'agriculture, Algérie
- Bammoun A.; Kettab A., 2002. Approche pour la détermination des ressources en eau en zones semi arides. Colloque international l'eau dans le bassin méditerranéen – 10-12 Octobre 2002 Sfax-Tunisie
- Decroix M., 1983. Technologie de l'agriculture. CEMAGREF, n°503, 60p.
- Decroix M., 1988. La microirrigation dans le monde. CEMAGREF, 208p
- Kettab A., 2001. Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Revue Desalination Copyright © 2001Elsevier Science B.V. All rights reserved ; Volume 136, Issues 1-3, Pages 25-33 (1 May 2001)
- Kettab A., 2001. Les ressources en eau: enjeux, stratégies et défis futur à relever. Colloque international sur la sécheresse au Maroc (C.I.S.M) Fès, Maroc du 12 -14 Novembre 2001
- Kettab A., 2002. WATER RESSOURCES : Realities and perspectives. International conference on the environmental problems of the Mediterranean Region – (EPMR), april 2002 in near East University, Nicosia, North Cyprus Turkey.
- Kettab A. 2003. L'eau en Afrique du Nord: Quelles stratégies ? Quelles solutions? Quelles Perspectives ? Hydrotop Carrefour méditerranéen ; 7^{ième} édition
- Zella L.; Kettab A., 2001. Critères de dimensionnement d'une rampe de microirrigation. Revue la Houille Blanche, n°6/7.
- Zella L. ; Kettab A., 2002. Design of microirrigation system. World conference on technology advances for sustainable developmnt. Cairo, Egypt, march 11-14, 2002.
- Zella L. ; Kettab A., 2002. Optimisation d'un réseau de microirrigation. Actes 4^{ème} Symposium international de l'eau. Cannes, France, 3-7 juin2002
- Zella L., Kettab A., 2002. Numerical methods of microirrigation lateral design. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement –BASE vol. 6 no 4 p. 231-235
- Zella L., A. Kettab A. ; Chasseriaux G., 2003. Simulation hydraulique d'une rampe de microirrigation par la méthode dite des volumes de contrôle. Revue Agronomie, vol.23, n°1.