

## QUESTION 59: HOW DO IRRIGATION AND DRAINAGE INTERVENTIONS SECURE FOOD PRODUCTION AND LIVELIHOOD FOR RURAL COMMUNITY?

### GENERAL REPORT

**François Brelle\***

*General Reporter*

After having not been considered as a top priority during last two decades of 20th century, compared for instance to access to water and sanitation, food security and good nutrition are now considered among major goals, along with ending poverty and achieving universal access to water and sanitation. Question 59 of 22nd ICID Congress, by addressing both issues of ensuring food security and securing livelihood in rural areas is therefore particularly relevant within the Sustainable Development Goals (SDGs) process led by United Nations.

By improving its yields, rainfed agriculture should largely contribute to increase food production. But irrigation remains undoubtedly among the main ways to achieve this goal : by allowing farmers to master how and when to give water to the plants. Irrigation is indeed the best tool for securing the production against hazards of climate, and as such for guaranteeing not only quantity but also quality of the agricultural produce, which is essential for good nutrition. Moreover, climate changes will result in lower or more irregular rainfalls and river flows in many regions. Irrigation appears therefore even more essential as farmers will have to produce 'more and more crops with fewer and fewer drops of water'.

In many cases, a good drainage is also a key factor of success, as increasing food production requires not only water but also good quality land. Maintaining such a quality may require drainage, either for preventing excess in salinity or for gaining arable land, taking care, of course, of aquatic ecosystems, essential to preserve biodiversity.

Last but not least, stakes of efficient and sustainable irrigation and drainage are not only properly feeding the world, but also contributing to economy. Irrigation and drainage infrastructures are very long term investment, most often contributing to land development, which benefits far wider than to farmers only as they boost economy at larger scale.

The main figures that characterize irrigation and the related challenges are given in the Tables.

What can be underlined from the above is the tremendous drop of investments in irrigation infrastructures from 1960s to 2000s, as well as the stagnation or even decrease of the production, especially in MENA and Sub-Saharan Africa. Irrigated agriculture is back at the forefront of investment priorities for development aid in southern countries. But this long period of lack of interest in this field from funding institutions is mainly explained by the statement of failure of many projects between 1950 and 1980. Many among these projects have indeed yielded poor results as regards agricultural production, particularly compared to the huge amount of investments made. Most often, the systems proved insufficiently robust to changes,

---

\* Correspondence to: Mr. François Brelle, Vice-President International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), Président, Association Française pour l'Eau, l'Irrigations et le Drainage (AFEID), Directeur Technique Ingénierie - Société du Canal de Provence, Le Tholonet, CS 70064, 13182 Aix-en-Provence Cedex 05, France, Tel: +33 4 42 66 70 00. E-mail: francois.brelle@canal-de-provence.com, afeid@irstea.fr

organizations and technical and financial management instruments implemented revealing inability to ensure the sustainability of the completed infrastructure and water service they were intended to make.

**Table 1.** Areas cultivated, irrigated and drained in the world (million ha)

Region	Total arable area	Irrigated area	Sprinkler irrigation	Drip irrigation	Drained area
Europe	280	22.3	3.50	0.59	49.2
Middle-East & North Africa	109	29.9	0.64	0.11	11.2
Sub-Saharan Africa	178	5.5	0.92	0.37	0.26
North America	253	32.1	13.40	1.85	62.2
Central & South America & Caribbean	123	12.4	2.00	0.15	2.62
North & Central Asia	34	11.3	8.20	0.07	5.4
South & South-East Asia	137	63.9	0.01	0.01	25.9
East Asia	311	114	6.60	4.00	29.9
Oceania	45	3.2	0.52	0.19	2.2

Source: ICID Database

**Table 2.** Investments in irrigation infrastructures (billion US\$ – 2012 value)

Region	1950-1960	1961-1970	1971-1990	1991-2000	2001-2010
Europe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Middle-East & North Africa	3.66	5.55	3.25	3.3	1.54
Sub-Saharan Africa	1.56	4.49	2.8	1.8	0.62
North America	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Central & South America & Caribbean	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
North & Central Asia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
South & South-East Asia	10.89	13.75	19.8	7.44	1.47
East Asia	6.82	26.5	12.83	10.71	1.55
Oceania	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Source: FAO: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_17\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_17_web.pdf) - 2005 value converted to 2012 value according to US government inflation data.

This renewed interest in agriculture secured by irrigation, both factor in public health, economic development axis and tool for social and political stability, must be accompanied by a consideration on the relevance of economic models adopted for the development of irrigation, taking into account the past experiences and considering recent developments, especially as regards socio-economical approaches and climate changes.

Question 59 features three sub-topics: Securing water and livelihood of rural community (Q. 59.1); Improving irrigation efficiency (Q. 59.2) and Water sharing and water transfer in water stressed areas (Q. 59.3).

### **Q.59.1: Securing water and livelihood of rural community**

Irrigation projects may be the major way to maintain – or re-settle – people in rural areas, giving them an economic activity. They therefore contribute to livelihood and prevent the rural populations from poverty, and thus from migrating towards big cities suburbs where poverty is on the increase besides facing problems of unemployment and criminality. Securing livelihood of rural populations cannot therefore be achieved without securing irrigation water.

#### **(i) The papers received under this question address how to secure food through securing irrigation water**

Interesting case study of Seki River basin in Japan gives an example how to assess the part of diverted water, which could be returned to the river to maintain the stability of the downstream water supply.

Another paper explains how, in Mexico, the irrigated area is increased in irrigation districts where water surplus have been identified, and new irrigation districts are created in watersheds where storable water resource is available, by constructing new dams, which will guarantee the ecological flow and urban water supply, in addition to the production of hydropower and flood water control.

A study presents the case of Great Karoo region of South Africa, semi-arid area with low and unreliable rainfall, where drought management is a challenge to farmers. The study, carried out using a participatory approach, aims at identifying indigenous coping strategies adopted by farmers and identifying measures that would ensure better resilience to future droughts.

In Egypt, the characteristics of the River Nile and the interconnection between different parts of the irrigation network necessitate the coordination between different water users. A paper from Egypt presents the change in farmers' coordination under different conditions, with a focus on the improvements and their ability to enhance coordination, concluding that the latter can be achieved successfully when there is a necessity.

One paper reports on a study attempted to execute a novel frame to Geographic Information System, as 'Participatory GIS', at village level in Ponnaniyar reservoir system at Tamilnadu, India. By incorporating various forms of community participation the objective of this innovative tool is to explore aspects of the control and ownership of geographical information, representations of local and indigenous knowledge, as most of the standard GIS based software packages, from technology viewpoint, have been unable to conciliate major social constraints.

#### **(ii) Several papers also demonstrate through assessment of irrigation and drainage system impacts that irrigation contributes to improving the livelihood of rural communities**

A study in Yeongsan river basin, in Korea, shows that the improvement of agricultural infrastructure has contributed to the increase of farmland area, agricultural productivity and farm income, simultaneously contributing to industrial and regional development.

Another paper presents a study conducted in the Vhembe District, Limpopo Province in South Africa which identified various ways in which the livelihoods of farmers on smallholder irrigation schemes could be improved: Commercialization of agriculture on smallholder schemes was encouraged by proximity to urban centres, and several factors were optimized for local conditions.

A Case study of pond irrigation systems in Nepal's rural central-eastern and mid- & far-western regions gives an interesting example of new technology applied to high value-added vegetable farming. Membrane sheet lining of pond has been found there to be an affordable technology for small farmers who can utilize water efficiently and produce cash crops that can increase their income.

**(iii) Multiple roles for water in irrigation systems and adequate use of poor quality water are also to be considered as development factors for rural areas, as well as changes in farm and natural ecology due to irrigation and drainage**

One paper presents an innovative process of treatment of wastewater for reuse in Iran. A Report is made about a study in Korea, the objective of which was to classify the agricultural wastewater reuse into seven types. The proposed classification might contribute to better understanding for agricultural wastewater reuse and help decision maker to provide the optimal management plans.

The case of Bulawayo, a water-scarce city in Zimbabwe that has employed non-potable water reuse since the 1950s, illustrates that water reuse for agriculture can contribute to addressing the greatest water problem if appropriate approaches are employed.

Another paper describes about revival of traditional practice of rainwater harvesting in Nepal by collecting it in small ponds in the hills, in depressions in plains, and utilized for irrigation, watering cattle and domestic purposes. Some initiative is taken for conservation of the resources and re-establishment of traditional practice with wider coverage and multiple benefits: water conservation, environmental improvement, health, education and livelihood enhancement in the rural areas.

**(iv) Attention must be paid to the role, which the rural community can play in governance of water resource and hydraulic systems, provided that relevant capacity building is carried out. An important question: "Can both participatory irrigation management (PIM) and management by institutions complement each other for operation and maintenance of irrigation and drainage systems?" needs to be addressed**

Paper relating to Fergana Valley in Uzbekistan highlights the role of institutions for improving the economical, technical and organizational skill of WUAs.

One paper relating to Nepal highlights the contribution of small land holding farmers in managing scarce water sources to customize the annual cropping pattern and increase cropping intensity. This study revealed that active irrigation user committee with easy access to local market and agricultural services were benefitting more than the rest of the users.

In Mexico, more than 100 aquifers are overexploited, mainly due to excessive withdrawals exceeding the recharge. CONAGUA, as water regulatory institution in Mexico is promoting a federal program to form civil associations depending on the same aquifer to establish a

“Groundwater Technical Committee” who will be responsible for the sustainable management of the aquifer along with CONAGUA.

In Korea, an extensive survey has been conducted to get better idea about irrigation management transfer between Korean Rural Community Corporation and local government. The conclusions were that water User Group’s autonomy should be reinforced, that standards should be established for sharing costs, and that subsidies have allowed encouraging farmers’ participation in water management.

In Iran, Irrigation and drainage systems were traditionally private endeavours and the numbers of stakeholders were small. Like in many countries, establishment of modern and large scale irrigation system by government caused social changes and destroyed many traditional management structures. Referring to PIM successful case studies, the paper concludes that preference must be given to bottom-up approach for empowering WUAs.

In Maharashtra State, India, Maharashtra Management of Irrigation System by Farmers Act, dated 2005, coupled with Maharashtra Water Resources Regulatory Authority Act, has consolidated PIM and has ensured the sustainable development and management of water resources in the State.

But Participatory Irrigation Management cannot be determined only by the existence of regulations of establishing water users’ associations. Based on intensive field work and long-term case studies employing quantitative and qualitative methods in arid and semi-arid regions of Northwest China, one paper demonstrates how seemingly successful PIM reforms can negatively impact participants’ understanding and involvement.

**(v) Financing of irrigation and drainage projects is another major issue**

A paper from joint Japanese and Egyptian researchers reports on a study which aims to show the necessity of government policy and interventions to achieve rational water uses and thus a better water resource management. The paper focuses on the necessary regulations for reallocation of water from areas with excess water to water-deficit areas, and the usefulness of government subsidies in order to balance the difference of benefit from irrigation for farmers in different areas.

An interesting poster discusses estimates of hydroelectricity potential using irrigation ponds in mountainous areas in Japan. Using hydroelectric power to support the operation and maintenance of an irrigation pond would be one way to use the hydroelectric power generated at an irrigation pond. This may contribute both economically and technologically to sustainability of irrigation schemes.

**Q.59.2: Improving irrigation efficiency**

Water needs for food production are increasing. But other uses must be considered as well: water needs for environment have to be better satisfied; water for drinking and for hygiene must be made more available for more people. On the other hand, climate changes will result in many regions in lower or more irregular rainfalls, making often the water resource scarcer. It is therefore crucial to improve irrigation efficiency.

**(i) Irrigation will be compulsorily thriftier, and thus developing water saving methods and techniques is essential**

A study conducted in Korea has estimated virtual water of consumption and production by regions and analysed the virtual water transfers. Virtual water inflow and outflow analysis appears as a decision-making indicator for allocation of water resources and efficient use of water between regions.

One paper from United States of America presents the adaptation of a generic algorithm based irrigation water management model using Soil Water Atmosphere Plant (SWAP) for determining efficient irrigation intervals/amounts. The objective is to prepare policy makers against drought severity for providing efficient drought mitigation plans.

Another study was carried out in Korea with the objective of measuring effective rainfall and runoff ratio of paddy fields in order to assess the effectively used rainfall for rice paddy culture. The study has shown that farmers are far from using full capacity of plots to retain rainfalls, mainly because they can use irrigation at no charge. Inadequate functionality of the drainage system was identified as another reason for poor water management at irrigated plots.

In India, the Andhra Pradesh Micro Irrigation Project (APMIP) was launched in 2003 to promote water saving irrigation technology at large scale. The corresponding paper concludes that this project has helped in improving the crop productivity, saving in water and energy and creating employment opportunities. Every rupee invested in micro irrigation pays each year 2.4 rupees through additional productivity, and the attractive payback period of less than 2 years has influenced the bankers to provide loans to farmers to procure micro irrigation systems.

Another paper from India presents the results of methodologies, used in the ClimaAdapt project, to obtain information about water use efficiency (WUE) under different rice growing practices in the states of Andhra Pradesh and Tamil Nadu. The potential for water saving of alternative rice growing techniques such as the System of Rice Intensification (SRI) and Alternating Wetting Drying (AWD) has been demonstrated.

**(ii) Another way for improving irrigation efficiency is through automated and rotational irrigation scheduling systems, and measurement of water delivery and application**

One paper from Austria describes a semi-automatic irrigation management system (SAIMS) which was set up and tested at an experimental site in the north-eastern part of the country. The SAIMS comprised soil water sensors and an automatic motorized valve, allowing starting and stopping irrigation at given upper and lower thresholds.

One paper from Mexico deals with two kinds of technologies: (i) Meteorological data acquisition with wireless communication and (ii) cheap but accurate devices to measure flow in open channels. A GIS interface based on free programming using Google maps satellite images creates user friendly database and processes statistical information of the irrigation scheme. After having calculated (i) the volume of water supplied to the farm and (ii) the heat unit and the effective rainfall, the system computes the volume of water still required by the farm.

German researchers present a method of field evaluation of irrigation scheduling strategies using a mechanistic crop growth model. In the particular case of irrigated cabbage, model simulations of crop growth and soil water dynamics were compared to measured data. They

identified high unproductive water losses, and concluded that soil water tension-based irrigation should be recommended to farmers, provided that crop coefficients are well estimated.

Another paper from Germany deals with root distribution analyses for modeling and improving sensor-based irrigation systems. Modeling needs reliable soil-water potential threshold values for irrigation control. A weakness of the applied model was the unknown parameterization of the plant root, which had to be included into the optimization besides parameters for the soil. Experiences were focusing on the investigation of the plant's root distribution in order to improve the validity of the model.

**(iii) Rehabilitation and modernization of irrigation and drainage facilities are of course a way towards water savings and therefore a better efficiency of irrigation. Setting up measuring devices on canals and control systems are part of modernization**

One paper reports on a Korean study aimed at adapting SWMM (Storm Water Management Model) to rice paddy districts. A module was added to the model with (i) GIS network modeling and (ii) paddy water balance simulation functions to enable the operator to scientifically quantify irrigation water demands and adjusting subsequently irrigation canal network flow. The developed modeling module will be able to play an important role in water quantification for operation of irrigation systems.

One paper from Iran presents an artificial intelligence system aimed at improving water delivery performance in irrigation canals. Based on Fuzzy Sarsa Learning (FSL) algorithm, the model principle is (i) to observe depths and flows in canal, (ii) to select gate opening, (iii) observing new depths and flows and (iv) to amend gate opening accordingly. Considering results of tests on canal of Dez, it was concluded that the system was relevant.

Another paper from Iran deals with the ranking of automatic discharge measurement systems for decision-making tools. The TOPSIS method is used for selection of automatic discharge measurement systems for irrigation networks. Ranking is grounded on two categories of attributes: (i) general (such as cost, accuracy...) and (ii) regional (such as hydraulic facility, energy consumption...).

**(iv) Many papers report on new technologies to improve irrigation efficiency**

One paper presents Information and Communication Technology (ICT) based water resources management system in Korea. This technology integrates a Radio Frequency Identification (RFID) system with a ubiquitous sensor network. Mobile devices were developed to gather and fetch information about irrigation facilities. The field tests have demonstrated that the sensor network is effective for irrigation water monitoring and provides convenient interfaces of personal mobile devices and Web information services to water managers.

One study carried out by Korean researchers, explores an alternative determination of effective rainfall and its influence on the calculation of irrigation requirements. Global satellite rainfall data are available for more than 10 years now, one of which is the TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis 3B42 Real Time product. The conclusion is that the use of satellite data must be considered for the calculation of effective rainfall, especially in areas with sparse ground observation stations.

One paper from South Africa presents FruitLook, a new tool offering weekly updates for grape and deciduous fruit producing areas in the Western Cape through a web-portal.

FruitLook uses new technologies developed, using satellite data, show the spatial and temporal variations of the actual crop water use, growth parameters and nitrogen content at field level and helps farmers to improve their production and reduce the inputs and associated costs.

To address the lack of Shallow Ground Water (SGW) table information at fields, which may limit the availability and applicability of Remote Sensing (RS) techniques, researchers from Delft, Netherland, present a Dynamic Ground Water (DGW) data assimilation scheme, which has been proposed for considering the presence of SGW table dynamics along time in estimating effective soil parameters at the vertical soil domain.

One paper reports on research done on the effect of Trace Quantity Irrigation (TQI), a newly invented irrigation system using double-layer structure to solve clogging problem under extra slow flow rate and by so to provide water in line with plant requirement, on wine grape culture in Ningxia province, China. Result showed 52.4% water could be saved compared with drip irrigation for the same grape yield.

Researchers from Germany report on a study relating to the potential of precision irrigation with center pivot. The challenge was to adjust the irrigation level to the local soil conditions, obtainable from an application map and determination of management zones. In the said study, the technical implementation was carried out with a circular irrigation machine with a special nozzle control with magnetic valves.

One paper reports on a research on characterization of desiccation and shrinkage cracks in soil, of which geometric parameter favors researching the preferential flow and solute transport processes. Compared with traditional artificial method, digital image processing provides an efficient technique in parametric statistics.

One paper presents a study carried out in Iran aimed at investigating the possibilities for improving agricultural management in a large scale paddy field by using remotely sensed data in the CERES-rice model. The model was first calibrated by data taken from a local research and its accuracy was then evaluated in 110 paddy fields over 26000 ha. Then, the model was recalibrated by paddy yield estimated from Landsat 5 image. The second method of calibration was found very accurate in yield prediction.

**(v) Efficiency of integrated irrigation and drainage management systems constitutes the fifth sub-topic**

One paper deals with operational characteristics of small hydro power using agricultural reservoirs in Korea. Since 2005, Korea Rural Community Corporation has been developing hydro power plants using agricultural water, operating presently 19 plants for a total power capacity of 12,5 GW. From the results of the study reported in this paper, methods are suggested to increase power efficiency through field instrumentation at one of these sites.

One paper reports on a study aimed at answering the complex and convoluted question of empowering Water User Associations (WUA) of irrigation system of Serayu Dam, located in the Serayu-Bogowonto river basin, Central Java, Indonesia, in order to address the decreasing quality of irrigation services due mainly to the reduction of public subsidies. This study has concluded about the necessity of strong government policy reorientation targeted to specific poverty groups.



Farmers' participation in irrigation management in Waghad irrigation project, Maharashtra, India, is an example of success story in water governance and rural development. This project has resulted in saving almost 1/3 of water diverted for irrigation, and in recharging more than 2500 wells due to the construction of water conservation structures. Farmers have become confident, they have invested in drip irrigation systems, and have finally registered a commercial company to process and market their production.

On paper presents the experience of Maharashtra State, India, in strategies for improving performance of water resources schemes. Since 2005, the State has been carrying out several reforms, empowering WUAs to operate and manage irrigation and drainage systems, setting up benchmarking and water auditing, and restructuring existing Irrigation Development Corporations (IDCs) Into River Basin Agencies (RBAs). These reforms have resulted in improvement in technical and economic performance of irrigation projects, with O & M expenses being recovered through water charges.

In Turkey, the case study of Gediz River basin gives an example of modelling cropping plans under several scenarios of reductions in the capacities of four major dams. The study demonstrated that additional lands are likely to be irrigated when using pressurized irrigation instead of surface irrigation.

One paper deals with performance evaluation of irrigation systems in South Africa. To comply with the requirements of the South African National Water Act of 1998, systems must perform according to achievable efficiency levels of water use with particular attention to the management of water use. From the presented study results, which evaluated 75 irrigation systems across the country, a framework for water use efficiency was developed for South African conditions, which is now applied for more efficient irrigation water management.

### **Q.59.3: Water sharing and water transfer in water stressed areas**

Inter-basin cooperation, either within a country or transboundary, is often the solution to cope with limited water resources or to solve water conflicts. Systems of water use rights differ from country to country, but are often among oldest country regulations and must be carefully taken into consideration. Four papers have been selected under this sub-question.

One paper aims to explain further how the strategies of groundwater extraction and rainwater harvesting work and how they improve rural livelihood through secured food production in Gunungkidul Regency in Yogyakarta Special Province, Indonesia. This area receives between 2000 and 3500 mm rainfall annually, but the karstic nature of the ground causes most of this water percolate 100 m below the soil on an average. Extraction of this water combined with natural small reservoirs, called Telaga (also known as Doline) is necessary for making the water resource available for rural community.

A second paper relates to equity in water rights in Maharashtra State, India. To facilitate and ensure judicious, equitable and sustainable management, allocation and utilisation of water resources, the Government of Maharashtra has enacted two water laws in 2005, in which provisions are made regarding the water entitlement of irrigation sector.

Report is made on India's pilot study of integrated network of water sharing, transfer in water stressed areas in semi-arid tropics. To meet the target of doubling food production by 2020, a pilot experiment was taken up in 2010 in Karnataka, the subject of which is sharing transfer of water in water stressed areas by lifting water from selected major irrigation dams to selected minor irrigation tanks. Modernizing irrigation canals (lining, control), adapting method of rice

cultivation, training the farmers are among the measures part of the project. Significant volume of water could be saved and transferred to the water stressed areas.

The Fourth paper aims to evaluate the characteristic of Korea virtual water trade (KVWT) such as water dependency, trade intensity and analyses the imbalance of global virtual water trade (GVWT). The water dependency means the level to which a nation relies on foreign water resources through VWT. It was evaluated relating the proportions of external water footprint (EWFP) to internal water footprint (IWFP).

### **Conclusion**

A key element in irrigated agriculture development is the concept that long-term sustainability can be achieved only (i) if water resource is properly conserved, (ii) with the active participation of the major stakeholders, i.e. the farmers and (iii) recovering of O&M and water management costs. These conditions rely on a secured water resource and the livelihood of farmers / water users. Both are closely dependent on the performance of the irrigation, from water resource management to distribution, which thus appears as a key factor for improving farmers' revenue and rural population livelihood.

The number and the quality of the paper submitted reflect the vitality and the richness of academic and operational work on these major issues throughout the world and particularly within ICID community. Unfortunately, selection has been inevitable, and many proposals could not be retained in spite of their quality. Those selected as posters will contribute as well to the debate and to enhancing the state of the art.

One last remark : What was not addressed here is whether farmers are or not entitled to claim for being remunerated for the ecosystem services they produce. Agriculture is indeed often contributing to land management and landscape preservation. Is this something like public service, citizens should pay for? Answering these questions may give solutions for enhancing farmers' income and living standard of rural population in general.

# QUESTION 59: COMMENT LES INTERVENTIONS D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE PEUVENT SÉCURISER LA PRODUCTION ALIMENTAIRE ET LES MOYENS D'EXISTENCE DE LA COMMUNAUTÉ RURALE?

## RAPPORT GENERAL

**François Brelle\***  
*Rapporteur Général*

Au cours des deux dernières décennies du 20e siècle, la sécurité alimentaire et nutritionnelle n'était pas au centre des préoccupations, par comparaison, par exemple, à l'accès à l'eau et au système sanitaire. Elles sont désormais considérées comme des objectifs majeurs, au même titre que l'élimination de la pauvreté et l'accès universel à l'eau et au système sanitaire. En abordant les questions de la sécurité alimentaire et la sécurisation des moyens d'existence des régions rurales, la Question 59 du 22e Congrès CIID est donc particulièrement pertinente dans le processus des Objectifs du développement durable (SDG) de l'ONU.

En améliorant ses rendements, l'agriculture pluviale devrait largement contribuer à l'augmentation de la production alimentaire. Mais, l'irrigation reste sans aucun doute l'un des principaux moyens d'atteindre cet objectif: c'est elle qui permet aux agriculteurs de maîtriser quand et comment arroser les plantes. L'irrigation est en effet le meilleur outil pour sécuriser la production agricole contre les risques climatiques, non seulement en quantité mais aussi en qualité, ce qui est essentiel pour une bonne nutrition. En outre, dans de nombreuses régions, les changements climatiques donneront lieu à une plus grande irrégularité des précipitations et des débits des rivières. L'irrigation apparaît donc d'autant plus essentielle aux agriculteurs, car ils devront produire « more and more crops with fewer and fewer drops ».

Dans la plupart des cas, un bon drainage est également un facteur clé de réussite, car l'augmentation de la production alimentaire exige non seulement l'eau mais aussi les terres de bonne qualité. Le maintien d'une telle qualité peut nécessiter un drainage, soit pour prévenir l'excès de salinité soit pour augmenter des terres arables, en prenant soin, bien sûr, des écosystèmes aquatiques, essentiels à la biodiversité.

Enfin et surtout, les enjeux de l'irrigation et du drainage efficace et durable sont non seulement de nourrir correctement le monde, mais aussi de contribuer à l'économie. Les infrastructures d'irrigation et de drainage sont des investissements à très long terme, contribuant le plus souvent au développement des territoires, dont le bénéfice va bien au delà agriculteurs car elles stimulent l'économie à grande échelle.

Les principaux chiffres qui caractérisent l'irrigation et les défis connexes figurent dans les tableaux ci-après.

Ce que nous pouvons souligner de ce qui précède est la baisse énorme des investissements dans les infrastructures d'irrigation à partir des années 1960 jusqu'à 2000, ainsi que la stagnation, ou même la diminution de la production, en particulier dans la région MENA et

---

\* Correspondence to: Vice-President International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), Président, Association Française pour l'Eau, l'Irrigations et le Drainage (AFEID), Directeur Technique Ingénierie - Société du Canal de Provence, Le Tholonet, CS 70064, 13182 Aix-en-Provence Cedex 05, France, Tel: +33 4 42 66 70 00. E-mail: francois.brelle@canal-de-provence.com,afeid@irstea.fr

**Tableau 1.** Les superficies cultivée, irriguée et drainée du monde (millions d'hectares)

Région	Superficie arable totale	Superficie irriguée	Irrigation par aspersion	Irrigation goutte à goutte	Superficie drainée
Europe	280	22,3	3,50	0,59	49,2
Moyen-Orient et Amérique du Nord	109	29,9	0,64	0,11	11,2
Afrique sous-saharienne	178	5,5	0,92	0,37	0,26
Amérique du Nord	253	32,1	13,40	1,85	62,2
Amérique centrale et du sud & Caraïbe	123	12,4	2,00	0,15	2,62
Asie du nord et centrale	34	11,3	8,20	0,07	5,4
Asie du sud et du sud-est	137	63,9	0,01	0,01	25,9
Asie orientale	311	114	6,60	4,00	29,9
Océanie	45	3,2	0,52	0,19	2,2

Source: Base de données CIID

**Tableau 2.** Les investissements dans les infrastructures d'irrigation (en milliards de dollars américains - valeur 2012)

Région	1950-1960	1961-1970	1971-1990	1991-2000	2001-2010
Europe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Moyen-Orient et Amérique du Nord	3,66	5,55	3,25	3,3	1,54
Afrique sous-saharienne	1,56	4,49	2,8	1,8	0,62
Amérique du Nord	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Amérique centrale et du sud & Caraïbe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Asie du nord et centrale	10,89	13,75	19,8	7,44	1,47
Asie du sud et du sud-est	6,82	26,5	12,83	10,71	1,55
Asie orientale	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Océanie					

Source: FAO: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_17\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_17_web.pdf) - 2005  
La valeur 2005 convertie en valeur 2012, selon les données de l'inflation du gouvernement américain.

de l'Afrique sub-saharienne. L'agriculture irriguée est revenue au premier plan des priorités d'investissement pour aider le développement des pays du sud. Mais cette longue période de manque d'intérêt des bailleurs de fonds dans ce domaine s'explique principalement par l'échec de nombreux projets entre les années 1950 et 1980. Beaucoup d'entre eux ont en effet eu des résultats médiocres en matière de production agricole, en particulier par rapport à l'importance des investissements consentis. Le plus souvent, les systèmes se sont avérés insuffisamment robustes aux changements, les organisations et les instruments de gestion techniques et financiers mis en œuvre se révélant incapables d'assurer la pérennité du service de l'infrastructure et de l'eau qu'ils étaient destinés à assurer.

Ce regain d'intérêt pour l'agriculture sécurisée par l'irrigation, à la fois facteur de santé publique, d'axe de développement économique et d'outil pour la stabilité sociale et politique, doit être accompagné d'une étude sur la pertinence des modèles économiques adoptés pour le développement de l'irrigation, en tenant compte des expériences du passé ainsi que des évolutions récentes, en particulier en ce qui concerne les approches socio-économiques et les changements climatiques.

La Question 59 comporte trois sous-sujets : Sécuriser l'eau et les moyens d'existence de la communauté rurale (Q.59.1); Améliorer l'efficacité d'irrigation (Q.59.2); Partager l'eau et en assurer son transfert dans les régions de stress hydrique (Q.59.3).

### **Q.59.1: Sécuriser l'eau et les moyens d'existence de la communauté rurale**

Les projets d'irrigation peuvent être le principal moyen de maintenir – ou de relocaliser – les habitants dans les régions rurales, en leur donnant une activité économique. Ils contribuent donc aux moyens d'existence en protégeant les populations rurales de la pauvreté, et ainsi de la migration vers les banlieues des grandes villes où règnent la pauvreté, le chômage et le crime. Sécuriser les moyens d'existence des populations rurales nécessite de sécuriser l'eau d'irrigation.

#### **(i) Les documents reçus dans le cadre de cette question abordent en premier lieu la question: comment sécuriser l'alimentation en sécurisant l'eau d'irrigation?**

L'intéressante étude de cas du bassin fluvial Seki au Japon montre comment évaluer la part de l'eau prélevée qui retourne vers la rivière et maintient ainsi la stabilité de l'approvisionnement en eau aval.

Un autre rapport explique comment, au Mexique, la superficie irriguée des périmètres irrigués a été augmentée lorsque un excédent d'eau a été identifié, comment de nouveaux districts d'irrigation ont été créés dans les bassins versants où le stockage de la ressource en eau s'est avéré possible par la construction des nouveaux barrages permettant de garantir le débit écologique et l'approvisionnement en eau urbain, en plus de la génération de l'énergie hydraulique et du contrôle des eaux de crue.

Une étude présente le cas de la région de Grand Karoo en Afrique du Sud, zone semi-aride avec des précipitations faibles et peu fiables, où la gestion de la sécheresse pose un défi aux agriculteurs. L'étude a suivi une approche participative, et vise à identifier des stratégies d'adaptation autochtones adoptées par les agriculteurs, et à identifier des mesures permettant d'assurer la résilience du secteur agricole aux sécheresses futures.

En Egypte, les caractéristiques du Nil et des interconnexions entre les différentes parties du réseau nécessitent la coordination entre les différents usagers de l'eau. Cette étude vise à explorer les changements de coordination des agriculteurs dans le cadre de différentes situations de disponibilité en eau, et plus spécialement leurs impacts sur la qualité de cette coordination. Cette étude montre que la coordination est possible lorsqu'il y a une nécessité.

Un rapport présente une étude essayant d'exécuter un cadre original de Système d'Information Géographique, un « SIG participatif », au niveau du village dans le système de réservoir d'Ponnaniyar de l'Etat de Tamilnadu en Inde. Tout en intégrant les formes différentes de la participation communautaire, cet outil innovant explore les aspects de la propriété et du contrôle de l'information géographique, des représentations de savoirs locaux et autochtones, étant

donné que la plupart des logiciels d'information géographique se sont révélés incapables, au plan technologique, de concilier les principales contraintes sociales.

**(ii) Par l'évaluation des impacts des systèmes d'irrigation et de drainage, plusieurs rapports démontrent que l'irrigation contribue à l'amélioration de moyens d'existence des communautés rurales**

Une étude menée dans le bassin fluvial de Yeongsan, en Corée, montre que l'amélioration d'infrastructure agricole a contribué à l'augmentation de la superficie cultivée, à la productivité et au revenu agricoles, contribuant simultanément au développement industriel et régional.

Un autre rapport présente une étude menée dans le district de Vhembe, de la Province Limpopo en Afrique du Sud, qui a identifié diverses façons dont les moyens d'existence des petits agriculteurs des projets d'irrigation pourraient être améliorés. La commercialisation de l'agriculture des petites exploitations a été encouragée à proximité des centres urbains, et plusieurs facteurs ont été optimisés pour les conditions locales.

Une étude de cas sur les bassins d'irrigation dans les régions rurales de centre-est et de midi et de l'extrême-occidentale du Népal donne un exemple intéressant de nouvelle technologie utilisée pour la culture maraîchère à forte valeur ajoutée. Le revêtement des étangs par membrane est considéré comme une technologie abordable pour les petits agriculteurs, qui peuvent utiliser l'eau efficacement et produire les cultures commerciales pour augmenter leur revenu.

**(iii) Les rôles multiples joués par l'eau dans des systèmes d'irrigation et l'utilisation adéquate de l'eau de mauvaise qualité doivent être considérés comme des facteurs de développement des régions rurales, en même temps que les changements de l'écologie agricole et naturelle résultant de l'irrigation et du drainage**

Un rapport présente un processus innovateur de traitement des eaux usées pour la réutilisation en Iran.

Un rapport est relatif à une étude menée en Corée qui vise à classer la réutilisation des eaux usées agricoles en sept types. La classification proposée pourrait contribuer à une meilleure connaissance de la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture et à aider à la décision pour des plans de gestion optimale.

Le cas de Bulawayo, une ville du Zimbabwe souffrant de pénurie d'eau, qui a employé la réutilisation de l'eau non potable depuis des années 1950, démontre que la réutilisation de l'eau pour l'agriculture peut contribuer à résoudre les problèmes de l'eau si les approches appropriées sont employées.

Un autre rapport décrit la reprise de la pratique traditionnelle de la collecte de l'eau de pluie au Népal dans les petits étangs dans les collines, dans les dépressions en plaine, utilisée généralement pour les animaux et les usages domestiques. Cette initiative de conservation des ressources et de rétablissement de la pratique traditionnelle a un objectif plus large et de multiples avantages: la conservation de l'eau, l'amélioration de l'environnement, la santé, l'enseignement et l'amélioration des moyens d'existence dans les zones rurales du Népal.

- (iv) **L'attention doit être accordée au rôle que la communauté rurale peut jouer dans la gouvernance des ressources en eau et des systèmes hydrauliques, à condition que les capacités pertinentes soient renforcées. Une question importante : La gestion participative de l'irrigation (GPI) et la gestion menée par les institutions sont-elles complémentaires pour l'exploitation et la maintenance des systèmes d'irrigation et de drainage?**

Le rapport traitant du cas de la vallée de Ferghana en Ouzbékistan souligne le rôle joué par les institutions dans l'amélioration de la compétence économique, technique et organisationnelle des AUE.

Un rapport concernant le Népal met en évidence la contribution des petits agriculteurs qui sont aussi des propriétaires fonciers dans la gestion des sources en eau rares pour personnaliser l'assolement annuel et augmenter l'intensité des cultures. Cette étude a également révélé que le comité des usagers actifs de l'irrigation en a bénéficié plus que le reste des usagers de l'accès au marché local et aux services agricoles.

Au Mexique, plus de 100 aquifères sont surexploités, principalement en raison de prélèvements excessifs dépassant leur capacité de recharge. Le CONAGUA, en tant que l'institution de réglementation de l'eau au Mexique, envisage de lancer un programme fédéral à travers les associations civiles (CA) qui dépendent du même aquifère pour créer le Comité technique des eaux souterraines qui sera chargé de la gestion durable de l'aquifère avec le CONAGUA.

En Corée, une enquête approfondie a été menée pour se faire une meilleure idée des conditions du transfert de la gestion d'irrigation (IMT) entre la Société coréenne de la communauté rurale (KRC) et le gouvernement local. Les conclusions ont été qu'il fallait renforcer l'autonomie du groupe d'usagers de l'eau, établir des normes pour partager les coûts, et poursuivre les subventions pour encourager la participation des fermiers à la gestion d'eau.

En Iran, les systèmes d'irrigation et de drainage ont été traditionnellement des initiatives privées et le nombre des parties prenantes était faible. Comme dans la plupart des pays, la mise en place d'un système d'irrigation à grande échelle moderne par le gouvernement a provoqué un changement social et a détruit de nombreuses structures de gestion traditionnelles. Se fondant sur les études de cas de GPI qui ont réussi, le rapport conclut que la préférence doit être accordée à une approche « bottom-up » pour émanciper les AUE.

Dans l'État de Maharashtra, en Inde, le Système de la gestion d'irrigation de l'Etat de Maharashtra selon la loi agricole de 2005, accompagnée de la loi sur l'Autorité de réglementation des ressources en eau de Maharashtra, a consolidé le PIM et a assuré le développement et la gestion durable des ressources en eau de l'État.

La GPI ne peut pas être définie que par l'existence de dispositions réglementaires permettant la création des associations des usagers d'eau. Sur la base du travail intensif mené sur le terrain et des études de cas de long terme utilisant les méthodes quantitatives et qualitatives dans les régions arides et semi-arides du nord-ouest de la Chine, un des rapports montre des réformes de la GPI apparemment réussies ont en fait des impacts négatifs sur l'implication des participants et leur compréhension des problèmes.

**(v) Le financement des projets d'irrigation et de drainage est une autre préoccupation majeure**

Une étude conjointe menée par des chercheurs japonais et égyptiens vise à montrer la nécessité des politiques publiques et des interventions gouvernementales pour l'utilisation rationnelle de l'eau et donc sa meilleure gestion. Le rapport met l'accent sur les règlements nécessaires pour la redistribution de l'eau entre zones et sur l'utilité des subventions pour équilibrer les différences entre les bénéfices apportés aux agriculteurs par l'irrigation selon les zones.

Un intéressant poster traite du potentiel hydroélectrique des étangs d'irrigation dans les zones montagneuses au Japon. L'énergie hydroélectrique produite peut contribuer à l'exploitation et la maintenance des réservoirs, et ainsi à la durabilité économique et technologique des projets d'irrigation.

**Q.59.2: Améliorer l'efficacité de l'irrigation**

Les besoins en eau de la production alimentaire sont en augmentation. Mais on doit également tenir compte des autres usages de l'eau : les besoins du milieu naturel doivent être satisfaits; l'eau potable et l'eau pour l'hygiène doivent être disponibles pour un plus grand nombre. D'autre part, les changements climatiques vont donner lieu à des précipitations plus faibles ou plus irrégulières dans beaucoup de régions, rendant la ressource en eau plus rare. Il est donc nécessaire d'améliorer l'efficacité de l'irrigation.

**(i) L'irrigation devra inévitablement être plus économique, et il est donc nécessaire de développer les méthodes et les techniques d'économie d'eau.**

L'étude menée en Corée évalue l'eau virtuelle de la consommation et de la production par régions et analyse les transferts d'eau virtuelle. L'analyse des entrées et des sorties d'eau virtuelle apparaît comme un indicateur d'aide à la décision pour l'allocation des ressources en eau et leur utilisation efficace dans les différentes régions.

Un rapport venant des Etats-Unis présente l'adaptation d'un modèle de gestion d'eau d'irrigation fondé sur un algorithme générique utilisant le sol, l'eau, l'atmosphère, la plante (Soil Water Atmosphere Plant - SWAP) pour déterminer des périodes et des quantités d'irrigation efficaces. Il vise à préparer les décideurs politiques à élaborer des plans efficaces de lutte contre la sécheresse.

Une autre étude a été effectuée en Corée avec l'objectif de calculer la pluie efficace et le taux de ruissellement dans les rizières pour évaluer la pluie réellement utilisée pour la culture du riz. L'étude a montré que les fermiers n'utilisent pas la capacité totale de stockage pluvial des parcelles car ils peuvent utiliser l'irrigation à titre gratuit. La fonctionnalité insuffisante du système de drainage s'est avérée être l'une des raisons de la mauvaise gestion de l'eau au niveau des exploitations.

En 2003, le Gouvernement de l'Etat d'Andhra Pradesh en Inde a lancé le projet de Micro Irrigation (APMIP) pour promouvoir la technologie d'économie d'irrigation à grande échelle. Le rapport correspondant conclut que ce projet a contribué à l'amélioration de la productivité des cultures, de l'économie d'eau et d'énergie et à la création d'emplois. Sur une base annuelle, chaque roupie investie dans la micro-irrigation paie 2,4 Rs grâce à l'augmentation de productivité. Une période de remboursement de moins de 2 ans a incité les banquiers à accorder des prêts aux agriculteurs pour acquérir les systèmes de micro-irrigation.



Un autre rapport, Indien, présente les résultats des méthodologies du projet ClimaAdapt ayant permis d'obtenir des informations sur l'efficacité de l'utilisation d'eau pour différentes pratiques de riziculture dans les Etats d'Andhra Pradesh et de Tamil Nadu. Il a démontré le potentiel de l'économie d'eau des techniques alternatives de riziculture telles que le Système d'Intensification du Riz (SRI) et la Méthode alternée de mouillage et de séchage (AWD).

**(ii) Un autre moyen d'améliorer l'efficacité d'irrigation est l'utilisation des systèmes de programmation d'irrigation automatisés et de mesure des quantités d'eau livrées et utilisées à la parcelle**

Un rapport décrit le système de gestion d'irrigation semi-automatique (SAIMS) mis en place et testé sur un site expérimental au nord-est de l'Autriche. Le SAIMS se compose de capteurs d'eau du sol et d'une vanne motorisée permettant de démarrer et d'arrêter l'irrigation pour deux seuils.

Un rapport du Mexique traite de deux types de technologies: (i) l'acquisition de données météorologiques de la communication sans fil et (ii) des dispositifs peu coûteux mais précis pour mesurer le débit dans les canaux ouverts. Une interface de système d'information géographique basé sur un logiciel gratuit utilisant des images satellite de Google maps crée une base de données conviviale et traite statistiquement l'information du système d'irrigation. Après avoir calculé (i) le volume d'eau fourni au champ, et (ii) l'unité de la chaleur et la précipitation efficace, le système calcule le volume d'eau exigé par le champ.

Des chercheurs allemands présentent une méthode d'évaluation sur le terrain des stratégies de planification de l'irrigation utilisant le modèle de croissance des cultures mécaniste. Dans le cas particulier du chou irrigué, les simulations du modèle de croissance de la culture et de la dynamique de l'eau dans le sol ont été comparées aux données mesurées. Elles ont identifié des pertes d'eau improductives et élevées et ont conclu que l'irrigation en fonction de données tensiométriques doit être recommandée aux agriculteurs à condition que les coefficients des cultures soient bien estimés.

Un autre venu d'Allemagne traite de l'analyse de la distribution des racines pour la modélisation et l'amélioration des systèmes d'irrigation à base de capteurs. La modélisation exige les valeurs fiables de seuil potentiel sol-eau pour contrôler l'irrigation. Une des faiblesses du modèle mis en oeuvre était le paramétrage inconnu de la racine de la plante, qui doit être inclus dans l'optimisation de même que les paramètres du sol. Une expérience a mis l'accent sur la connaissance de la distribution des racines de la plante afin d'améliorer la validité du modèle.

**(iii) La réhabilitation et la modernisation des systèmes d'irrigation et de drainage sont bien entendu un moyen d'économiser l'eau et donc de réaliser une meilleure efficacité d'irrigation. La mise en place d'appareils de mesure sur les canaux et les systèmes de contrôle fait partie de cette modernisation**

Un rapport présente une étude coréenne qui vise à adapter le SWMM (Modèle de la gestion des eaux pluviales) au périmètre rizicole irrigué. Un module est ajouté au modèle avec (i) la modélisation géographique du réseau et (ii) la simulation de l'équilibre en eau des rizières, pour permettre à l'opérateur de quantifier scientifiquement la demande en eau d'irrigation et d'ajuster par la suite le débit du réseau de canal d'irrigation. Le module de modélisation développé sera en mesure de jouer un rôle important dans la quantification des besoins en eau pour l'exploitation des systèmes d'irrigation.

Un rapport Iranien présente un système d'intelligence artificielle visant à améliorer la performance de distribution d'eau dans les canaux d'irrigation. Fondé sur l'algorithme Fuzzy Sarsa Learning (FSL), le modèle principal est utilisé pour (i) observer la hauteur d'eau et les débits dans le canal, (ii) sélectionner une ouverture de la vanne, (iii) observer de nouvelles profondeurs et débits, et (iv) modifier l'ouverture de la vanne en conséquence.

Un autre rapport venu d'Iran traite le classement des systèmes automatiques de mesure de débit pour les outiles de prise de décision. La méthode TOPSIS est utilisée pour la sélection de systèmes automatiques de mesure de débit pour les réseaux d'irrigation. Les attributs sont classés en deux grandes catégories - les caractéristiques générales (y compris le coût, l'exactitude,...) et les attributs spécifiques locaux (y compris l'installation hydraulique, la consommation de l'énergie..).

**(iv) Plusieurs rapports présentent de nouvelles technologies destinées à améliorer l'efficacité d'irrigation**

L'un présente un système Coréen de gestion des ressources en eau à base d'une Technologie d'Information et de Communication (ICT). Cette technologie intègre un système de l'identification de la radiofréquence (RFID) avec un réseau de capteurs répartis dans l'espace. Les dispositifs mobiles ont été développés pour recueillir et récupérer des informations sur les systèmes d'irrigation. Les essais menés sur le terrain ont révélé que le réseau de capteurs répartis était pratique et efficace pour le suivi de l'irrigation et fournissait des interfaces pratiques pour les appareils personnels mobiles et un service Web aux gestionnaires de l'eau.

Une autre étude réalisée par des chercheurs coréens explore une détermination non conventionnelle de la pluie efficace et son influence sur le calcul des besoins en eau d'irrigation. Des données globales de précipitations par satellite sont aujourd'hui disponibles pour plus de 10 ans, parmi lesquelles l'analyse multi-satellitaire des précipitations TRMM 3B42 temps réel (TMPA 3B42RT). L'étude conclut que l'on peut envisager l'utilisation des données satellitaires pour le calcul de la pluie efficace, en particulier dans les zones où les stations d'observation au sol sont rares.

Un rapport d'Afrique du Sud présente FruitLook, un nouvel outil utilisé pour offrir les mises à jour hebdomadaires sur les zones de production de raisin et de fruits à feuilles caduques dans le Western Cape à travers un portail web. FruitLook utilise les nouvelles technologies développées à l'aide de données satellitaires qui montrent les variations spatiales et temporelles de la consommation réelle d'eau par les cultures, les paramètres de croissance et la teneur en azote au niveau du terrain. Il aide les agriculteurs à améliorer leur production et à réduire les apports et les coûts associés.

Pour traiter le manque des données de terrain sur la nappe phréatique peu-profonde (Shallow Ground Water - SGW), qui peut limiter la disponibilité et l'applicabilité des techniques de télédétection (RS), des chercheurs de Delft aux Pays-Bas présentent un schéma d'assimilation des données dynamiques de la nappe phréatique (DGW), lequel a été proposé pour prendre en compte la dynamique de la nappe au cours du temps dans l'estimation des paramètres efficaces de la colonne de sol.

Une recherche a été effectuée sur l'efficacité de la « Trace Quantity Irrigation » (TQI), un système d'irrigation nouvellement inventé qui utilisant une structure à double couche pour résoudre le problème de colmatage sous débit encore plus lent qu'en goutte à goutte, et qui fournit l'eau selon les exigences des plantes. L'étude porte sur le cas des vignes dans

la province de Ningxia, en Chine, et conclut que 52,4 % de l'eau peut être économisée par rapport à l'irrigation goutte à goutte pour le même rendement.

Des chercheurs Allemands ont mené une étude sur le potentiel d'irrigation de précision à l'aide de pivot central. Le défi consiste à régler le niveau d'irrigation en fonction des conditions locales du sol, à partir d'une carte et de la détermination de zones de gestion. Dans le cadre de cette étude, la mise en œuvre technique a été réalisée avec un appareil d'irrigation circulaire équipé d'une commande spéciale des buses par vanne électromagnétique.

Un rapport traite d'une recherche menée en Chine sur la caractérisation de la dessiccation et des fissures de retrait du sol, dont la connaissance des paramètres géométriques favorise la recherche sur les processus de débit préférentiel et de transport de solutés. Par rapport à la méthode traditionnelle artificielle, le traitement d'image numérique fournit une technique efficace dans les statistiques paramétriques.

Un rapport présente une étude réalisée en Iran afin d'évaluer la possibilité d'améliorer la gestion agricole d'une ferme à grande échelle en utilisant les données de télédétection du modèle CERES-Rice. Tout d'abord, le modèle a été calibré à partir des données acquises localement. La précision du modèle a ensuite été évaluée dans 110 rizières sur environ 26 000 ha. Ensuite, le modèle a été de nouveau calibré à partir du rendement estimé à partir des images satellitaires du Landsat 5. Il a été constaté que la deuxième méthode de calibration était plus exacte dans la prévision du rendement.

**(v) L'Efficacité des systèmes intégrés de la gestion d'irrigation et de drainage constitue le cinquième sous-sujet**

Un rapport traite les caractéristiques opérationnelles de petites centrales hydroélectriques utilisant des réservoirs agricoles en Corée. Depuis 2005, la Société coréenne de la communauté rurale a développé des centrales électriques hydrauliques en utilisant l'eau agricole, exploitant actuellement 19 usines pour générer une capacité d'énergie totale de 12,5 GW. D'après les résultats de l'étude présentés dans ce rapport, les méthodes sont proposées pour augmenter l'efficacité énergétique à l'aide d'instrumentation in situ dans l'un des centrales hydroélectriques

Un rapport rend compte d'une étude qui vise à répondre aux questions complexes de l'émancipation de l'Association des Usagers de l'Eau (AUE) du système d'irrigation du barrage Serayu, situé dans le bassin fluvial de Serayu – Bogowonto de Java central, en Indonésie. Le but est de résoudre le problème de la baisse de qualité des services d'irrigation causée principalement par la diminution des subventions du gouvernement. Cette étude a conclu sur la nécessité d'une forte réorientation de la politique du gouvernement orientée spécifiquement vers les communautés pauvres.

La participation des fermiers dans la gestion d'irrigation du Projet d'irrigation de Waghad, dans l'Etat de Maharashtra en l'Inde, est un exemple de réussite dans la maîtrise d'eau et le développement rural. Ce projet a permis d'économiser presque 1/3 de l'eau prélevée pour l'irrigation et de recharger plus de 2500 puits grâce à la construction des structures de stockage d'eau. Les fermiers sont devenus confiants, ils ont investi dans les systèmes d'irrigation goutte à goutte et ont finalement créé une entreprise commerciale pour traiter et commercialiser leur production.

Un rapport présente l'expérience de l'Etat de Maharashtra en Inde en ce qui concerne les stratégies pour améliorer la performance des projets en matière de ressources en eau. Depuis

2005, l'Etat a effectué plusieurs réformes, donnant le pouvoir aux AUE pour l'exploitation et la gestion des systèmes d'irrigation et de drainage, mettant en place l'analyse comparative et l'audit, transformant les Sociétés de Développement d'Irrigation (IDC) existantes en Agences de Bassin (RBA). Ces réformes ont permis l'amélioration de la performance économique et technique des projets d'irrigation, les dépenses d'exploitation et de maintenance étant couvertes par les redevances d'eau d'irrigation.

Le bassin fluvial de Gediz de la Turquie est un exemple de modélisation de l'assolement sous diverses conditions de réduction des capacités de quatre grands barrages. L'étude démontre que des terres agricoles supplémentaires peuvent être irriguées en utilisant le système d'irrigation sous pression au lieu du système d'irrigation de surface.

Un rapport aborde la question de l'évaluation de la performance des systèmes d'irrigation en Afrique du Sud. Pour respecter les exigences de la Loi nationale sud-africaine de l'eau de 1998, les systèmes doivent fonctionner selon des niveaux d'efficacité réalistes, une attention particulière étant portée à la gestion d'utilisation de l'eau. Selon les résultats obtenus de l'étude, qui a évalué 75 systèmes d'irrigation à travers le pays, un cadre de référence pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau a été élaboré, dans les conditions de l'Afrique du Sud. Il est désormais appliqué pour la gestion efficace de l'eau d'irrigation.

### **Q.59.3: Partage de l'eau et transfert de l'eau dans les régions de stress hydrique**

La coopération inter-bassin, soit à l'intérieur d'un pays soit transfrontalière, est souvent la solution pour faire face à la rareté des ressources en eau ou pour résoudre les conflits d'eau. Les systèmes de droits d'utilisation de l'eau diffèrent d'un pays à l'autre, mais ils sont souvent parmi les plus anciens règlements du pays et doivent être soigneusement pris en considération. Quatre rapports ont été retenus dans le cadre de ce sous-sujet.

Un rapport vise à expliquer en détail les stratégies de prélèvement de l'eau et de collecte de l'eau de pluie et comment elles améliorent les moyens d'existence en milieu rural dans la régence de Gunungkidul de la province spéciale de Yogyakarta, en Indonésie, grâce à la production alimentaire sécurisée. Cette région reçoit entre 2000 et 3500 mm de précipitations par an, mais la nature karstique du sol provoque la percolation de la plupart de cette eau à 100 m au-dessous du sol en moyenne. L'extraction de cette eau accompagnée de petits réservoirs naturels, appelé Telaga (ou Doline) est nécessaire pour rendre la ressource en eau disponible pour les communautés rurales.

Le deuxième rapport concerne l'équité en matière de droits de l'eau dans l'Etat de Maharashtra, en Inde. Pour faciliter et assurer une gestion judicieuse, équitable et durable des ressources en eau, leur répartition, leur allocation et leur utilisation, le gouvernement du Maharashtra a adopté en 2005 deux lois sur l'eau, qui contiennent des dispositions concernant les droits d'eau pour l'irrigation.

Un rapport traite d'une étude pilote de réseau intégré de partage de l'eau et de son transfert vers les régions à stress hydrique dans les régions tropicales semi-arides en Inde. Pour atteindre l'objectif de doubler la production alimentaire d'ici à 2020, une expérience pilote a été menée en 2010 dans l'Etat de Karnataka, qui visait à transférer l'eau aux régions à stress hydrique à partir de certains grands barrages vers de petits réservoirs d'irrigation. La modernisation des canaux d'irrigation (revêtement, contrôle), l'adoption de la méthode de culture du riz, la formation des agriculteurs sont parmi les mesures prises dans ce projet. Le volume d'eau important peut être économisé et transféré vers les régions à stress hydrique.

Le quatrième document vise à évaluer les caractéristiques du commerce de l'eau virtuelle de la Corée (KVWT) tels que la dépendance de l'eau, l'intensité du commerce, et l'analyse du déséquilibre du commerce de l'eau virtuelle global (GVWT). Pour une nation, la dépendance de l'eau caractérise le niveau du besoin en ressources hydrauliques étrangères par le commerce de l'eau virtuelle. Elle a été évaluée en tenant compte de la proportion de l'empreinte d'eau externe (EWFP) par rapport à l'empreinte d'eau interne (IWFP).

### Conclusion

Un aspect clé du développement de l'agriculture irriguée est le concept que la durabilité à long terme peut être réalisée (i) si la ressource en eau est conservée de manière appropriée, (ii) avec la participation active des principales parties prenantes, à savoir les agriculteurs et (iii) par la récupération de coûts d'exploitation, de maintenance et de gestion de l'eau. Ces conditions sont elles mêmes dépendantes de la sécurisation des ressources en eau et des moyens d'existence des agriculteurs / usagers de l'eau. Les deux sont étroitement liées à la performance de l'irrigation, de la gestion des ressources en eau à la distribution, qui apparaît ainsi comme un facteur clé pour améliorer les revenus des agriculteurs et les moyens d'existence de la population rurale.

Le nombre et la qualité du document présentés reflètent la vitalité et la richesse des études académique et opérationnelle menées dans le monde sur ces questions principales et en particulier au sein de la communauté CIID. Malheureusement, la sélection était inévitable, et de nombreuses propositions n'ont pas pu être retenues en dépit de leur qualité. Celles qui l'ont été en tant que posters contribueront également au débat et à l'amélioration de l'état de l'art.

La dernière remarque: Ce qui n'a pas été abordé ici est de savoir si les agriculteurs sont ou non en droit de demander à être rémunérés pour les services écosystémiques qu'ils produisent. L'agriculture contribue en effet souvent à la gestion et à la préservation des territoires et des paysages. S'agit-il d'un service public pour lequel les citoyens devraient payer ? La réponse à ces questions peut donner des solutions pour augmenter le revenu des agriculteurs et le niveau de vie de la population rurale en général.