

Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future

Proceedings of the Workshop held in Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010

Regassa E. Namara and Hilmy Sally, editors



Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future

Proceedings of the Workshop held in Ouagadougou,
Burkina Faso, December 1-2, 2010

Edited by
Regassa E. Namara and Hilmy Sally



International Water Management Institute (IWMI)
P.O. Box 2075, Colombo, Sri Lanka

The editors: Regassa E. Namara is currently Senior Water Resources Economist at the World Bank, Washington, DC, USA, and formerly Principal Researcher - Economist and Head of the West Africa office of the International Water Management Institute (IWMI), Accra, Ghana; Hilmy Sally is an independent Irrigation and Water Management Professional, and formerly Project Leader at the Burkina Faso office of IWMI in Ouagadougou, Burkina Faso. Both Regassa and Hilmy were staff members at IWMI when this workshop was held.

Namara, R. E.; Sally, H. (Eds.). 2014. *Proceedings of the Workshop on Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future, Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 373p. doi:10.5337/2014.218

/ irrigation systems / irrigation schemes / irrigated farming / irrigated land / financing / investment / food security / economic growth / land resources / land tenure / land acquisitions / agricultural sector / groundwater / water management / water resources development / water use / water policy / smallholders / farmers / climate change / poverty / urbanization / sustainability / livestock / river basins / rainfed farming / crops / natural resources management / West Africa / Ghana / Gambia / Liberia / Mali / Niger / Benin / Burkina Faso / Cape Verde / Cote d'Ivoire / Guinea / Nigeria / Senegal / Sierra Leone / Africa South of Sahara / Togo / central Asia /

ISBN 978-92-9090-797-8

Copyright © 2014, by IWMI. All rights reserved. IWMI encourages the use of its material provided that the organization is acknowledged and kept informed in all such instances.

Front cover photograph shows onion block farming in Bawku West District, Ghana, West Africa (*photo*: Felix Antonio).

Please direct inquiries and comments to: *IWMI-Publications@cgiar.org*

Contents

Acknowledgements	v
Preface	vii
Main Messages	
<i>Mark Giordano, Regassa Namara and Hilmy Sally</i>	ix
Paper 1. Water and Food Trends in West Africa: Drivers and Change	
<i>Charlotte de Fraiture</i>	1
Paper 2. Irrigation Investment Trends and Economic Performances in the Sahelian Countries of West Africa	
<i>Bruno Barbier, Jean-Yves Jamin, Hervé Ouedraogo, Abdoulaye Diarra and Boubacar Barry</i>	21
Paper 3. Quelles solutions pour le développement de l'irrigation en Afrique de l'ouest ? Quelques messages issus des leçons apprises [What solutions for irrigation development in West Africa? Some messages derived from lessons learned]	
<i>Amadou Allahoury Diallo</i>	37
Paper 4. Projet régional de mise en valeur des terres de l'office du Niger au Mali dans le cadre de l'UEMOA: Casier de Touraba, Zone du Kouroumari [Regional UEMOA project for land development under the Office du Niger in Mali: The Touraba Block of the Kouroumari Zone]	
<i>Hervé Marcel Ouedraogo</i>	47
Paper 5. Situation de l'irrigation au Bénin [The status of irrigation in Benin]	
<i>Félix Gbaguidi</i>	63
Paper 6. Développement de l'irrigation au Burkina Faso : Etat des lieux et caractéristiques des aménagements hydro-agricoles [Irrigation development in Burkina Faso: Status and characteristics of irrigation schemes]	
<i>Yousseuf Dembélé and Adolphe Zangré</i>	89
Paper 7. La situation de l'irrigation au Cap-Vert [The situation of irrigation in Cape Verde]	
<i>Oumar Barry</i>	111
Paper 8. Rapport sur la situation de l'irrigation en Côte d'Ivoire [Report on the situation of irrigation in Côte d'Ivoire]	
<i>Djanhan Patrice Kouassi</i>	123
Paper 9. Etat actuel des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'ouest : Cas de la République de Guinée [Current state of irrigation schemes in West Africa: The case of the Republic of Guinea]	
<i>N'Famara Conté</i>	145

Paper 10. Current Status of Irrigation Development in Ghana <i>Damien Amoatin</i>	159
Paper 11. Irrigation and Agricultural Water Management Systems in Gambia <i>Kebba S. Manka</i>	177
Paper 12. Current State of Irrigation Development in Liberia <i>Patrick Farnga and Saa Moussa Kamano</i>	193
Paper 13. Le développement de l'irrigation au Mali [Irrigation development in Mali] <i>Abdoulaye Dembélé</i>	199
Paper 14. Situation de l'agriculture irriguée au Niger [The situation of irrigated agriculture in Niger] <i>Bachir Ousseini et Moussa Amadou</i>	217
Paper 15. The State of Irrigation Development in Nigeria <i>Babagana Umara</i>	243
Paper 16. Etat des lieux de l'irrigation et la gestion de l'eau agricole au Sénégal [Status of irrigation and agricultural water management in Senegal] <i>Magatte Wade</i>	265
Paper 17. Irrigation and Water Resources Development in Sierra Leone <i>Abdul Rahman Kamara and Adama Fatu Kamara</i>	287
Paper 18. Analyse de l'état actuel de développement de l'irrigation au Togo [Analysis of the current state of irrigation development in Togo] <i>Jean Koffi Bolor</i>	305
Paper 19. Irrigation Development Experiences of Central Asian Countries and Lessons for West Africa and Sub-Saharan Africa <i>Mohan Reddy Junna</i>	313
Paper 20. Accelerating Smallholder Irrigation in Sub-Saharan Africa: Lessons from South Asia's Groundwater Revolution <i>Tushaar Shah</i>	325
Paper 21. Irrigation Development in West Africa: A Look into the Past and the Future <i>Regassa E. Namara and Hilmy Sally</i>	339
Workshop Program	352
List of Participants	356

Acknowledgements

The editors would like to acknowledge the following:

- The International Water Management Institute (IWMI) for funding the workshop, and the Irrigated Systems Strategic Research Portfolio (SRP) of the CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE) for supporting subsequent related activities.
- Mr. Issa Martin Bikienga, former Deputy Executive Secretary, Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), for gracing the opening ceremony of the workshop.
- CILSS for co-organizing the workshop and helping with the related logistical issues.
- Authors of the country papers and presenters for providing updates on the status of irrigation in their respective countries.
- Resource persons from the regional and international organizations for sharing their respective institutional experiences on irrigation systems in the region.
- All participants for their contribution to the discussions and debates.
- The rapporteurs for meticulously compiling the outcomes of reach discussions during the workshop.

Special thanks go to Deborah Bossio (formerly Theme Leader – Productive Water Use, IWMI) and Mark Giordano (formerly Theme Leader – Water and Society, IWMI) for initiating the whole process.

Finally, we would like to express our gratitude to IWMI's editorial and production staff for their help, advice and patience in compiling these Proceedings.

Preface

Sub-Saharan Africa, in general, and West Africa, in particular, have not reaped the same benefits of irrigation, intensification and improved productivity as the rest of the world in meeting the rising demands for food and fiber of a growing population. Instead, much of its increase in crop production has come from expansion of (mostly rainfed) cropped area rather than from productivity gains.

On the other hand, West Africa possesses substantial untapped land and water resources. The area equipped for irrigation in the individual countries rarely exceeds 20% of the potential. Hence, there is, in principle, considerable scope for expansion of irrigation in West Africa.

However, irrigation, while being recognized as a valuable agricultural practice, enjoys a mixed record. Its performance has been sub-optimal with generally disappointing returns to investments, particularly in the case of large public irrigation schemes. Decisions about future investment in the irrigation sector should be based on, and informed by, lessons derived from analysis of past experiences.

This was one of the main considerations that led to the convening of this workshop in December 2010 in Ouagadougou, Burkina Faso. Its main purpose was to take stock of the state of irrigation in West Africa with a view to charting a course for its future development.

The workshop featured contributions from representatives of 14 of the 15 countries that constitute the Economic Community of West African States (ECOWAS). Each of these papers reported on the present state of the irrigated agriculture sector in their respective countries, including aspects such as extent and potential, management and performance, policies and institutions, and opportunities and constraints related to future development.

These core contributions were supplemented by examples of broader regional and international experiences presented by representatives from the International Water Management Institute (IWMI), the World Bank (WB), the African Development Bank (AfDB) and the West African Economic and Monetary Union (UEMOA).

West Africa is endowed with relatively abundant land and water resources. Per capita water availability is highest in the coastal countries of the Gulf of Guinea (Guinea, Guinea-Bissau, Liberia and Sierra Leone). The level of withdrawal of renewable water resources for human use in West Africa is still relatively modest. The availability of arable land is also generally not a constraint. However, the lack of adequate infrastructure is a major obstacle to harnessing these resources. In recent times, a trend of leasing out substantial tracts of land to foreign investors for development has been observed. The benefits, or otherwise, of this phenomenon (referred to as 'land grabs' in some quarters) is something that merits careful analysis.

While the costs of irrigation development depend on the degree of water control, the topography of the site and the type of irrigation system, they are generally higher in this region than in other parts of the world even reaching levels of USD 20,000/hectare (ha). Irrigation investments have hitherto been largely spearheaded by national governments with support from

international financial institutions. The increasingly important role played by the private sector is amply illustrated by the fact that more than 50% of the irrigated area in Benin has been developed without government intervention. Furthermore, these (mostly small) private irrigation schemes are reputed to perform better than the large public irrigation schemes.

Most of the irrigation in West Africa is based on the exploitation of surface water (river diversions, reservoirs), either gravity-fed or pump-based. Groundwater use is limited, although several countries possess substantial reserves. The cost of lifting water appears to be the main constraint. Another feature is the relatively high proportion of land under partial water control, including lowlands (*bas-fonds, fadamas*) and mangroves. In some countries (e.g., Guinea, Mali), the extent of such land even exceeds the area equipped for total water control.

Rice is the principal irrigated crop during the wet season. A more diversified range of crops, from rice to a variety of horticulture, is grown in the dry season; the choice of crop and the area cultivated are largely dictated by the availability of water.

A variety of management models are encountered in the irrigation systems within a given country, varying from full state control to farmer-managed, with various forms of joint management in-between. One recurrent problem highlighted in all the countries was the inadequate attention paid to the maintenance of infrastructure. The unfortunate consequence is the relatively rapid degradation of the systems, often built at a very high investment cost.

Most of the countries in the region have adopted national water policies, generally framed in the context of integrated water resources management (IWRM). Irrigation development strategies often form part of an overall agricultural development strategy. Ghana, Mali, Niger and Nigeria are notable exceptions where there are explicit irrigation development strategies. Post-conflict countries such as Liberia and Sierra Leone, which also happen to be the most water-rich, require special assistance to develop their water- and irrigation-related policies and institutions.

The papers presented at the workshop improved our understanding of the status of irrigation in West Africa. They underlined the importance attached to irrigation development and made us aware of the associated challenges and opportunities, both regional and country-specific. The irrigated agriculture sector enjoys broad political will and support across all the countries, and also benefits from a renewed interest on the part of international financial institutions. The workshop enabled participants to forge a consensus on the need to identify and overcome the factors that are hampering efforts to improve access to and control of the relatively abundant land and water resources that are available in the region.

This proceeding contains edited versions of the papers presented at the workshop in their original language, either in English or in French, with abstracts in English. A summary of key messages as well as some considerations to help trace the future of irrigation development in the region are also presented.

Main Messages

Mark Giordano, Regassa Namara and Hilmy Sally

West Africa needs to grow more food. On that, there is no question. There is also no question about the enormous potential there is to grow much of that food through changes in agricultural water management technologies and practices. Investment in irrigation, in particular, will be vital if West Africa is to reduce rural poverty and meet the growing food demand. While the current level of irrigation development is limited, what has occurred has a mixed history of success. Before embarking on new programs, it is critical to understand what has gone wrong, what can be remedied for the future and what new models might be available to unlock West Africa's additional irrigation potential.

In order to do this, there is a need to synthesize existing information on the state of irrigation in West Africa, and make clear recommendations on how investment can best be targeted both at national and regional levels. It is with this end result in mind that the International Water Management Institute (IWMI), with support from the Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), brought together representatives from international, regional and national organizations to discuss the current state of irrigation development in West Africa and directions that had to be taken for the future.

In total, 38 experts representing 14 national governments as well as senior experts from IWMI, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Bank, Economic Community of West African States (ECOWAS) and the African Development Bank (AfDB) attended the workshop. Detailed information from each presenter forms the remainder of this document. While a complete summary is impossible, this paper highlights some of the major points of consensus from the conference on the state of irrigation in West Africa and how we should start thinking about future investments now.

Major issues in new investments - lack of information and high costs

A major, if not new, issue which was frequently highlighted was that information on West African irrigation is extremely limited. Even basic facts, such as area irrigated for each country, are often unavailable or of questionable quality. Even when some figures are available, they often focus on the intended irrigated area of a donor-financed project rather than the area actually irrigated. Further, informal irrigation is rarely, if ever, included in figures. Anecdotal evidence suggests that in many countries in the region, the area of informal irrigation often exceeds that of formal systems, sometimes substantially. Because informal irrigation does not appear in statistics, it does not get the attention it deserves nor is it sufficiently studied to understand the lessons it may offer for formal system management.

There appears to be even less information on investment in irrigation and its economics, modalities of system operation and maintenance, and water pricing and cost recovery policies. What does seem to be clear is that investment costs in Africa are high by almost any global standard. Unfortunately, the difficulty in obtaining information makes it problematic to

determine exactly why costs are so high and what changes can be made to bring costs down. There are some known reasons for these high costs and many long-cited factors have not gone away, including land tenure, corruption, donor dependence, lack of markets and lack of human capacity. In addition, it was clear that thinking on the problems and opportunities for irrigation have moved beyond the irrigation sector, and many participants highlighted the need to focus on the overall macroeconomic environment, agricultural policy, trade policy and energy policy if irrigation is to be as profitable and competitive as many believe it can and should be.

A new investment environment

In addition, it was clear that the prioritization of irrigation in the thinking of national governments and international donors has changed. Since the previous major meeting on irrigation in West Africa some 3 years ago, national governments in the region have worked with the New Partnership for Africa's Development (NEPAD), within the framework of the Comprehensive Africa Agriculture Development Program (CAADP), to set new national priorities for agricultural investment, in general, and agricultural water management, in particular. Countries that were not ready to invest in irrigation, such as Togo and Liberia, are now prepared. Targets for investments have been set and budgets are being prioritized. Agricultural Water for Africa (AgWa) is functioning to create dialogue between those interested in the topic. Its major roles are advocacy; highlighting messages such as water for food, water for wealth and water for life; mobilizing resources, including money, people and political will; sharing knowledge to improve the availability of information and knowledge at regional and national levels among agricultural water management professionals; and harmonizing partner programs to avoid duplication of efforts, and enhance development impact and sustainability of investments. Likewise, international donors and investors have re-engaged with irrigation, and it is once again on their financing agenda. International research institutes and capacity building organizations are ready to provide the knowledge and help required.

We are now in a place where we know that past systems did not work well and that more investment is needed. The question then is how to avoid the problems of the past and still move forward in this now more amenable investment environment. The consensus in answering this question was less clear. However, some general themes emerged.

Steps to move forward

First, there is a need to better understand why irrigation development **costs** are so high and where policy change may help to reduce them. Is there overdesign by western consultants, high tariffs on imported pumps or the lack of low-cost transportation because of insufficient infrastructure? Contra-wise, there is a lack of documentation of successful irrigation systems across West Africa and the factors behind their success. In essence, there is a need to gain a much deeper understanding of the non-financial constraints that prevent people from using the often abundant water resources of the regions.

Second, there is an increasing understanding that the **private sector** is critical if irrigation is to succeed. In the first instance, we must remember that farmers are themselves the private sector. We must, therefore, focus on farmers and their needs and opportunities in a changing economic landscape, rather than on irrigation as an end in itself. Effective operation of irrigation systems may also require the support of the private sector. Using different models of contracted

services to manage public irrigation systems may be one way forward. Further, there is a need to look at links of the entire irrigated agriculture value chain, most of which are private, including production, transport and markets, as it is the entire chain which determines costs, benefits and profitability of irrigation.

Third, there is a questioning of the appropriate **scale of irrigation systems**. Large-scale irrigation systems in West Africa have been, at least anecdotally, associated with failure. Current discourse, and the focus of at least some major donors, seems to have shifted towards small-scale irrigation systems. However, we still need to understand why large-scale irrigation systems did not work as planned, why the previous round of ‘small is beautiful’ investment in Africa from the 1980s did not pan out and how the current informal irrigation sector has been able to achieve what it has despite major constraints.

Fourth, the substantial potential of **groundwater** was highlighted for many areas. Groundwater has not received substantial attention beyond domestic supply in the past. However, many participants now highlight that it may be possible to use groundwater economically for agriculture as well. This is a largely unexplored area in West Africa.

Fifth, almost all waters in West Africa are transboundary (shared by two or more countries). **Transboundary water management** has not been a major issue in West Africa for irrigation development, in part because the levels of water use have been so small. However, if large-scale development programs are to go forward, more coordinated use of these waters will be required to manage water for multiple uses and avoid potential conflicts.

Finally, while the measure of irrigation by professionals is often focused on yield improvement and internal rates of return, donors and governments want to see what irrigation is doing for overall **economic growth, poverty reduction and food security**. If the irrigation agenda is going to move forward, the value of irrigation in these areas needs to be highlighted and measured. In Malawi and Tanzania, some 90% of related, infant deaths occur from January through to March because of hunger, malnutrition and malaria. Here too the issue is not about yields per se but rather about an extension of food availability.

A new institution

In order to capitalize on what was discussed and learned and move both thinking and investment forward, the suggestion was made to form a West African Irrigation Development Steering Committee which included representatives of national governments, donors and research organizations.

Water and Food Trends in West Africa: Drivers and Change

Charlotte de Fraiture

*UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands
(formerly International Water Management Institute (IWMI), Ouagadougou, Burkina Faso)*

Abstract

This paper provides an overview of the trends and developments relevant to irrigation in West Africa¹. Irrigation development is widely seen as an important avenue to reduce poverty and food insecurity, and to also lessen rice imports. Compared to other regions, irrigation development is low and land and water is available. Trends on demographics, changing diets, poverty and food insecurity, and water use show the rationale and need for re-engagement in agricultural water management.

Demographics. More than half of the West African population derives an income from agriculture, but demographics are changing: the population is expanding, becoming increasingly urban and getting younger. The population tripled since 1961 and will likely more than double again by 2050. By then, two-thirds of the population will live in cities. More than half of the population is below 20 years of age.

Changing diets. With economic growth and urbanization, dietary habits have changed. Demand for wheat, rice, vegetables and meat increase while less coarse grains are consumed. Between 1961 and 2008, total rice and wheat consumption increased by a factor of 8 and 15, respectively. Vegetable consumption tripled. West Africa imports 47% of its rice and 97% of its wheat consumption, amounting to an annual import bill of around USD 2.5 to 3 billion. Even if the demand curves flatten out, rice, wheat and vegetable consumption may triple, quintuple and triple, respectively, by 2050.

Poverty and food insecurity. Despite economic growth, poverty and food insecurity remains high. More than 50% of the people in West Africa fall under the poverty line of USD 1.25 per day. Approximately, 10% are undernourished and many suffer from micronutrient deficits because of poor diets.

¹Countries include Benin, Burkina Faso, Cote d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone and Togo. Where possible, numbers are given for West Africa as a region, but in some instances (e.g., poverty rates) only figures for the whole of sub-Saharan Africa are available.

Water availability and use. Although per capita water availability in West Africa is modest, there is still ample scope for further development of water resources. On average, 2% of total renewable water resources is withdrawn for human purposes (as compared to 25% in South Asia).

Land grab = water grab. The ample availability of land and water resources attracted several international and multi-national companies to lease huge tracks of land for extended periods of time. Because of popular outrage the – often secret – land deals between governments and companies came under pressure. In West Africa, land deals covering 870,000 hectares (ha) have been confirmed.

Irrigation development: According to official statistics, less than 1% of the total cultivated area is under irrigation and less than 12% of the irrigation potential is developed. Irrigation development is high on the agenda of several regional initiatives (New Partnership for Africa's Development (NEPAD)/Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP)) and major donors, and will likely play an important role in rural development in West Africa. Broadly, there are two – often complementary – modes of development: large- and medium-scale donor/government-funded schemes and farmer-driven small-scale private irrigation. Given the high costs and under-performance of the public sector irrigation schemes, the small-scale private irrigation approaches are gaining ground. In some countries, they are already more prevalent than the public sector irrigation schemes. Small-scale private irrigation is spreading spontaneously, is relatively low-cost and has positive impacts on the incomes of smallholders. However, its unchecked and dispersed proliferation comes with environmental challenges.

Poverty and Food Insecurity Trends

Poverty and food insecurity in West Africa is a persistent and predominantly rural phenomenon. While Asia is home to the most undernourished people in absolute terms (578 million), sub-Saharan Africa (SSA) remains as the region with the highest proportion of undernourished people. With 28 million undernourished persons in West Africa, this proportion is lower (11%) than in the remainder of SSA (FAO, WFP and IFAD 2012). In East Africa and Southern Africa, prevalence of undernourishment is 33% and 19%, respectively (Annex 1). With economic growth, undernourishment is declining in all West African countries, except in Gambia and Liberia. By and large, West Africa is on track to reach the United Nations Millennium Development Goal 1, MDG1, which aims at halving the proportion of people suffering from hunger by 2015. Ghana, Mali and Nigeria have already achieved the MDG1 target. Cote d'Ivoire, Guinea and Senegal lowered the number of hungry people, but progress is slower than required to reach the MDG1 (FAO, WFP and IFAD 2012).

Undernourishment is caused by low calorie intake and lack of nutritious food. Calorie intake in West Africa is 2,649 kilocalories (kcal) per person per day, which is slightly below the world average of 2,796 kcal per person per day (FAO 2011b). Poor people's diets tend to be high in starch (roots and tubers, such as cassava, and cereals, such as maize and rice) and low in dairy, meat and vegetables. A recent study estimates that the problem of poor diets that leads to micronutrient deficits is more severe than the very low calorie intake (The Economist 2011a, 2011b). Iron, zinc and iodine are the main micronutrients lacking in poor people's diets. This causes blindness, brain and motor function impairment, and birth defects, among others.

More people in developing countries are affected by diseases related to poor diets than lack of food. Yet, the development and food insecurity discourse is still highly focused on staple crops and the need to improve production quantities². Slowly, awareness of the importance of diversification of crops and nutritious diets for poor people is gaining ground beyond circles of nutritionists. Some positive results have been achieved in crop breeding by enriching cereals with micronutrients (The Economist 2011b³). However, most importantly, policymakers and agricultural researchers need to broaden their view to include vegetables, dairy, meat and fish in agricultural policies for food security.

In all West African countries, poverty rates remain high. Based on World Bank data shown in Table 1, the head-count of people living on less than USD 1.25 per day is 53% (as compared to 55% in SSA).

Table 1. Poverty and undernourishment in West Africa.

	Number of undernourished (millions)	Prevalence (%)	Head-count of people living on less than USD 1.25/day (%)
Benin	1.0	12	50
Burkina Faso	1.2	9	55
Cote d'Ivoire	2.8	14	20
Gambia	0.3	19	31
Ghana	1.2	5	30
Guinea	1.6	17	70
Liberia	1.2	33	86
Mali	1.5	12	51
Mauritania	0.2	7	13
Niger	2.7	20	66
Nigeria	9.2	6	62
Senegal	2.0	17	33
Sierra Leone	1.8	35	50
Togo	1.8	30	39
West Africa	28	10	53

Sources: FAO, WFP and IFAD 2012; The World Bank 2011.

More than 60% of West Africa's workforce, the majority of which are women, live and work in rural areas and derive the bulk of their livelihoods from the agricultural sector. Agriculture accounts for 35% of gross domestic product (GDP) at regional level, but it accounts for more than 50% in some of the poorer West African countries such as Liberia, Sierra Leone and Guinea-Bissau (Annex 2).

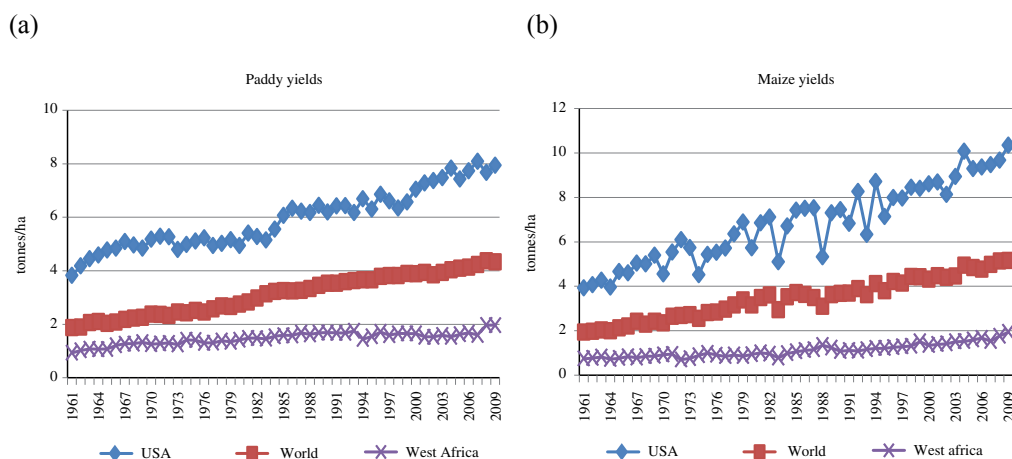
²For instance, the Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA) focuses on staple crops (i.e., cereals). Agricultural policies and strategies in many African countries translate improved food security into the need for higher production of cereals. Subsidies are often linked to staple crops. The bulk of agricultural research is devoted to staple crops.

³See also <http://2020conference.ifpri.info/>

Three main causes underpin rural poverty in Africa: Low productivity, high year-to-year fluctuations in agricultural production and lack of off-farm opportunities (IFAD 2010).

1. *Low productivity.* Yields of cereal crops are among the lowest in the world. Paddy yields hover around 1.7 tonnes per hectare (t/ha), which is only one-third of the world average and one-fifth of yields obtained by major producers such as the USA (Figure 1). Although agricultural intensification led to higher yields in other regions, agricultural growth in West Africa occurred as a result of area expansion (+230% between 1980 and 2005) and much less as a result of yield increases (+42% between 1980 and 2005).
2. *High year-to-year fluctuations* in agricultural production. Climate variability in West Africa is high and floods and droughts are common, leading to considerable yield losses. Climate change will likely lead to even more variability in rainfall and the occurrence of flooding and droughts will exacerbate.
3. *Lack of off-farm opportunities.* There is broad agreement that growth in agriculture usually generates the greatest improvements for the poorest people, particularly in poor agriculture-based economies. A healthy agriculture sector is critical for stimulating diversified rural growth both within and outside agriculture. In much of Africa, jobs in rural areas are not available, which locks poor people in the low-yielding agriculture sector. Multiple environmental and market risks constrain the ability of poor farmers to take up new opportunities in and outside agriculture (IFAD 2010).

Figure 1. Trends in (a) paddy, and (b) maize yields.

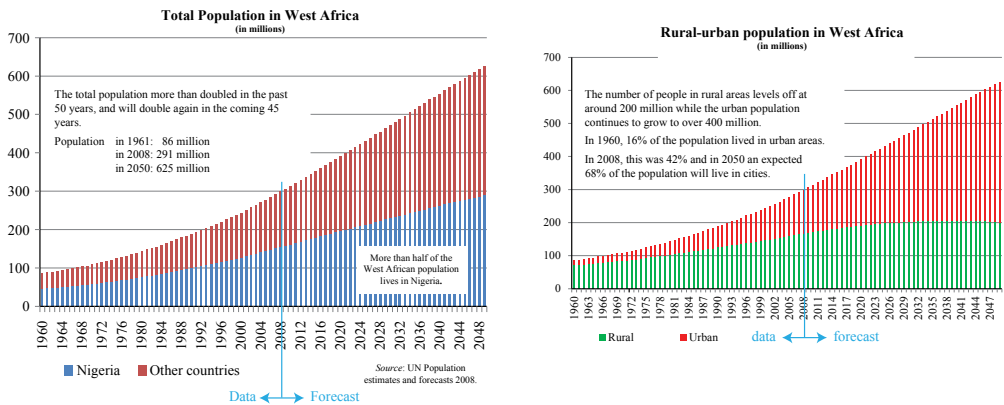


Source: FAO 2011b.

Urbanization, Population Growth and Age

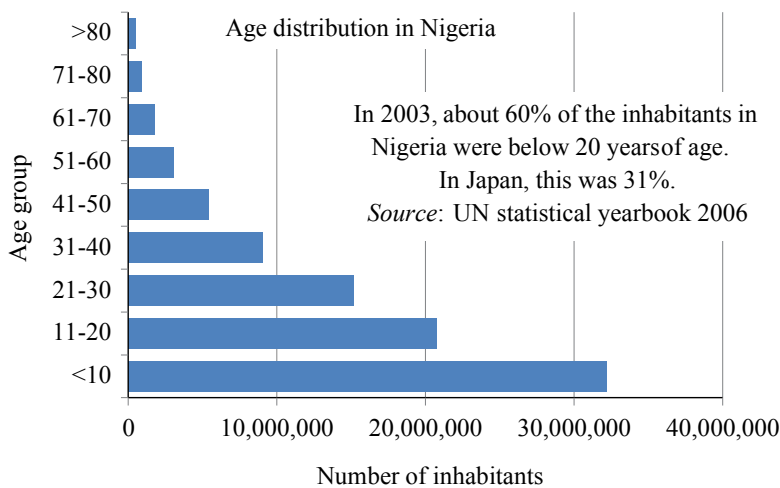
A main driver of change in West Africa is the changing demographics: the population is rapidly growing and is increasingly youthful and urban. The total population in West Africa grew threefold from 86 million in 1961 to 291 million in 2008, and is expected to increase by another 334 million people before leveling off at around 625 million people by 2050. Nigeria is by far the most populous country with 151 million people in 2008 (or 52% of the total West African population) (Figure 2). In 2003, more than 60% of the population in Nigeria was younger than 20 years (Figure 3). In comparison, in Japan, this figure was less than 30%). By 2030, around 68% of the people in West Africa will live in cities; in 1960, this was a mere 16%.

Figure 2. Population dynamics in West Africa.



Source: UN Population estimates and forecasts 2008.

Figure 3. Age distribution in Nigeria.

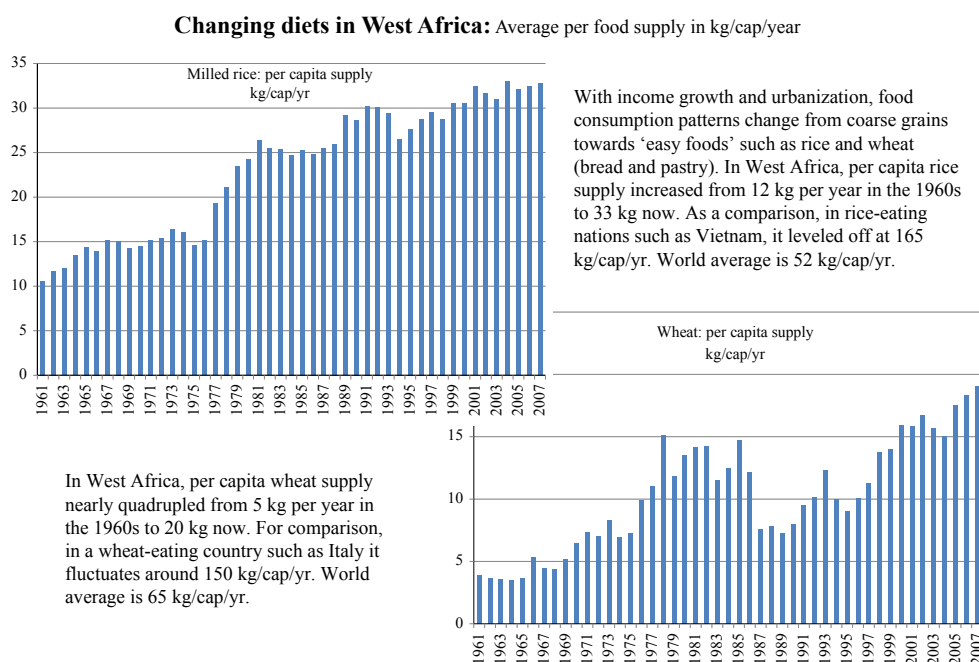


Source: United Nations 2011.

Changing Diets, Food Production and Imports

With urbanization and income growth, food habits change toward more nutritious and more diversified diets. Not only do rising incomes lead to the consumption of more staple cereals, but it also leads to a shift in consumption patterns among cereal crops (from coarse grains, such as millet, to rice and wheat), and away from cereals toward livestock products and high-value crops. These food trends are clearly visible in West Africa. Per capita wheat consumption quadrupled from around 5 kg per capita per annum in the early 1960s to nearly 20 kg in 2007. Bread made from wheat is now a common staple food in urban areas of West Africa and increasingly in rural areas as well. Per capita rice consumption more than tripled from around 10 kg per annum (milled rice equivalent) in 1961 to 32 kg in 2007 (Figure 4).

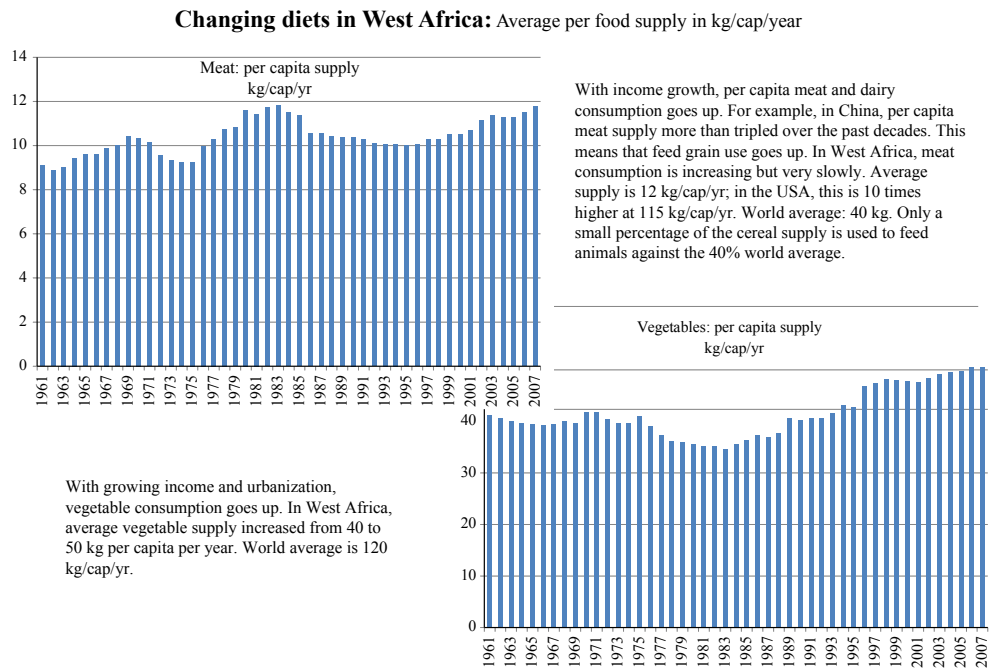
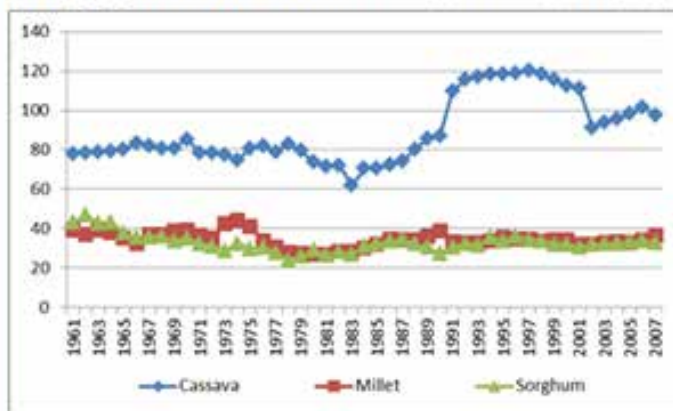
Figure 4. Changing diets in West Africa – milled rice and wheat.



Data source: FAO 2011b.

Per capita meat consumption increased by 50% from 8 kg per year in 1961 to 12 kg per year in 2007. Per capita vegetable supply increased by 25% over the same period. Per capita millet and sorghum consumption decreased slightly from 40 kg per capita in the early 1960s to 35 kg in 2007. Cassava consumption increased from 80 kg per capita per annum in 1961 to 120 kg in the mid-1990s and decreased again in the last decade to 100 kg in 2007 (Figure 5).

Figure 5. Changing diets in West Africa – meat and vegetables.

**Changing diets in West-Africa: average per food supply in kg/cap/year**

Data source: FAO 2011b.

Changes in food consumption patterns coupled with population growth resulted in a more than tenfold increase in demand for cereals between 1961 and 2007. Total rice supply grew by a factor of 8 and wheat supply by a factor of 15 (Table 2). Rice and wheat production have not been able to keep pace with domestic consumption, and the gap between domestic production and demand is growing (Figures 6 and 7). West Africa imports 99% of its wheat and 47% of its rice, but is largely self-sufficient in maize, vegetables and meat (Tables 3 and 4).

Table 2. Food supply (in kg/cap/year).

	West Africa		Percentage change (%) 1961-2007
	1961	2007	
Wheat	3.95	21.65	448
Maize	23.49	48.05	105
Rice	12.67	40.61	221
Meat	9.07	12.87	42
Vegetables	45.12	60.61	34

Source: FAO 2012b.

Table 3. Food supply and production in West Africa.

	Food supply (million tonnes)			Food production (million tonnes)		
	1961	2007	Percentage change (%)	1961	2007	Percentage change (%)
Wheat	0.3	5.7	1,562	0.0	0.1	200
Maize	2.0	12.5	521	2.0	12.1	498
Rice	1.1	10.6	872	0.9	5.6	539
Meat	0.8	3.4	331	0.8	3.1	305
Vegetables	3.9	15.8	308	3.8	14.9	291

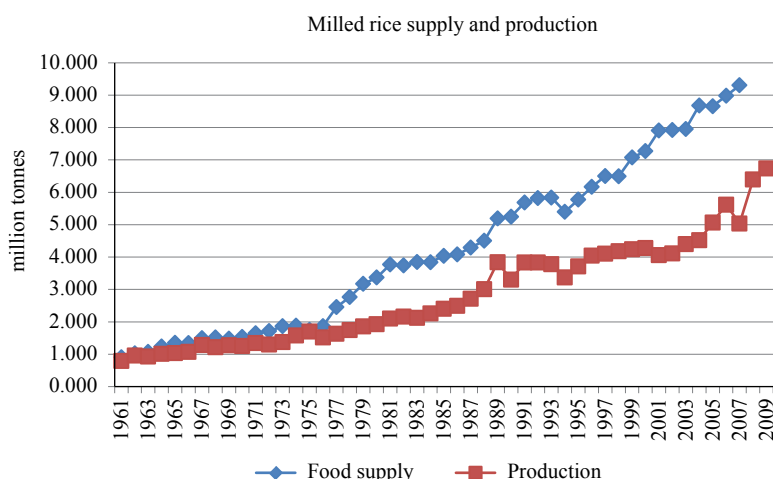
Source: FAO 2011b.

Table 4. Food balance in West Africa (in million tonnes).

	Supply minus production		Percentage deficit (%)
	1961	2007	
Wheat	-0.3	-5.6	99
Maize	0.0	-0.5	
Rice	-0.2	-5.0	47
Meat	0.0	-0.3	8
Vegetables	-0.1	-0.9	

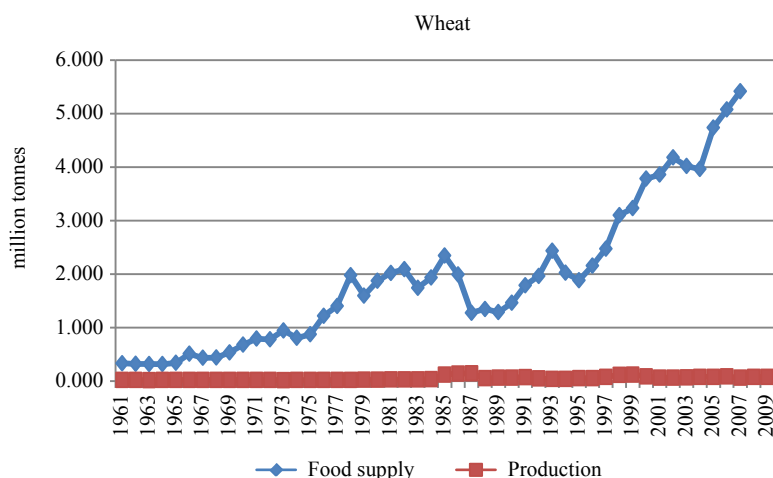
Source: FAO 2011b.

Figure 6. Rice production has not been able to keep up with demand.



Data source: FAO 2011b.

Figure 7. Increasing gap between demand and supply of wheat.



Data source: FAO 2011b.

In 1961, West Africa imported 260,000 tonnes of rice with an import value of USD 32 million. Between 2005 and 2008, this amount fluctuated between 4 to 5 million tonnes per year at a value of USD 1.5 to USD 2 billion (Figure 6). Wheat imports soared from 330,000 tonnes in 1961 to 5.5 million tonnes in 2006, costing USD 1.1 billion (Figure 7). Following the recent price hikes in food crops, import substitution is high on the agenda of many West African countries. Expansion of irrigated areas is an important element of rice production strategies. Wheat is hardly grown due to climatic constraints.

Extending growth trends, but ensuring per capita consumption will not exceed world averages, leads to the tripling of rice demand and increasing wheat demand by a factor of 7 by 2050 (Tables 5 and 6).

Table 5. Forecast of per capita food demand (kg/cap/yr).

	West Africa		Percentage change (%) 1961-2007	Forecast 2050	Percentage change (%) 2007-2050
	1961	2007			
Wheat	3.95	21.65	448	65*	200
Maize	23.49	48.05	105	60*	25
Rice	12.67	40.61	221	50*	23
Meat	9.07	12.87	42	18	40**
Vegetables	45.12	60.61	34	80	32**

Source: FAOSTAT data 1961-2007.

Notes: * World average in 2007.

** Growth rates the same as in the period between 1961 and 2007.

Table 6. Forecast of total food demand (million tonnes).

	1961	2007	Percentage change (%) 1961-2007	2050	Percentage change (%) 2007-2050
Wheat	0.3	5.7	1,562	40.6	619
Maize	2.0	12.5	521	37.5	199
Rice	1.1	10.6	872	31.3	195
Meat	0.8	3.4	331	11.3	235
Vegetables	3.9	15.8	308	50.0	216

Source: FAOSTAT data 1961-2007.

Investments in large public irrigation projects are predominantly driven by the desire to increase domestic rice production and decrease imports. Despite the high development and running costs of large- and medium-scale irrigation schemes, irrigated rice production is economically viable but the economic viability of irrigating other cereals is in doubt (AfDB, FAO, IFAD, IWMI and World Bank 2007).

Water Availability and Use

West Africa is relatively water-abundant when compared to the remainder of SSA. Table 7 shows that, according to Falkenmark's scarcity criteria (Falkenmark and Widstrand 1992) of 1,000 m³/capita, only one country in West Africa (Burkina Faso) is water-scarce. Although this is a very rough criterion based on country averages in a highly variable environment, it does indicate that, by and large, irrigation development in West Africa is not yet limited by water scarcity and there is potential for further development. Only 2% of total renewable water resources are withdrawn for human purposes (Table 8). In South Asia, this percentage is more than 10 times higher (25%). Per capita water availability in East Africa is only one-third of that in West Africa (Annex 1). Although these are approximate numbers and do not account for spatial and temporal variability, they do give an indication of the relatively high potential of further water resources development in West Africa.

Table 7. Water resources by country.

	Average precipitation in depth (mm/yr)	Average precipitation in volume (10 ⁹ m ³ /yr)	Renewable groundwater (10 ⁹ m ³ /yr)	Renewable surface water (10 ⁹ m ³ /yr)	Total renewable water resources (10 ⁹ m ³ /yr)	Water resources per capita (m ³ /inhabitant/yr)
Benin	1,039	117	2	26	26	3,144
Burkina Faso	748	205	10	8	13	849
Cote d'Ivoire	1,348	435	38	78	81	4,032
Gambia	836	9	1	8	8	4,950
Ghana	1,187	283	26	52	53	2,326
Guinea	1,651	406	38	226	226	23,505
Guinea-Bissau	1,577	57	14	27	31	20,117
Liberia	2,391	266	45	232	232	63,965
Mali	282	350	20	90	100	8,059
Mauritania	92	95	0	11	11	3,632
Niger	151	191	3	31	34	2,380
Nigeria	1,150	1,062	87	279	286	1,937
Senegal	686	135	4	37	39	3,262
Sierra Leone	2,526	181	25	150	160	29,520
Togo	1,168	66	6	14	15	2,333
Total		3,859	317	1,270	1,315	4,638

Data source: FAO 2011a.

Table 8. Water use by country.

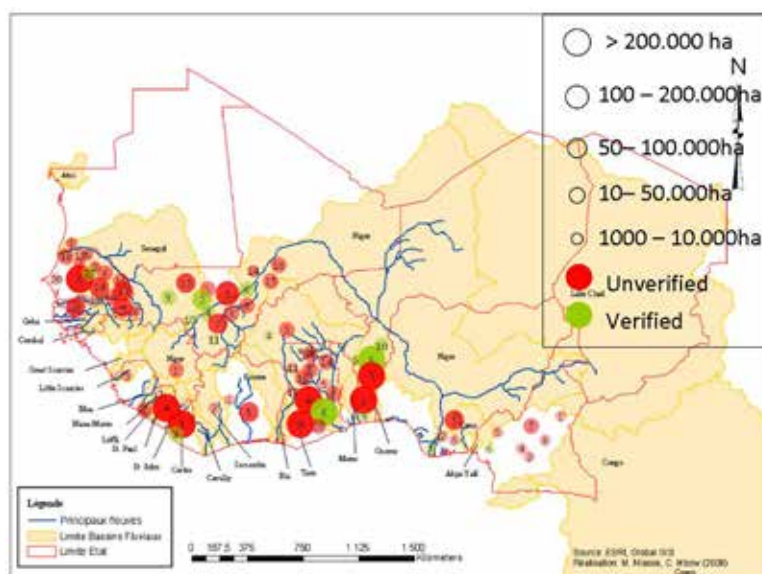
<i>Latest value 1960-2010</i>	Agricultural water withdrawals (10 ⁹ m ³ /yr)	Total water withdrawals (10 ⁹ m ³ /yr)	Agricultural water withdrawals as a percentage of total water withdrawals (%)	Total water withdrawals per capita (m ³ /inhabitant/yr)	Percentage withdrawn from total available water resources (%)
Benin	0.06	0.13	45	18.28	1
Burkina Faso	0.69	0.99	70	79.19	9
Cote d'Ivoire	0.60	1.41	43	77.95	2
Gambia	0.02	0.07	28	51.26	1
Ghana	0.65	0.98	66	47.96	2
Guinea	1.36	1.62	84	186.1	1
Guinea-Bissau	0.14	0.18	82	127.8	1
Liberia	0.06	0.18	34	58.39	0
Mali	5.90	6.55	90	594.5	7
Mauritania	1.50	1.60	94	581.5	16
Niger	2.08	2.36	88	200.4	8
Nigeria	5.51	10.31	53	78.67	4
Senegal	2.07	2.22	93	212.9	7
Sierra Leone	0.35	0.49	71	108.6	0
Togo	0.08	0.17	45	30.43	1
Total	21.07	29.26		103.2	2

Data source: FAO 2011a.

Land Grab = Water Grab

In the aftermath of the recent increases in food prices, land- and water-scarce countries such as China, India and Middle East started looking for easily available land and water resources elsewhere. International companies and multi-nationals are now negotiating to lease large tracks of land for extended periods (some of these agreements are for up to 40 years), primarily in sub-Saharan Africa. Some of these deals caused a burst of popular outrage, because many smallholders and inhabitants stood to lose their land without proper compensation being given and, in some cases, deals were canceled (e.g., the controversial land deal in Madagascar). Land deals (or 'land grabs') are not necessarily disadvantageous for smallholders; this depends on the terms agreed upon. Some companies offer out-grower or contract schemes to smallholders on beneficial terms. However, many negotiations are secret and details only become public after the terms of the lease have been agreed. Media and activists put pressure on governments and companies to increase the transparency of land deals and take into account the interests of local communities. While the term 'land grab' is widely used, water resources linked to the land are part of the deal and hence land grab implicitly means 'water grab'. In fact, water is a key driver in these land deals as they comprise the land as well as water sources for irrigation (Niasse 2011). Figure 8 provides an overview of reported land grabs in West Africa. The International Land Coalition (ILC 2010) compiled a list of land deals in West Africa, comprising 6.6 million hectares (Mha) in agro-fuels and food crops. Most of these deals are un-verified, based on verbal reports from the field or are in the process of being negotiated. Twenty land deals covering 864,000 ha have been verified (Table 9).

Figure 8. Land deals reported by the International Land Coalition (ILC).



Source: ILC 2010.

Table 9. Verified land deals.

PROJECT LOCATION			THE INVESTMENT			THE INVESTOR	
Country	Administrative district 1	Administrative district 2	Size of investment	Nature of investment (ha)	Specify produce	Name of investor	Origin of investor
BENIN			236,100				
Benin		Zakpota	2,000			Investment group	Libya
Benin		Ouèssè	200,000	Agro-fuels	Jatropha	Green Waves	Italy
Benin		Sèhouè	600	Food crops	Maize and fruits	Investment group	China
Benin		Zogbodomey	1,500	Food crops	Cassava	Betexco	Nigeria
Benin		Tchaourou	32,000	Agro-fuels	Rice and jatropha	Agritec	
GHANA			400,112				
Ghana	Ashanti		400,000	Agro-fuels	Jatropha	Scanfuel Ltd	Norway
Ghana			112	Food crops	Pineapple, mangoes, passion fruit, pawpaw	Blue Skies Agro-processing Company Ltd.	UK
LIBERIA			17,000				
Liberia			17,000	Food crops	Rice and other crops	Dominion Farms	USA
MALI			180,105				
Mali	Ségou, Office du Niger	Macina	100,000	Food crops	Rice, livestock	Malibya	Libya
Mali	Office du Niger		50,000	Food crops	20,000 ha foreseen for rice		Saudi Arabia
Mali	Office du Niger, Kouroumari	Kandioura et Touraba	11,288	Food crops	Fruits, rice, vegetables	Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA)	
Mali	Office du Niger	Nord-est de Ségou	14,100	Agro-fuels	Sugarcane	SoSuMar, CaneCo, CommCo	
Mali	Office du Niger		2,605	Non-food agricultural commodities	Sunflowers, trefoil	Agro Energy Développement	France
Mali	Koulikoro		2,112	Agro-fuels	Jatropha	Mali Biocarburants	80% The Netherlands (KIT)
NIGER			2,500				
Niger	15 km au nord de la ville d'Abalak (région de Tahoua)		2,500	Food crops	Breeding animals for milk and meat		Niger
NIGERIA			10,000				
Nigeria	Niger Delta		10,000	Food crops	Rice and cassava	Trans4mation Agriotech	UK

(Continued)

Table 9. Verified land deals. (Continued)

PROJECT LOCATION				THE INVESTMENT			THE INVESTOR
Country	Administrative district 1	Administrative district 2	Size of investment	Nature of investment (ha)	Specify produce	Name of investor	Origin of investor
SENEGAL			18,300				
Senegal	Department de Linguère		18,000	Non-food agricultural commodities	Rubber	Asiyla Gum Company	South Arabia (90%), Senegal (10%)
Senegal	Saint-Louis		300	Food crops	Tomatoes, cherries, beans, sweetcorn	Compagnie fruitière	France
			864,117				

Source: ILC 2010.

Irrigation Development

According to official statistics, about 1 Mha in West Africa are equipped with irrigation, with over 60% equipped for full-control irrigation and 40% in lowlands (inland valleys or *bas-fonds*). Further, over 1 Mha are reported to be under recession irrigation, primarily in Nigeria, bringing the total area under agricultural water management (AWM) to over 2 Mha. Irrigation potential is estimated at 9.1 Mha with 55% in just three countries: Nigeria, Ghana and Sierra Leone. Most countries in West Africa hardly developed their irrigation potential, with the exception of Mali and Senegal who developed 41% and 29% of their irrigation potential, respectively. Overall, less than 12% of the irrigation potential is developed, according to the FAO's AQUASTAT database (Table 10).

However, these numbers do not account for the small-scale private irrigation systems (also referred to as informal irrigation sector). While the public sector tend to focus on large communally managed canal irrigation systems, an important and growing part of irrigation takes place on small-scale privately owned entities. Millions of farmers took irrigation into their own hands, invested in pumping equipment and infrastructure, and irrigated their fields without depending on public support from the irrigation bureaucracy or Water Users' Associations. With the availability of cheap motorized pumps (initially imported from China, but increasingly being manufactured in India), individual farmers are tapping into groundwater and surface water sources. Where available, groundwater is the preferred water source and electricity is the preferred energy source (cheap and efficient). There are now more than 20 million shallow and deep tube wells equipped with small pumps in India alone. There is a thriving water market where well/pump owners sell water or rent out pumps to those who cannot afford their own. Supported by the Indian Government (through energy and equipment subsidies), this development lifted millions of rural farmers out of poverty and provided jobs to thousands of small entrepreneurs, such as pump dealers, repair shops, well drillers and water sellers.

There is strong evidence from Ghana, Burkina Faso and Niger that similar trends are emerging in West Africa. Farmer-initiated vegetable cultivation in the dry season, using small pumps, substantially increased incomes and pump rental or water markets are emerging. In Ghana, the number of farmers involved in this sector and the land area under irrigation is larger than in the public sector (Table 11).

Table 10. Irrigation statistics for West Africa.

	Irrigation potential (1,000 ha)	Area equipped for full-control irrigation	Equipped lowland areas	Total area equipped for irrigation	Percentage of irrigation potential equipped	Total AWM (including recession irrigation)	Percentage of area irrigated by groundwater
	'000 ha	'000 ha	'000 ha	'000 ha	%	'000 ha	%
Benin	322	11	1	12	3.8	19	20
Burkina Faso	165	19	6	25	15.2	46	
Côte d'Ivoire	475	48	25	73	15.3	89	
Gambia	80	2	0	2	2.7	15	
Ghana	1,900	31	0	31	1.6	31	
Guinea	520	20	75	95	18.3	95	2
Guinea-Bissau	281	9	14	23	8.0	52	6
Liberia	600						
Mali	566	98	138	236	41.7	296	1
Mauritania	250	45		45	18.0	109	10
Niger	270	14	60	74	27.3	85	
Nigeria	2,331	238	55	293	12.6	972	
Senegal	409	102	18	120	29.3	150	10
Sierra Leone	807	1	28	29	3.6	155	
Togo	180	2	5	7	4.1	7	2
Total	9,156	640	425	1,065	11.6	2,122	

Data source: FAO 2011a.

Table 11. Prevalence of different irrigation techniques in Ghana.

Type - technology	No. of farmers	Area under irrigation	Investment costs (USD per ha)	Main crop
Public irrigation schemes	11,000	7,185 ha	10,000 – 15,000	Rice
Small reservoirs	25,000	6,000 ha	6,000 – 15,000	Rice/vegetables
Motorized pumps	160,000	120,000 ha	500 – 1,000	Vegetables
Buckets, watering cans	335,000	66,000 ha	< 25	Vegetables
Treadle pumps	< 100	< 20 ha	500	Vegetables

Source: based on surveys carried out under the AgWater Solution Project in 2010.

However, the anarchic and un-regulated spread of millions of small, dispersed and non-organized water users (as opposed to cooperatives or water users' associations within fewer and larger irrigation schemes) poses problems of monitoring and regulation, bringing on the risks of uncontrollable adverse impacts on the environment.

1. **Resource sustainability:** millions of dispersed small users are more difficult to regulate than a fewer bigger schemes. The proliferation of millions of individually owned wells led to groundwater overdraft in West India. Controlling the number of wells/pumps and reducing the amount of pumping proved very difficult⁴. In Burkina Faso and Tanzania, conflicts over water sources, due to over-abstraction by individual pump owners, are already observed.

⁴The book by Shah (2009) describing this development in South Asia is aptly entitled 'Taming the anarchy'.

2. **Pollution:** Millions of dispersed points of pollution and siltation due to the use of agri-chemicals and erosion are more difficult to regulate than a few larger points.
3. **Energy efficiency:** Pumping uses an enormous amount of energy. Many small pumps (in particular, diesel and petrol) are less fuel-efficient than one large pumping unit.

Concluding Remarks

Regional initiatives such as NEPAD and ECOWAS placed renewed attention on agricultural growth and the role of agricultural water management. NEPAD initiated the CAADP, in which African countries pledge 10% of their national budget towards agriculture in order to spark an annual agricultural growth rate of 6%. In West Africa, only Mali, Niger, Senegal and Burkina Faso are allocating more than 10% of their national budgets to agriculture and achieving an agricultural growth rate of only 4%. West Africa falls short on the CAADP target of 6% (ReSAKSS 2011).

Very few countries have a sound strategic policy, legal and regulatory framework, which provides the basis for economically efficient allocation of water among various users, making access to its productive potential more equitable. In addition, agricultural water strategies are rarely integrated with both a broader water resources management strategy and poverty reduction strategy papers (PRSPs). CAADP launched so-called 'Compacts', which were agreements made between major stakeholders and the Ministry of Agriculture, Ministry of Finance and donors on the priorities and strategy for a country's agricultural development program. All West African countries, except Mauritania, have signed their 'compact'. Unfortunately, AWM and irrigation generally play a limited role in the investment plans. Given the paramount importance of AWM in agricultural growth, this fact is surprising and needs redressing.

This paper provides background information on some of the ongoing and emerging trends that need to be taken into account in irrigation development in West Africa. These are 1) **Demographics** - rapidly growing population with a median age of below 20 years. The number of rural people remains equal whereas the urban population more than triples by 2050; 2) **Poverty trends** - 10% of the people are malnourished and more than half live below the poverty line; 3) Due to **changes in diets**, wheat, rice and vegetable demand will more than triple by 2050, and import bills are already high; 4) **Land and Water resources** for further development and more intensive utilization are available; 5) **Foreign investors** increasingly target West African land and water resources. Whether this is a positive or negative development depends on the terms and conditions of the land deals; and 6) **Small-scale private irrigation** is spreading spontaneously with positive impacts on poverty and rural development.

References

- AfDB, FAO, IFAD, IWMI and World Bank. 2007. *Investment in agricultural water for poverty reduction and economic growth in sub-Saharan Africa*. Synthesis report. Available at <http://siteresources.worldbank.org/RPDLPROGRAM/Resources/459596-1170984095733/synthesisreport.pdf> (accessed on February 2, 2013).
- Falkenmark, M.; Widstrand, C. 1992. *Population and water resources: A delicate balance*. Population bulletin volume 47, number 3. Washington, DC, USA: Population Reference Bureau.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), WFP (World Food Programme) and IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2012. *The state of food insecurity in the world 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at <http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e.pdf> (accessed on January 29, 2013).
- FAO. 2011a. AQUASTAT database. Available at <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm> (accessed on February 2, 2013).
- FAO. 2011b. FAOSTAT database. Available at <http://faostat.fao.org/> (accessed on January 29, 2013).
- IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2010. *Rural poverty report 2011: New realities, new challenges: New opportunities for tomorrow's generation*. Rome, Italy: IFAD. Available at <http://www.ifad.org/rpr2011/report/e/rpr2011.pdf> (accessed on February 02, 2013).
- ILC (International Land Coalition). 2010. Map of verified land deals. Available at <http://www.commercialpressuresonland.org/sites/default/files/images/WebVerifiedArea-fullsize.png> (accessed in May, 2011).
- Niasse, M. 2011. *Access to land and water for the rural poor in a context of growing resource scarcity*. Paper presented at the IFAD Conference on New Directions for Smallholder Agriculture, January 24-25, 2011, International Fund for Agricultural Development (IFAD), Rome, Italy. Available at <http://www.ifad.org/events/agriculture/doc/papers/niasse.pdf> (accessed on February 02, 2013).
- ReSAKSS (Regional Strategic Analysis and Knowledge Support System). 2011. Website. Available at <http://www.resakss.org/> (accessed in May, 2011).
- Shah, T. 2009. *Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia*. Washington, DC, USA: Resources for the Future; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 310p.
- The Economist. 2011a. *Hidden hunger – how much can farming really improve people's health?* March 24, 2011. Available at <http://www.economist.com/node/18438289> (accessed on February 02, 2013).
- The Economist. 2011b. *Quality, not quantity: Why small doses of vitamins could make a huge difference to the world's health*. March 24, 2011. Available at <http://www.economist.com/node/18440801> (accessed on January 29, 2013).
- The World Bank. 2011. PovcalNet: An online poverty analysis tool. Available at <http://iresearch.worldbank.org/PovCalNet/> (accessed in March, 2011).
- United Nations. 2011. Demographic yearbook. Population data. United Nations Statistics Division. Available at <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dybcens.htm> (accessed on January 30, 2013).

Annex 1. Comparison by region.

	Total population (2008)	Percentage of rural population	Percentage of economically active population in agriculture	Prevalence of malnourished people	Water resources per capita m ³ /cap/year	Withdrawals per capita m ³ /cap/year	Withdrawals for Agriculture % of total	Water resources withdrawn % of total	Irrigation potential Mha	Percentage of potential equipped
	millions	%	%	% of total	m ³ /cap/year	m ³ /cap/year	% of total	% of total		%
West Africa	291	57	48	10	4,522	73	72	2	9.1	12
East Africa	211	81	77	33	1,594	67	87	4	5.8	11
Southern Africa	115	54	46	19	4,162	190	70	5	5.7	36
South Asia	1,568	70	53	21	2,521	640	91	25	170.5	55
East Asia	1,546	53	56	9	2,231	438	64	20	72.3	95
OECD	1,223	24	6	< 1	9,217	840	44	7		

Data source: FAO 2011a.*Note:* OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development

Annex 2. Country data.

Socioeconomic data by country.

	Total population (2007)	Rural population	Percentage of the population living in rural areas	Economically active population in agriculture	Population density	Agriculture, value added to GDP
	<i>millions</i>	<i>millions</i>	<i>%</i>	<i>millions</i>	<i>inhabitants/km²</i>	<i>%</i>
Benin	8.39	4.97	59	1.607	74.5	32
Burkina Faso	14.72	11.91	81	6.12	53.7	33
Côte d'Ivoire	20.12	10.43	52	3.057	62.4	24
Gambia	1.62	0.72	44	0.566	143.0	29
Ghana	22.87	11.61	51	5.663	95.9	29
Guinea	9.62	6.36	66	3.731	39.1	25
Guinea-Bissau	1.54	1.08	70	0.462	42.7	53
Liberia	3.63	1.47	41	0.853	32.6	55
Mali	12.41	8.49	68	2.511	10.0	37
Mauritania	3.14	1.86	59	0.675	3.0	13
Niger	14.14	11.82	84	3.895	11.2	40
Nigeria	147.72	77.36	52	12.313	159.9	33
Senegal	11.89	6.89	58	3.642	60.5	13
Sierra Leone	5.42	3.39	63	1.262	75.6	50
Togo	6.30	3.70	59	1.375	110.9	44
Total	283.5	162.1	57	47.7		

Source: FAO 2011a.

Irrigation Investment Trends and Economic Performances in the Sahelian Countries of West Africa

**Bruno Barbier¹, Jean-Yves Jamin², Hervé Ouedraogo³, Abdoulaye Diarra⁴ and
Boubacar Barry⁵**

¹ *CIRAD, UMR G-Eau, F-34398 Montpellier, France., 2iE, International Institute for Water and Environmental Engineering - Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, Burkina Faso*

² *UMR G-Eau, Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France*

³ *Regional Association on Irrigation and Drainage in West and Central Africa (RAID) - Association Régionale pour l'Irrigation et le Drainage (ARID), Ouagadougou, Burkina Faso*

⁴ *2iE (International Institute for Water and Environmental Engineering - Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement), Ouagadougou, Burkina Faso*

⁵ *International Water Management Institute (IWMI), Ouagadougou, Burkina Faso*

Abstract

Irrigation development is crucial to ensure food security and reduce climate vulnerability in Sahelian countries. However, 'irrigation' covers a wide variety of systems and practices, some of which are little known to policymakers and scientists. In this paper, we discuss various technical and managerial options, including free or controlled flooding, improved inland valley, flood recession cropping, and full water control in small- and large-scale irrigation schemes. Over the last few decades, planners promoted two contrasting strategies. One is based on large schemes, commercial or public, where yields have been improved but water is still over-used. The other strategy is based on small private irrigation which is expanding fast throughout West Africa. It is necessary to better understand the various systems used by farmers throughout the Sahel region to select the less costly and most relevant strategies for irrigation development.

Keywords: water management, irrigation, water policy, Sahel

Introduction

Irrigation is considered among the best interventions to increase agricultural production while reducing farmers' vulnerability to climate variability (Rosegrant and Cline 2003; Diouf 2008; CILSS 2010). However, developing irrigation has proved to be challenging in West Africa,

where funds for investments are often a scarcer resource than water. The most common technical option, full water control, is indeed expensive, and often unsustainable because of maintenance and management problems, especially in large-scale irrigation schemes (Turrall et al. 2009). However, the types of irrigation systems go beyond small- or large-scale irrigation schemes. Options vary in terms of size, degree of water control, water pumping/diversion options, distribution systems, seasonality and management, leading to a wide variety of practices, costs and performances. Policymakers and donors still hesitate (and periodically change their mind) about the type and size of the schemes - small- or large-scale, collective or individual management, type of crops and water-intake techniques. The economic context is changing fast with increasing world prices of food and energy, increasing water scarcity, climate uncertainty, competition between uses and environmental concerns (ABN 2007; Lemoalle and de Condappa 2009; Venot and Cecchi 2011; Zwarts et al. 2005).

This study is a review of the existing literature relative to irrigation systems in West Africa. After a brief description of the major existing irrigation systems and their respective importance, we discuss their costs and performances and the major factors that will impact irrigation performance in the future.

A Variety of Irrigation Systems

Irrigated farming systems can first be classified as traditional, partial or full control (Barbier et al. 2011) (Table 1).

Table 1. Types of irrigated schemes in the Sahel.

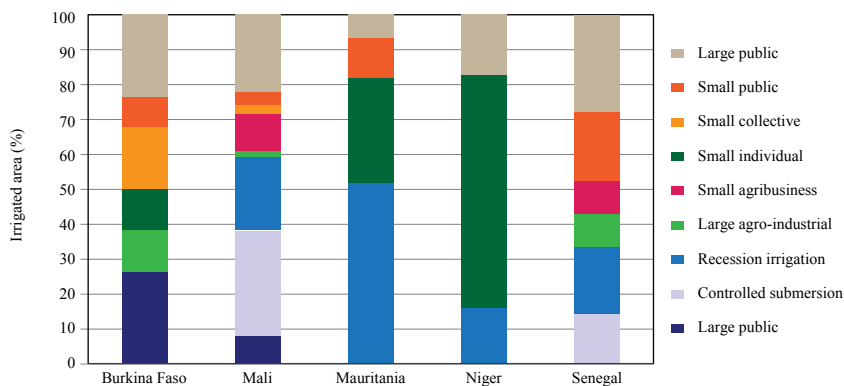
	Investment source	Management	Water control	Crops	Labor
Large and medium public	State/donor	FO + State	Full	Rice, grains	Family + employee
Community public	State / donor/NGO	FO	Full	Rice, grains	Family
Small collective	Group of operators	FO	Full	Rice, grains	Family
Small individual	Private operator	Operator	Full	Grains, fruits vegetables	Family
Small medium agribusiness	Individual contractor	Employee	Full	Rice, fruit, vegetables	Employee
Large and medium agro-industrial	Agro-industrial firms	Employee	Full	Sugarcane, fruits, vegetables	Employee
Flood recession agriculture	Private operator	Operator	Partial	Grains, fodder	Family
Controlled flooding	State/donor/NGO	FO + State	Partial	Rice	Family
Inland valley	State/donor/NGO	FO (+ State)	Partial	Rice, grain	Family

Source: RAID 2004.

Note: FO = Farmers' organizations; NGO = Nongovernmental organization.

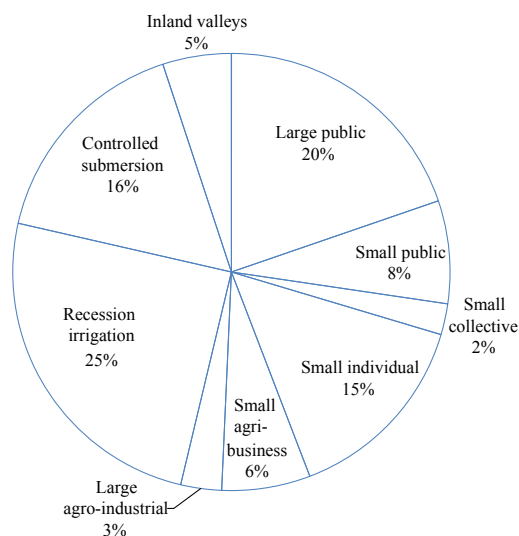
The respective area covered by each type of irrigation system is difficult to assess, especially for the so-called informal systems (Payen and Gillet 2007). For instance, areas cropped with a partial water control vary greatly from one year to another, according to flood level. It also becomes increasingly difficult to distinguish between areas with partial water control and areas with full control. In Nigeria, the country that probably has the largest irrigated area in the region, data managed at state level and provided at national level are not considered as reliable. In the major Sahelian countries, the Regional Association on Irrigation and Drainage in West and Central Africa (RAID) tried to provide data on areas covered by each type of irrigation system (RAID 2004) (Figures 1, 2 and 3).

Figure 1. Proportion of irrigated area under different irrigation systems in Sahelian countries.



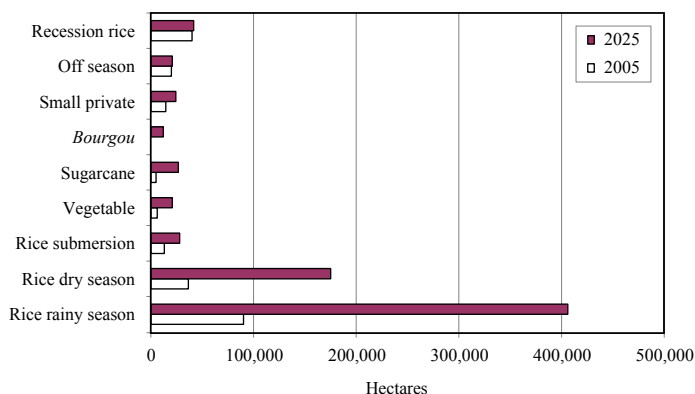
Source: RAID 2004.

Figure 2. Types of irrigated systems and their respective importance in Sahelian countries.



Source: RAID 2004

Figure 3. Current and projected irrigated areas in the Niger Basin.



Source: ABN 2007.

Note: *Bourgou* = *Echinochloa stagnina*.

Traditional Systems

Contrary to conventional belief, West Africa is not unfamiliar to irrigation. African cultivated rice (*Oryza Glaberrima*) was selected 3,500 years ago by farmers in the Niger Inner Delta (Portères 1962). The first traditional systems were free flooding and recession agriculture. Free flooding is still practiced along the Niger River and its inner delta (Gallais 1984; Marie et al. 2007). Also, irrigation has been common for centuries, but not well documented, in the oases of the Sahara, the polders of Lake Chad, the *wadis* of Chad and Niger, and the mangroves of Guinea, Guinea-Bissau and Casamance (Boutillier et al. 1962; Guillaume 1960).

Partial Control

In the early twentieth century, the different states started trying to improve the rice free flooding with dikes and gates to control the entry of water into large basins. It was developed along the Niger River, especially in Mopti, Segou and Tillabéri. It was also developed along the Logone and Chari banks. After World War II, the Bongor rice fields on the Chadian side of the Logone and the experimental Society for the Expansion and Modernization of Rice in Yagoua (Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture de Yagoua) (SEMRY) on the Cameroonian side of the same Logone were developed.

After the droughts of the 1970s, the management of such partially controlled flooding schemes became complicated. Regulations by hydroelectric dams have also reduced floods and the relevance of such systems (Windmeijer et al. 2002; Venot and Cecchi 2011). Over the years, farmers and the administration started to divide the scheme into plots, and developed canals serving also for drainage. Tertiary infrastructures were improved as plots were leveled, and irrigation and drainage networks were separated. Pumping stations and new dams were added to secure water supply while small infrastructures were developed in inland valleys (Payen and Gillet 2007), with an increasing role of NGOs after the 1970s and 1980s droughts.

Schemes with partial water control do not require collective action in terms of water distribution and maintenance of drainage canals, but progress has been slower than with full control schemes (République du Mali 2008). In many schemes, the increasing use of large pumps alleviated their vulnerability to low river flow.

Full Control

In West and Central Africa, RAID proposed to classify full control irrigation systems according to their size, management and investment type (Table 1). While large- and medium-scale schemes include public and agro-industrial types, small systems include collective schemes financed by the state, farmers' community schemes, individual farmers and the small agribusinesses, financed by wealthy urban people.

The first large full control irrigated schemes were built in the early twentieth century along the Senegal and Niger rivers. The colonial power sought to irrigate cotton; first for export, but after the drought-related famines in 1902-1903 and 1913-1914 rice replaced cotton. This irrigation was not an improvement of existing production systems, but was imposed by the administration on indigenous farmers (Jamin 1994). While the colonial administration installed some water pumps along the Senegal River, it built a large dam in Markala on the Niger River in Mali to increase water supply to the so-called *Office du Niger* (Boutillier et al. 1962; Guillaume 1960).

The droughts of the 1970s and 1980s encouraged the concept of community irrigation, which was designed to improve local food security. However, the costs related to irrigation, such as diesel for pumping, mechanical operations, fertilizers and herbicides, required the production to be sold or to rely on migrants' remittances. In the 1980s, rehabilitations were required for many of these small schemes. Their cost, similar to that of a new scheme, limited new development until the 2000s.

For the West Africa subregion, full control irrigation represents less than 1% of the total cultivated area (FAO 2010; Frenken 2005). Investments are concentrated in Mali, including the 80,000 ha of the *Office du Niger* (Keita et al. 2002; ABN 2007) and in the valley of Senegal (Raes et al. 1994). Large private sugarcane development in Senegal dates from the 1970s (Faivre Dupaigre et al. 2004). The acquisition of irrigated land by some rich countries has grown recently, especially in the area of the *Office du Niger* in Mali (Brondeau 2011; Hertzog et al. 2012; Adamczewski et al. 2013).

Small-scale irrigation is developing fast from almost scratch (RAID 2004). Since the freezing of public investment in the 1990s, individuals and communities tried to invest themselves in irrigated farming, especially in suburban areas (Payen and Gillet 2007). The investment by wealthy urban people is accelerating and increasingly causes land disputes with villagers (Ouedraogo 2003).

Irrigation Techniques in Full Control Schemes

There are three major options to water a plot: drip irrigation, sprinkler and gravity. Drip irrigation is very popular in the literature about water management. It is widely used in arid and semi-arid countries of North Africa and Asia, but its use is very rare in West Africa. The technology is still expensive and requires clean water, which is difficult to have in West Africa; it also requires pumps able to provide enough pressure, and so maintenance. It can be used for horticultural crops, but is not adapted to irrigate rice, the main irrigated crop in the region.

Although sprinkler irrigation is a labor-saving activity, its use is also very rare in Africa because of its cost and because it requires high pressure pumps. In some schemes, in Mali, Burkina Faso and Senegal, agro-industrial firms use sprinkler irrigation with large pivots, such as the 4,000 hectares of sugarcane in Burkina Faso which uses gravity of the cliffs of Banfora (Roncoli et al. 2009; Sally et al. 2011). However, West African irrigated sugarcane is not very competitive, and sugarcane production often requires protectionist barriers.

Gravity irrigation has become the norm in irrigated schemes' development. Rice requires an inundated plot while maize and vegetables require dikes and furrows. These techniques are labor-intensive. Drip or sprinkler irrigation can become competitive only when labor cost increases or energy cost decreases.

Water-intake Techniques

Pumping water from major rivers and reservoirs is progressively replacing water conveyance by gravity in many countries, in order to secure water intake. Except for a few schemes located downstream of small or large dams, water intake is increasingly achieved with pumps, propelled by diesel or electricity. In collective irrigation systems, the maintenance of large pumps by farmers' organizations has proved difficult. The risk of breaking down is important, especially for diesel systems that are replaced by electric pumps wherever electricity is available (e.g., Senegal River Delta).

For small irrigated fields, treadle pumps were the fashion of the early 2000s, especially for donors and NGOs. They are cheap and perform better than manual water lifting. However, farmers prefer to move directly from hand pumping to motorized pumping with small cheap pumps. Small gasoline motor pumps are particularly appreciated. Throughout West Africa, thousands of small farmers are buying small cheap Asian pumps (approximately USD 400) to irrigate their crops, especially vegetables, along rivers, small or large reservoirs, or from shallow aquifers. The *fadama* project in Nigeria popularized this system twenty years ago, when a World Bank project organized a large credit scheme for small gasoline propelled pumps and boreholes in the lowlands. The project was successful in terms of production for hundreds of thousands of small farmers. However, cropping on river banks and inland valleys generated conflicts with herders who lost access to pastures and water. It also generated problems of over-production. The subsequent phases of the project emphasized access to the market, post-harvest and capacity building. The poverty reduction impact of the project was high (Nkonya et al. 2008).

The World Bank has expanded this project model to other Sahelian countries. In fact, the process was already under way with little assistance from NGOs or governments. Sahelian farmers settled around thousands of reservoirs and ponds, especially in Burkina Faso and southern Mali, and a large number is now producing vegetables along the large West African rivers. The development of small-scale individual irrigation is mainly autonomous. It promotes export of vegetables to countries in the Gulf of Guinea, creates jobs, and reduces poverty and migration to other countries. However, it poses problems of anarchic water withdrawals. Many reservoirs, rivers and aquifers are now drying out much earlier during the dry season because of the excessive number of pumps. Many formal irrigation schemes located downstream of the reservoirs face increasing water scarcity from the colonization of the reservoir upstream.

Performance of Irrigation Systems

The Costs of Irrigation Investments

Costs of irrigation schemes are often considered much higher in Africa than in Asia (FAO 2010). Inocencio et al. (2007) analyzed the investment costs of 314 irrigation schemes in developing countries over the last four decades and concluded that construction and rehabilitation of irrigation schemes are in fact more expensive in sub-Saharan Africa (SSA). From 1965 to 2000, the average unit total cost for new construction projects was USD 14,500/ha in SSA against USD 6,600/ha elsewhere. For rehabilitation projects, the average unit total cost was USD 8,200/ha in SSA against USD 2,300/ha elsewhere. However, when the 42 worst cases (failures that display an internal rate of return below 10%) are discarded, costs are not significantly higher. The average unit hardware cost for ‘successful’ new construction projects is USD 3,600/ha in SSA and USD 3,800/ha elsewhere; but the cost for ‘successful’ rehabilitation projects remains higher, USD 2,300/ha in SSA and USD 1,400/ha elsewhere. The cost reduction might be explained by improvements in construction skills in Africa.

Investment costs are especially high for most full water control systems (Table 2) and when the cost of a reservoir is included. When pumping is necessary, capital costs and annual operational costs associated with energy and maintenance increase. If located below the water source, schemes can enjoy water delivery by gravity for free (except for maintenance), but these schemes often need protection against runoff and floods. The *Office du Niger* in Mali does not need pumps or protection, because it is located below the Markala Dam and the flat Sahelian environment does not require dikes to protect the site against runoff or floods, but canal length can be very important (more than 150 km), involving high construction and maintenance costs.

Table 2. Performance of irrigated systems.

	Investment (CFA F ¹ /ha)	Yields (t/ha) (1)	Withdrawal (m ³ /ha/cycle) (2)	Water productivity (paddy kg/m ³) (1) / (2)
Niger Office rainy season	> 5,000,000	5 to 6	25,000	0.20
Niger Office dry season		4 to 5	87,000	0.08
Small public	< 2,000,000	3 to 5	13,000	0.23 to 0.38
Small community	< 500,000	5.5		
Small private, Mali	+/- 2,000,000	5.5		
Controlled flooding Mopti	400 to 600,000	0.8 to 2.5	5,400	0.15 to 0.46
Controlled flooding Ségou		0.8 to 2.5	9,000	0.08 to 0.27
Inland valley	1,000,000	0.5 to 2	6,000	0.25

Sources: ABN 2007; Vandersypen et al. 2006.

Note: ¹CFA F = African Financial Community Francs

Promoters of large schemes underline the benefits of economies of scale, while small schemes are often considered to require less protection and drainage systems. Lack of protection in small schemes reduces their life expectancy, but, overall, the per-hectare cost of large schemes is higher (Inocencio et al. 2007).

Return of Irrigation Systems

There are several extensive studies on the performance of full water control irrigation systems in Sahelian countries (Ducrot et al. 2002; Frenken 2005; IIMI 1997; Inocencio et al. 2007; IPTRID 2004; RAID 2004; Rigourd et al. 2002; Sally 1997; Connor et al. 2008; García-Bolaños 2011), but not many on the performance of traditional and partial water control systems.

The degree of water control has a significant impact on rice yields: it is difficult to exceed 2 tons of paddy per hectare with partial water control while yields can exceed 5 tons per hectare with full water control irrigation systems (Table 2). Rice yields in Mali usually lie between 4 to 6 tons with full water control, while free flooding does not yield more than one ton; and controlled flooding stands between one and two tons.

Inocencio et al. (2007) found that performances are not as disappointing as first expected in Africa. The most successful projects are large projects with small irrigation schemes which have a much higher internal rate of return (IRR) than large ones, probably because they produce more high-value crops. Also, farmers and state participation has a positive impact on performance. However, small schemes are also disappointing in terms of water, labor and land productivity (García-Bolaños 2011; Mateos et al. 2010).

Rates of return for rice production remain modest, usually lower than targets set in feasibility studies (ABN 2007; Inocencio et al. 2007; You et al. 2010). However, significant progress is under way and many schemes now achieve two harvesting seasons per year: many farmers plant high-value crops after the rice season or grow two rice crops per year. Rice yields are also increasing, mainly under full water control (Inocencio et al. 2007; IPTRID 2004). In the Office du Niger, yields have increased from 2 to 6 tons per hectare in a decade (Bonneval et al. 2002), with an increasing number of farmers exceeding 7 tons per hectare of paddy (IPTRID 2004).

You et al. (2010) evaluated the potential for irrigation in Africa using existing databases and detailed geographic information systems (GIS). Potential areas for irrigation development were identified, using distance to market, existing arable farmland, distance to rivers and dams, and runoff. An optimization model calculated the potential for small- and large-scale irrigation for each African country. The IRR for small-scale irrigation exceeded 28% for Africa as a whole. For large-scale irrigation, the IRR is much lower (less than 10%) (You et al. 2010). The largest potential is in West Africa, with the potential exceeding 3 million hectares in Nigeria and 0.7 million hectares in Benin and Guinea. The model includes water potential of current and projected large dams, and includes a hydrologic component to calculate runoff and the potential for small-scale irrigation.

Farmers' incomes in irrigation schemes, which usually exclude capital depreciation, are attractive, compared to rainfed systems in the same climatic areas. For instance, farmers in the Sahelian part of Mali have seen their incomes increase dramatically (Dillon 2007). Income has also increased for the *fadama* project participants in Nigeria, but with a more comprehensive development approach (Nkonya et al. 2008). Irrigation is thus often described as an effective strategy to reduce poverty (Diouf 2008), even if, to be sustainable, production combines various cropping systems (irrigated, rainfed, recession cropping), off-farm activities and incomes from migration (Adamczewski et al. 2011; Bélières et al. 2011; Coulibaly et al. 2006; Dillon 2007; Nkonya et al. 2008; Vidal et al. 2006; Namara et al. 2010).

Performance Factors

Among the causes for the poor performance of rice irrigation and production, analysts underline the lack of experience of African governments and farmers with irrigation and the difficulty to harness collective action for water distribution, infrastructure maintenance, and input and marketing organization. Causes for progress or lack of progress are very site-specific. However, recent improvements have been made in scheme rehabilitation, linked to new management rules, improved farmers' skills, marketing, post-harvest processing, better organization of producers and increasing hazards with rainfed crops (Bethemont et al. 2003; Bonneval et al. 2002; IPTRID 2004; Legoupil et al. 1999; Poussin et al. 2005). There is no standard technical solution, only localized and synergistic technical and organizational advances (Legoupil et al. 1999; Poussin and Boivin 2002; Vandersypen et al. 2006).

Among the major factors that could improve the performance of irrigation systems are management (i.e., private or collective); crop choice (i.e., rice and others); sustainability of technical options; and the impact of the energy crisis, climate change and environmental impact of irrigation.

Collective or Individual?

Most collective schemes in full water control require the active participation of users in water distribution and maintenance of canals. Participation is usually insufficient, leading to increasing costs and reduced life expectancy of the scheme.

The general trend towards free market in the 1990s led to the withdrawal of state companies who were responsible for irrigation development. Previously omnipotent, they devolved some of their functions to farmers' organizations and limited their role to the management of large structures. Farmers' lack of experience has been aggravated by the way the transfer of responsibility from the state to farmers' organization was made. It was too abrupt, with little consultation (Jamin et al. 2005). Collective management has proved disappointing in many places, as in the Sourou Valley in Burkina Faso (Bethemont et al. 2003; Compaoré et al. 2002), and remains problematic for water management, even in the *Office du Niger* where farmers' incomes are now satisfactory (Vandersypen et al. 2008; Bonneval et al. 2002; Coulibaly et al. 2006).

The difficulties with collective management of irrigation pushed donors and countries to restrain from making such investments and turn towards individual and agro-industrial irrigation (Brondeau 2011). Small private irrigation is increasing fast, particularly in Nigeria (Ogunjimi and Adekalu 2002), Niger, Burkina Faso (Lemoalle and de Condappa 2009) and Senegal. Large irrigated areas are expanding with foreign capital since the world food crisis of 2007-2008 (Brondeau 2011; Bélières et al. 2013).

Collective schemes will probably continue to develop at the *Office du Niger*, where management is considered good and increasing the area is possible because canals were designed for a much larger scheme. It is likely that large schemes for rice production will be the only option to significantly decrease food dependency in West Africa.

Crop Diversification

In West Africa, irrigation is being used for rice production, even when the competitiveness of irrigated rice has been the subject of much debate (Faivre Dupaigre et al. 2004). The low import taxes in the Economic Community of West African States (ECOWAS) and the overvaluation of the CFA Franc against the Dollar penalize local rice production. Since the price of rice has increased after the recent world food crisis, Sahelian countries seek to increase their rice production. Rice is more competitive in landlocked countries, such as Niger, Burkina Faso and Mali, because local production is protected by transport costs; and is less competitive in coastal countries, which are directly in competition with Asian imported rice. However, rice production is not necessarily more efficient in Sahelian countries when the cost of water is included. If farmers had to pay for infrastructure and water, rice in the Sahel would be less cost-effective, while inland valley rice production under a Guinean climate would be more cost-effective as it does require less infrastructure and water.

The crop diversification process in SSA is still behind Asia's process. While, in Asia, fruit production is increasing fast, and in Africa, fruit production grows slowly, mainly in inland valley bottoms and without irrigation (Ahmadi and Teme 1998). Sugarcane, grown in Mali, Senegal and Burkina Faso, is not considered competitive (Faivre Dupaigre et al. 2004) because it requires lots of water that could be used for more competitive crops. Production of forage is rare in irrigation schemes. However, crop residues from rice production are a valuable economic output, when provided to the livestock during the peak of the dry season.

The future of irrigated vegetable production is more promising, as the rapid urbanization and new food consumption habits in West African countries greatly increase the demand for vegetables (DGPSA 2004; Faivre Dupaigre et al. 2004). Vegetables require less water than rice, while also generating significant income, improving the nutritional status of families and supporting a large number of intermediaries, including women (DGPSA 2004). However, markets are regularly saturated, as vegetables are difficult to store and transport over long distances (Rigourd et al. 2002). Urban growth, economic growth and increasing incomes will boost the demand for fruits and vegetables and help farmers diversify their production, but for the next few decades, rice will probably remain the major crop in existing and new irrigation systems, as it is a key element of food security for West African countries.

Energy Price Trend

One looming problem for irrigation production is the increase in energy prices, as oil extraction has reached its peak and alternative sources of energy are still costly. The increase in energy prices will impact the cost of pumping. However, some factors might offset high energy prices. First, pump prices considerably decreased due to the importing of cheap Asian pumps. Second, power interconnections (called West African Power Pool) between Sahelian and coastal countries reduce energy prices for Sahelian countries. Third, the new hydroelectric dams planned on the major rivers will provide cheaper energy. Finally, some countries, such as Niger, provide subsidized power to irrigation schemes.

Sustainability

The sustainability of some systems is problematic. Full water control irrigation schemes must be regularly rehabilitated due to lack of proper maintenance. Size influences the maintenance, as managers of large schemes often hire employees or private small firms to maintain the larger channels. Controlled flooding irrigation does not require much maintenance, but it has proved vulnerable to droughts and low floods. Small infrastructures in inland valleys are vulnerable to the damage caused by increasing inundations.

Sustainability is also threatened by the impact of irrigation on soils, especially in the large schemes such as the *Office of Niger* and the Senegal River Delta, where salinity is a problem (Poussin and Boivin 2002). In these arid areas, the solution is to improve drainage to evacuate the salts, requiring a functional drainage system. Smaller schemes are less affected by this problem, as they are often located on river banks with filtering soils.

Environmental Challenges

The impact of irrigated schemes on the environment is significant (Table 3) and, if environmental costs are included, the performance of irrigated schemes decreases significantly. One of the main impacts of irrigation systems is on wetlands. For instance, controlled flooding and improved inland valleys tend to be located within riverbeds replacing wetlands. In contrast, full control schemes can be located at a higher altitude thanks to pumping, thereby reducing the impact on wetlands. The *Office du Niger* is expanding within a so-called ‘dead delta’, in an arid area with little ecological value. However, expansion plans within the inner delta of Mali are more controversial because of its considerable ecological value, including rare manatees, hippopotamuses and wild birds (Zwarts et al. 2005).

Table 3. Qualitative indicators for each irrigated system.

	User participation	Infrastructure sustainability	Soil	Impact on wetlands	Current dynamics
Large and medium public initiative	+	-	+	+	++
Community public initiative	++	-	=	++	+
Small collective	++	+	=	++	=
Small individual	++	++	=	+	++
Small and medium agribusiness	++	++	=	+	++
Large agro-industrial	++	=	=	++	++
Recession cropping	=	-	=	=	-
controlled flooding	+	-	=	++	-
Inland valley	+	=	+	++	++

Notes: - reduced, = small, + medium, ++ strong

Irrigation can have a positive impact on pastures, riverbanks and wetlands because it concentrates agricultural production on a smaller area, reducing the pressure on natural land. For instance, in the inner delta of Mali, poor farmers are increasingly converting wetlands and pastures into paddy fields. The so-called *bourgoutières*, a natural flooded pasture (*Echinochloa*

stagnina), can produce between 4 to 20 tons of dry matter of rich forage per hectare (Hiernaux and Diarra 1982), which exceeds the performance of flooded rice (Marie et al. 2007). Modern irrigation schemes can help these farmers concentrate on a smaller area.

Dams pose significant environmental problems, since they flood large areas upstream and decrease the magnitude of floods downstream. Dams reduce flood recession agriculture and pastures but they support irrigation during the dry season. However, flood regulation for irrigated agriculture is often a sub-product of dams, which are mainly built for hydropower.

Climate Change

Climate predictions are uncertain because climate models face difficulties to reproduce the complex mechanisms of the West African monsoon. Atmospheric carbon rise will benefit some crops (sugarcane). Rainfall variability will probably increase, creating more droughts but also more inundations. Rainfed crops are likely to suffer the most, while irrigated crops may benefit from more atmospheric carbon rise. Although higher temperatures favor evaporation, irrigation is ranked among the major adaptation strategies to combat the impacts of climate change on West African agriculture (You et al. 2010).

Conclusion

The future of West African irrigation systems is still uncertain. Wide areas are experiencing new dynamics, especially in Senegal and Mali, through private agro-industries and private and individual small systems, spontaneously or with the support of governments (Sonou and Abric 2010; Bélières et al. 2013). Schemes with partial water control tend to be complemented with pumps. Inland valley cropping is growing strongly in the wettest areas of the subregion, savannas and forests, but is confronted with increasing floods from higher runoff.

Technical choices on hydraulic infrastructure will be guided by other considerations, such as the urgent need for hydroelectric power or the importance of foreign investments in irrigable land. The future of irrigation in West Africa will be governed by powerful external factors, such as rapid urban growth, climate change and land acquisitions. Farmers' ability to adapt to this context will depend on the agricultural, energy and land policies that their governments will implement.

References

- ABN (Autorité du Bassin du Niger). 2007. Elaboration du Plan d'Action de Développement Durable. Phase 2: schéma directeur d'aménagement et de Gestion. Niamey.
- Adamczewski, A.; Hertzog, T.; Dosso, M.; Jouve, P.; Jamin, J.Y. 2011. L'irrigation peut-elle se substituer aux cultures de décrue ? *Cah Agric* 20 : 97-104. doi : 10.1684/agr.2011.0469
- Adamczewski, A.; Jamin, J.Y.; Burnod, P.; Boutout Ly, E.H.; Tonneau, J.P. 2013. Terre, eau et capitaux : investissements ou accaparements fonciers à l'Office du Niger ? *Cahiers agricultures* 22(1) : 22-32. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2012.0601>
- Ahmadi, N.; Teme, B. (eds). 1998. *Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Bilan et perspectives nationales, intérêt pour la zone de savane Ouest-africaine*. Actes du séminaire de Sikasso, Mali, 21-25/10/1996. Montpellier : CIRAD.

- Barbier, B.; Ouedraogo, H.; Dembélé, Y.; Yacouba, H.; Barry, B.; Jamin, J.Y. 2011. L'agriculture irriguée dans le Sahel ouest-africain. *Cah Agric* 20 : 24-33. doi : 10.1684/agr.2011.0475
- Bélières, J.F.; Hilhorst, T.; Kébé, D.; Keïta, M.S.; Keïta, S.; Sanogo, O. 2011. Irrigation et pauvreté : le cas de l'Office du Niger au Mali. *Cah Agric* 20 : 144-9. doi : 10.1684/agr.2011.0473
- Bélières, J.F.; Jamin, J.Y.; Seck, S.M.; Tonneau, J.P.; Adamczewski, A.; Le Gal, P.Y. 2013. Dynamiques foncières, investissements et modèles de production pour l'irrigation en Afrique de l'Ouest : logiques financières contre cohérences sociales ? *Cah Agric* 22 : 61-6. doi : 10.1684/agr.2012.0574
- Bethemont, J.; Faggi, P.; Zoungrana, T. 2003. *La vallée du Sourou. Genèse d'un territoire hydraulique dans l'Afrique soudano-sahélienne*. Paris: L'Harmattan.
- Bonneval, P.; Kuper, M.; Tonneau, J.P. 2002. *L'Office du Niger grenier à riz du Mali: Succès économiques, transitions culturelles et politiques de développement*. Montpellier: CIRAD/Karthala.
- Boutillier, J.L.; Cantrelle, P.; Causse, J.; Laurent, C.; N'Doye, T. 1962. *La moyenne vallée du Sénégal. Etude socio-économique*. Paris : PUF.
- Brondeau, F. 2011. L'agrobusiness à l'assaut des terres irriguées de l'Office. *Cah Agric* 20 : 136-43. doi : 10.1684/agr.2011.0472
- CILSS (Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel). 2010. *Déclaration des chefs d'état et de gouvernement du Cils relative à la coalition mondiale sur l'eau au Sahel*. N'Djamena. Available at http://www.cilss.bf/IMG/pdf/declaration_cetat.pdf (accessed on February 03, 2013).
- Compaoré, M.L.; Blanchet, B.; Rigourd, C.; Hermiteau, I. 2002. Vers une professionnalisation des fonctions hydrauliques des périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest. *Sud Sciences et Technologies* (28) : 28-40.
- Connor, D.; Comas, J.; Gómez-Macpherson, H.; Mateos, L. 2008. Impact of smallholder irrigation on the agricultural production, food supply and economic prosperity of a representative village beside the Senegal River, Mauritania. *Agricultural Systems* 96: 1-15.
- Coulibaly, Y.M.; Bélières, J.F.; Koné, Y. 2006. Les exploitations agricoles familiales du périmètre irrigué de l'Office du Niger au Mali: évolutions et perspectives. *Cah Agric* 15(6) : 562-9.
- DGPSA (Direction Générale de la Prévision et des Statistiques Agricoles). 2004. *Formulation d'une méthodologie pour l'enquête maraîchère au Burkina Faso*. Ouagadougou: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.
- Dillon, A. 2007. *Mesurer l'impact du Programme Mali-Nord. Étude sur la Pauvreté et la Sécurité Alimentaire au Nord Mali*. Université de Cornell.
- Diouf, J. 2008. Irrigation key for Africa's food security. Opening session of the ministerial conference on Water for Agriculture and Energy in Africa: the Challenges of Climate Change, December 15, 2008, Sirte, Libya. Available at <http://www.fao.org/news/story/en/item/8954/icode/> (accessed on April 14, 2013).
- Ducrot, R.; Zaslavsky, J.; Magassa, H. 2002. Dynamismes et contraintes du développement de la petite irrigation, cas du delta intérieur du Niger. In: Orange, D.; Arfi, R.; Kuper, M.; Morand, P.; Poncet, Y., ed., *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones tropicales inondables*, Paris.
- Faivre Dupaigre, B.; Baris, P.; Liagre, L. 2004. *Etude sur la compétitivité des filières agricoles dans l'espace*. Ouagadougou: UEMOA.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. AQUASTAT database. Available at <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexfra.stm> (accessed on February 2, 2013).
- Frenken, K. (dir). 2005. *L'irrigation en Afrique en chiffres*. Enquête Aquastat 2005. Rome: FAO.
- Gallais, J. 1984. *Hommes du Sahel, espace-temps et pouvoir, le delta intérieur du Niger*. Paris: Flammarion.
- García-Bolaños, M.; Borgia, C.; Poblador, N.; Dia, M.; Ould Mohamed Vadel Seyidd; Mateos, L. 2011. Performance assessment of small irrigation schemes along the Mauritanian banks of the Senegal River. *Agricultural Water Management* 98(7): 1141–1152.

- Guillaume, M. 1960. Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. *L'Agro trop* 15: 73-91.
- Hertzog, T.; Adamczewski, A.; Molle, F.; Poussin, J.C.; Jamin, J.Y. 2012. Ostrich-like strategies in Sahelian sands? Land and water grabbing in the Office du Niger, Mali. *Water Alternatives* 5(2): 304-321. http://www.water-alternatives.org/index.php?option=com_content&task=view&id=200&Itemid=1
- Hiernaux, P.; Diarra, L. 1982. *Is it possible to improve the traditional grazing management in the flood plain of the Niger river in central Mali?* Bamako, Mali: International Centre for Livestock in Africa.
- IIMI (International Irrigation Management Institute). 1997. *Projet management de l'irrigation au Niger*. Rapport final de synthèse. Niamey: IIMI.
- Inocencio, A.; Kikuchi, M.; Tonosaki, M.; Maruyama, A.; Merrey, D.; Sally, H.; de Jong, I. 2007. *Costs and performance of irrigation projects: A comparison of sub-Saharan Africa and other developing regions*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 71p. (IWMI Research Report 109).
- IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage). 2004. *Identification et diffusion de bonnes pratiques sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest*. Rome: FAO.
- Jamin, J.Y. 1994. *De la norme à la diversité: l'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger*. Paris : INA-PG, Thèse de doctorat, 402p. Available at <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00408411/fr/> (accessed on February 03, 2013).
- Jamin, J.Y.; Bisson, P.; Fusillier, J.L.; Kuper, M.; Maraun, F.; Perret, S.; Vandersypen, K. 2005. La participation des usagers à la gestion de l'irrigation: des mots d'ordre aux réalités dans les pays du Sud. Colloque Irrigation et développement durable, 2005-05-19, Paris. *Les colloques de l'Académie d'agriculture de France* 91(1) : 65-83.
- Keïta, N.; Bélières, J.F.; Sidibé, S. 2002. Extension de la zone aménagée de l'Office du Niger: exploitation rationnelle et durable des ressources naturelles au service d'un enjeu national de développement. In: Orange, D.; Arfi, R.; Kuper, M.; Morand, P.; Poncet, Y., ed., *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones tropicales inondables*. Paris: IRD.
- Legoupil, J.C.; Dancette, P.; Maïga, I.M.; N'Diaye, K.M. 1999. *Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne: Synthèse des résultats du pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués*. Dakar (Sénégal): PSI/CORAF.
- Lemoalle, J.; de Condappa, D. 2009. *Atlas de l'eau du bassin de la Volta*. Colombo/Marseille: CPWF/IRD.
- Marie, J.; Morand, P.; N'Djim, H. (eds). 2007. *Avenir du fleuve Niger*. Paris: IRD.
- Mateos, L.; Lozano, D.; Baghil, A.B.O.; Diallo, O.A.; Gómez-Macpherson, H.; Comas, J.; Connor, D. 2010. Irrigation performance before and after rehabilitation of a representative, small irrigation scheme besides the Senegal River, Mauritania. *Agricultural Water Management* 97: 901-909.
- Namara, R.E.; Hanjra, M.A.; Castillo, G.E.; Ravnborg, H.M.; Smith, L.; van Koppen, B. 2010. Agricultural water management and poverty linkages. *Agricultural Water Management* 97: 520-527.
- Nkonya, E.; Philip, D.; Mogues, T. 2008. *From the ground up: Impacts of a pro-poor community-driven development project in Nigeria*. Discussion Paper 756. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Ouedraogo, M. 2003. *Les nouveaux acteurs et la promotion des activités agro-sylvopastorales dans le sud du Burkina Faso: Faux départ ou inexpérience?* Issue paper. Londres: International Institute for Environment and Development (IIED).
- Ogunjimi, L.A.O.; Adekalu, K.O. 2002. Problems and constraints of small-scale irrigation (in fadama) in Nigeria. *Food Reviews International* 18(4): 295-304.
- Payen, J.; Gillet, V. 2007. *L'irrigation informelle en Afrique de l'Ouest. Une solution ou un problème?* Issue paper. Rome: IPTRID.
- Portères, R. 1962. Primary cradles of agriculture in the African continent. *Journal of African History* 3: 195-210.

- Poussin, J.C.; Boivin, P. 2002. Performances des systèmes rizicoles irrigués sahéliens. *Cah Agric* 11(1) : 65-73.
- Poussin, J.C.; Diallo, Y.; Legoupil, J.C.; Sow, A. 2005. Increase in rice productivity in the Senegal River valley due to improved collective management of irrigation schemes. *Agron Sustain Dev* 25: 225-236.
- Raes, D.; Sy, B.; Feyen, J. 1994. Water use in rice schemes in the Senegal River Delta and Valley. *Irrigation and Drainage Systems* 9(2): 117-128.
- RAID (Regional Association for Irrigation and Drainage). 2004. *Typologie des systèmes irrigués en Afrique de l'Ouest sahélienne*. Ouagadougou : Projet Appia.
- République du Mali. 2008. *Rapport National d'Investissement. Mali*. Conférence sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique: Les défis du changement climatique. Syrte, Libye, 15-17/12/2008b. Available at <http://www.sirtewaterandenergy.org/docs/reports/Mali-Rapport2.pdf> (accessed on February 03, 2013).
- Rigourd, C.; Hermiteau, I.; Nepveu de Villemarceau, A.; Vidal, A. 2002. La riziculture irriguée en Afrique sahélienne: Rompre avec le pessimisme. *Cah Agric* 11(1) : 59-64.
- Roncoli, C.; Kirshen, P.; Etkin, D.; Sanon, M.; Some, L.; Dembélé, Y.; Sanfo, B.J.; Zougrana, J.; Hoogenboom, G. 2009. From management to negotiation: Technical and institutional innovations for integrated water resource management in the Upper Comoé River Basin, Burkina Faso. *Environmental Management* 44(4): 695-711.
- Rosegrant, M.W.; Cline, S.A. 2003. Global food security: Challenges and policies. *Science* 302: 1917-9.
- Sally, H. 1997. *Améliorer les Performances des Périmètres Irrigués*. Actes du Séminaire Régional du Projet Management de l'Irrigation au Burkina Faso. Ouagadougou/Colombo: International Irrigation Management Institute (IIMI).
- Sally, H.; Léville, H.; Cour, J. 2011. Local water management of small reservoirs: Lessons from two case studies in Burkina Faso. *Water Alternatives* 4(3): 365-382.
- Sonou, M.; Abric, S. 2010. *Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest: Revue des expériences récentes et en cours*. Ouagadougou: Burkina Faso.
- Turrall, H.; Svendsen, M.; Faures, J-M. 2009. Investing in agriculture: Reviewing the past and looking to the future. *Agr Water Manage* 97: 551-9.
- Vandersypen, K.; Bengaly, K.; Keita, A.C.T.; Sidibé, S.; Raes, D.; Jamin, J.Y. 2006. Irrigation performance at the tertiary level in the rice schemes of the Office du Niger (Mali): Adequate water delivery through over-supply. *Agr Water Manage* 83: 144-52.
- Vandersypen, K.; Bastiaens, L.; Traoré, A.; Diakon, B.; Raes, D.; Jamin, J.Y. 2008. Farmers' motivation for collective action in irrigation: a statistical approach applied to the Office du Niger in Mali. *Irrigation and Drainage* 57(2): 139-50.
- Venot, J.P.; Cecchi, P. 2011. Valeurs d'usage ou performances techniques : comment apprécier le rôle des petits barrages en Afrique subsaharienne ? *Cah Agric* 20 : 112-7. doi : 10.1684/agr.2010.0457
- Vidal, A.; Préfol, B.; Tardieu, H.; Fernandez, S.; Platey, J.; Darghouth, S. 2006. Public-private partnership in irrigation and drainage: The need for a professional third party between farmers and government. In: Perret, S.; Farolfi, S.; Hassan, R., ed., *Water governance for sustainable development*. London: Earthscan.
- Windmeijer, P.N.; Dugué, M.J.; Jamin, J.Y.; van de Giesen, N. 2002. *Présentation des caractéristiques hydrologiques de la mise en valeur des bas-fonds*. Bouaké: ADRAO, 64p.
- You, L.; Ringler, C.; Nelson, G.; Wood-Sichra, U.; Robertson, R.; Wood, S.; Guo, Z.; Zhu, T.; Sun, Y. 2010. *What is the irrigation potential for Africa? A combined biophysical and socioeconomic approach*. IFPRI Discussion Paper 993.
- Zwarts, L.; van Beukering, P.; Kone, B.; Wymenga, E. 2005. *Le Niger, une artère vitale: Gestion efficace de l'eau dans le Bassin du Haut Niger*. Totnes, UK: NHBS.

Quelles solutions pour le développement de l'irrigation en Afrique de l'ouest ? Quelques messages issus des leçons apprises

Amadou Allahoury Diallo
Consultant Water Expert

Abstract

This paper identifies achieving food security, reducing poverty and adapting to climate change among the major challenges confronting irrigated agriculture in West Africa. It also highlights the considerable untapped potential in surface water and groundwater resources, and in irrigable land that is available to overcome these challenges. It proposes that interventions should be efficient and holistic, and that critical suitability assessment of emerging agricultural water management solutions is needed prior to adoption and adaptation of the most promising and gender-sensitive technologies. Strengthening the capacity of farmers should also include improving their access to information.

"There is no reason why Africa cannot be self-sufficient when it comes to food. It has sufficient arable land. What's lacking is the right seeds, the right irrigation, but also the kinds of institutional mechanisms that ensure that a farmer is going to be able to grow crops, get them to market, get a fair price".

President Barack Obama, G8, Italy, 10 July 2009.

Introduction

Les pouvoirs publics et les bailleurs de fonds s'accordent aujourd'hui à reconnaître que l'agriculture doit avoir une place plus prépondérante dans le programme de développement de l'Afrique Sub-saharienne; c'est ainsi par exemple que le Rapport sur le développement dans le monde 2008 de la Banque Mondiale (World Bank 2007) recommande aux Gouvernements et à leurs partenaires de mobiliser davantage de ressources pour le secteur agricole ; il indique par la même occasion que : « les gains de productivité agricole doivent servir de base à la croissance économique nationale et être l'instrument de la réduction de la pauvreté des masses et de la sécurité alimentaire ».. En Afrique de l'Ouest, les Chefs d'Etats et de Gouvernements de la CEDEAO ont adopté en Janvier 2005 la politique agricole commune ECOWAP) qui est une partie intégrante du Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA) du NEPAD (CEDEAO 2005). A l'heure actuelle, le développement agricole est donc replacé au centre de l'agenda du développement de l'Afrique et de celui l'Afrique de l'Ouest en particulier. Le développement agricole se fera principalement à travers l'augmentation de la productivité ;

la conclusion de la FAO, dans sa perspective de l'agriculture mondiale à l'horizon 2015-2030 (FAO 2008c) est qu'en Afrique subsaharienne, 73 % de la croissance de la production agricole attendue à l'horizon 2030 devrait venir d'une augmentation des rendements et de l'intensification des cultures. A cet égard la maîtrise de l'eau aura un rôle majeur à jouer (FAO 2006b).

Dans un tel contexte le défi lancé aux professionnels techniques du secteur de l'irrigation est de proposer des solutions de gestion de l'eau techniquement, socialement et économiquement viables et durables au plan environnemental à même d'augmenter substantiellement la productivité agricole. La présente note se propose de contribuer au débat en essayant d'identifier les défis majeur du secteur agricole en général et de l'hydraulique agricole en particulier ainsi que les opportunités offertes avant de conclure sur certaines solutions ébauchées dans le cadre du projet « Agriculture Water Management Solutions » financé par la Fondation Bill et Melinda Gates et qui intervient notamment dans deux pays de l'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso et Ghana) (AWM Solutions 2010).

Principaux défis du secteur de l'hydraulique agricole

Les principaux défis de l'agriculture en général et de la gestion de l'hydraulique agricole en Afrique de l'ouest en particulier sont :

1. **La réduction de la pauvreté** : elle constitue un défi majeur de l'agriculture en Afrique de l'Ouest (FAO et FIDA 2008b). En 2000, par la *Déclaration du millénaire*, les pays – riches et pauvres – s'engageaient à travers l'Objectif de Développement du Millénaire n°1 (ODM 1) à éradiquer l'extrême pauvreté et la faim, avec comme cible une réduction de moitié, d'ici 2015, de la proportion de la population dont le revenu est inférieur à 1 dollars EU par jour. En Afrique de l'Ouest, la contribution du secteur agricole à l'atteinte de cet objectif est déterminante dans la mesure où l'agriculture occupe plus de 66% de la population (jusqu'à 80% dans certains pays) de la sous-région et 54,6% de cette population vit en dessous du seuil de pauvreté (FAO – *Accra L'état de la Gestion de l'eau pour l'agriculture en Afrique de l'Ouest* 2008).
2. **La satisfaction de la demande alimentaire régionale** : en 2007, la population des 15 États membres de la CEDEAO était estimée à 290 millions d'habitants; compte tenu des taux de croissance actuels, cette population devrait se situer à 353 millions en 2020 et à 455 millions en 2030 dont plus de la moitié sera urbaine. Sur la base des récentes études (réaffirmées par la Conférence de Syrte du décembre 2008), la FAO estime que la demande alimentaire en Afrique sub-saharienne va plus que tripler entre 2000 et 2050 et que dans le même temps la consommation alimentaire quotidienne par personne passera des 2 200 kcal actuelles à 2 600 kcal en 2030 et 2 800 kcal en 2050 (FAO 2006a, 2008a). Au cours des deux prochaines décennies, l'agriculture ouest africaine devra donc produire davantage, commercialiser une part accrue de cette production (puisque la part des consommateurs non producteurs va augmenter) et assurer un revenu décent à un nombre croissant d'actifs agricoles.
3. **L'adaptation aux changements climatiques** : Dans son dernier rapport l'IPCC¹ confirme qu'au cours du 21^{ième} siècle, le réchauffement climatique sera plus significatif en Afrique

¹ IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

que partout ailleurs dans le Monde (IPCC 2007). Le changement climatique affectera particulièrement le couple productif « terres-eau » (Rapport de l'atelier international sur le changement climatique en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou, Avril 2009 ; ACMAD, CILSS and ECOWAS 2009). En outre, l'IPCC estime qu'à l'horizon 2020, le changement climatique pourrait entraîner une baisse de rendement de près de 50% dans certains pays africains. Le fait le plus marquant des changements est la baisse des précipitations. En Afrique de l'Ouest en 30 ans, les isohyètes se sont déplacés de 200 à 300 km vers le sud, la zone soudanienne semi-humide est soumise à une saison sèche de plus en plus longue et la zone subéquatoriale à quatre saisons (2 sèches et 2 pluvieuses) voit disparaître dans sa partie septentrionale (entre 7° N et 8° N), la deuxième saison pluvieuse et voit s'allonger la saison sèche. En plus de ces diminutions temporelles des quantités de pluies, la variabilité spatiale de ces dernières constitue une grande contrainte à la mobilisation des potentialités de production. Le secteur agricole doit s'adapter aux changements climatiques ; ce qui se fera en particulier à travers une meilleure exploitation des ressources en eau de plus en plus rares.

Potentiel et opportunités de développement de l'hydraulique agricole

Les défis ci-dessus cités sont considérables mais l'Afrique de l'Ouest possède aussi des potentialités et des opportunités d'intervention importantes dans le secteur de l'hydraulique agricole permettant au secteur agricole de relever ces défis; il s'agit notamment:

1. **Des ressources énormes en eau renouvelables peu mobilisées :** Pour l'ensemble des pays de la CEDEAO, les ressources en eau renouvelables totales (RERT) sont estimées à 1304 milliards de m³/an. L'Afrique Sub-saharienne en général et l'Afrique de l'Ouest en particulier ont des niveaux de stockage de l'eau les plus faibles au monde (543 m³/habitant en Afrique Sub-saharienne contre une moyenne mondiale de 963 m³/habitant ; AfDB 2009). En Afrique de l'Ouest parmi les pays qui ont un potentiel de ressources en eau substantiel et qui sont dans un besoin important de mobilisation de celles-ci on peut citer : le Bénin, le Niger, et le Sénégal avec moins de 100 m³/habitant (AfDB, FAO, FIDA, IWMI and World Bank 2007).
2. **Des ressources en eau souterraine considérables:** Les ressources en eau souterraines de l'Afrique de l'Ouest sont encore peu connues, on estime cependant qu'il y a 317 milliards de m³ de ressources en eau souterraines renouvelables (nappes superficielles rechargées en saison des pluies) et que la sous-région possède plusieurs milliers de milliards de m³ (2000 milliards de m³ pour le Niger et 2700 milliards pour le Mali) d'eau de nappes du socle ancien et des nappes profondes des bassins sédimentaires. Les ressources en eaux souterraines profondes pourraient en théorie couvrir à elles seules les besoins de l'Afrique de l'Ouest mais elles se trouvent à de très grandes profondeurs pouvant atteindre mille à deux mille mètres et sont souvent non renouvelables (eaux fossiles).
3. **Un potentiel en terres irrigables peu exploité :** Selon l'enquête AQUASTAT de 2005, il y a 2,06 millions d'hectares de terre dans les pays de la CEDEAO couverts par l'une ou l'autre forme de gestion de l'eau, soit 23,09% du potentiel irrigable

estimé à 8,91 millions d'ha (FAO 2005). En comparaison, l'Asie du Sud a aménagé 57 % de ses terres et l'Asie de l'Est 64 % (la Chine 70 %). Le potentiel pour des aménagements hydro-agricoles futurs est donc de 6,85 millions d'hectares². Bien que ce potentiel soit variable d'un pays à un autre seul le Nigeria a aménagé 47,8 % de ces superficies en contrôle de l'eau. Il devance de loin le Mali (14,5%), la Sierra Leone (7,6%) et le Sénégal (7,3%) ; tous les autres pays sont en deçà de ces taux. Les opportunités d'aménagement concernent particulièrement : (i) La mise en valeur des bas-fonds : Les expériences de certains pays (Mali et Burkina Faso notamment) dans l'aménagement des bas-fonds à partir de techniques simples de contrôle des crues ont montré que ceux-ci peuvent contribuer de façon très importante à la production alimentaire nationale ; et (ii) La petite irrigation privée : La mise en œuvre depuis plusieurs décennies de projets d'irrigation à petite échelle a permis de disposer de bonnes pratiques et d'un éventail de technologies suffisamment éprouvées permettant d'améliorer la productivité et la rentabilité de l'agriculture irriguée.

4. **Des superficies aménagées à réhabiliter:** La vague de changements politiques et économiques (programmes d'ajustement structurels, démocratisation etc..) intervenue en Afrique de l'Ouest dans les années 80 et au début des années 90 a entraîné un relâchement dans l'entretien et la maintenance de beaucoup de grands périmètres et voir dans certains cas l'abandon de l'exploitation d'une partie ou de l'ensemble du périmètre. Les leçons apprises au cours de ces dernières années ont montré qu'il est possible de remettre en production ces superficies grâce à des réhabilitations visant particulièrement à « assurer un service de l'eau le meilleur possible et au moindre coût » (Darghouth 2007).
5. **Un potentiel énorme d'augmentation de production à travers la gestion in situ et la collecte de l'eau de ruissellement en culture pluviale :** Au regard de son importance en terme de superficie, toute amélioration des rendements de l'agriculture pluviale même minime va entraîner une grande augmentation de la production céréalière, aliments de base de la majorité de la population. Dans la sous-région Soudano-sahélienne en particulier où les précipitations sont en baisse depuis plusieurs années et le phénomène de désertification en croissance, des techniques permettant une stabilisation voire une amélioration des cultures pluviales sont mis en œuvre avec succès depuis au moins deux décennies. Il s'agit des techniques de collecte et de gestion de l'eau in situ. Des travaux menés au Burkina Faso, au Kenya, au Niger, au Soudan et en Tanzanie indiquent que la collecte des eaux de pluie peut multiplier les rendements par deux ou trois par rapport à la culture sèche traditionnelle.
6. **Des opportunités de diversification des productions.** L'horticulture irriguée présente des perspectives de croissance considérables avec sa vaste panoplie de produits potentiels (plus de 80 types de « fruits et légumes » selon la classification commerciale des Nations Unies). L'Afrique de l'Ouest possède des écosystèmes très variés pouvant ainsi accueillir en fonction des zones pratiquement toute les gammes de cultures. Les marges de progrès paraissent énormes dans la mesure où l'expérience prouve que si l'horticulture bénéficie d'un minimum d'incitation elle réalise des prouesses indéniables, comme c'est le cas de la tomate au Sénégal, de l'oignon au Niger ou du

² Ce potentiel tient compte de la collecte de l'eau

Haricot vert au Kenya.

7. **Des opportunités d'intégration des productions.** Comme la production végétale, l'élevage et la pêche font partie intégrante du tissu socio-économique du milieu rural ; l'agriculteur pratique le plus souvent de façon intégrée les trois activités. Aussi la conception des projets de gestion de l'hydraulique agricole devrait prendre en compte autant que possible les secteurs de l'élevage et de la pêche (la pisciculture en particulier). « Les expériences dans le monde entier semblent indiquer que le développement intégré prenant en compte à la fois l'eau et les animaux d'élevage augmente la viabilité des zones rurales et la rentabilité des investissements bien davantage que les efforts isolés de développement » (Molden 2007).

Quelques messages pour une irrigation exploitant au mieux le potentiel et les opportunités

Le projet « Agricultural Water Management Solutions » financé par la Fondation Bill et Melinda Gates qui vise l'amélioration quantitative et qualitative de la petite irrigation en Afrique Sub-saharienne à travers notamment la mise au point d'outils d'aide à la décision et de recommandations issue des leçons apprises. Après bientôt deux ans d'activités le projet a abouti à certaines conclusions utiles à la recherche de solutions permettant une exploitation rationnelle des opportunités ci-dessus cités pour un développement durable de l'irrigation en général et de la petite irrigation en particulier. Il faut noter du reste que ces conclusions ne sont pas si nouvelles cependant elles ont l'avantage d'être mieux documentées. Les principaux messages issus de ces conclusions sont les suivants:

1. **L'amélioration de la maîtrise de l'eau pour les petits agriculteurs privés, un potentiel énorme encore peu exploité pour la réduction de la pauvreté et la sécurité alimentaire:** la petite irrigation privée, en particulier, bénéficie à des millions de petits producteurs à travers l'Afrique. L'impact de la PIP sur la réduction de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire a été confirmé par des évaluations de différents projets de petite irrigation réalisés sur financements nationaux, bilatéraux ou multilatéraux : augmentation de la productivité, de la production, du revenu au niveau de l'exploitation, mais aussi amélioration de l'état nutritionnel, du logement, des moyens de déplacement et de scolarisation des enfants sont souvent les marques de cet impact positif. Le secteur de la petite irrigation privée est dynamique et en plein développement. Les enquêtes effectuées par le projet « AWM solutions » dans plusieurs pays montrent que les petits irrigants privés sont prêts à adopter les technologies modernes, cependant se pose le problème de la disponibilité de technologies appropriées à des coûts abordables au niveau local et l'adéquation de celles-ci par rapport à leurs besoins. En effet, même quand des technologies sont disponibles les fournisseurs locaux ont le plus souvent des stocks très limités et les projets de développement et ONGs ne font généralement la promotion que d'une seule technologie. L'amélioration des conditions de vie et la sécurité alimentaire des ménages ruraux requière, en ce qui concerne le secteur de l'hydraulique agricole, une suite de solutions depuis l'amélioration de l'agriculture pluviale et la petite irrigation jusqu'à la construction de grandes infrastructures d'irrigation. Les coûts, les bénéfices et les impacts devant être les facteurs déterminants.

2. **Il faut renforcer les capacités des agriculteurs en tant que décideurs en leur donnant l'information dont ils ont besoin:** dans le domaine de l'irrigation il n'existe pas de technologie appropriée à toutes les situations par contre, il existe une gamme très variée d'options allant de la collecte des eaux de ruissellement à l'irrigation goutte à goutte en passant notamment par l'irrigation manuelle, les petits forages, les motopompes et l'aspersion. Les agriculteurs sont les mieux placés pour choisir les technologies qui correspondent à leurs besoins. Ils ont cependant besoin de l'information pour procéder à un choix informé de technologies. Aussi, l'élargissement de l'éventail d'options technologiques peu coûteux disponibles, la mise en contact des agriculteurs avec ces technologies et la mise à leur disposition d'informations leur permettant de décider et de choisir vont aider à l'adoption des technologies et à l'amélioration de la productivité. Des enquêtes effectuées par le projet au Ghana, montrent que le manque d'action de vulgarisation constitue le principal problème des agriculteurs, en effet seulement 10% des hommes enquêtés affirment avoir reçu la visite d'un agent de vulgarisation au cours de l'année passée, ce chiffre tombe à 1% chez les femmes. Par ailleurs, les agents de vulgarisation ont généralement peu de connaissances dans le domaine de l'hydraulique agricole. Quand aux vendeurs de matériel agricole ils affirment être dans l'incapacité de conseiller les agriculteurs dans leurs choix, car eux-mêmes ne connaissent pas grand-chose. En définitive, l'accès à l'information, l'accessibilité en termes de coûts, un rapide retour sur investissement et l'applicabilité sur des petites superficies constituent le dénominateur commun de l'adoption de technologie par le petit agriculteur.
3. **Il faut investir dans les solutions en rapport avec le genre:** le rôle de la femme est fondamental dans la conception des technologies d'irrigation dans la mesure où : (i) les femmes sont aussi présentes comme les hommes dans le secteur de l'irrigation et sont souvent des décideurs ; (ii) les technologies proposées peuvent augmenter la charge de travail de la femme sans que celle-ci ait son mot à dire ; (iii) les technologies qui augmentent les revenus des femmes ont plus d'impact sur le bien-être de la famille dans la mesure où la femme utilise plus ses ressources pour l'alimentation du ménage, l'éducation des enfants et la santé de la famille que l'homme ; et (iv) les technologies d'irrigation peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la disponibilité de l'eau à usage domestique, ainsi augmenter ou diminuer le transport de l'eau qui est du domaine des femmes.
4. **Les priorités d'investissement en vogue ne sont pas toujours les plus à succès:** Une analyse critique des investissements actuels dans le secteur de la petite irrigation montre une faible croissance de l'adoption de l'irrigation goutte à goutte et de la pompe à pédale alors que la motopompe connaît une expansion fulgurante. Les agriculteurs choisissent la technologie la plus appropriée pour eux. Des enquêtes sur le terrain montrent qu'au Ghana la forme d'irrigation la plus courante est manuelle, suivie de près par l'utilisation de la motopompe (souvent louée). La majorité des agriculteurs indiquent leur préférence pour la petite motopompe chinoise. La pompe à pédale et l'irrigation goutte à goutte ont été introduites mais l'utilisation n'a pas connu une extension. Le Burkina Faso a aussi connu une expérience similaire. La petite motopompe permet aux agriculteurs de satisfaire la demande en eau de leur plantes en utilisant l'eau souterraine ou de surface avec comme résultat pour le producteur

une augmentation de la superficie irriguée et des revenus. Cette technologie c'est étendue spontanément avec très peu d'aide de la part des projets ou des ONGs. Il faut noter cependant que dans beaucoup de parties de l'Inde le pompage incontrôlé de l'eau souterraine par des millions de petites motopompes a eu comme résultat la baisse du niveau de la nappe menaçant ainsi les conditions d'existence des populations et l'approvisionnement en eau potable des zones dépendant de l'eau souterraine. Beaucoup de possibilités existent pour capitaliser le potentiel des motopompes tout en minimisant les risques ; on peut citer à cet effet : la révision des taxes pour faciliter les importations, l'identification de sources d'énergie alternative (solaire ou éolienne), la promotion de la planification et de la gestion au niveau du bassin, la cartographie des ressources en eaux souterraines, le développement des chaînes de valeur (notamment des chaînes d'approvisionnement) et les services de location, la disponibilité d'une gamme variée de motopompes et la mise en place de démonstrations sur sites et de formation des agents de vulgarisation. En ce qui concerne le système goutte à goutte, il a été vu comme une panacée et ainsi mis en promotion récemment en Afrique Sub-saharienne. C'est un système qui permet une économie d'eau et de travail et des rendements élevés c'est pourquoi il est attractif pour les Gouvernements et les bailleurs de fonds. On constate cependant un taux élevé d'abandon des kits goutte à goutte par les paysans, ce malgré les niveaux de subventions qui peuvent atteindre souvent jusqu'à 80%, du fait des problèmes techniques et des prix élevés de remplacement des kits. A l'heure actuelle, le système goutte à goutte semble approprié pour les agriculteurs expérimentés, pratiquant des cultures à haute valeur ajoutée et faisant face à des problèmes d'eau et de main d'œuvre. Le nombre de bénéficiaires peut être augmenté à travers des actions pilotes et la promotion des kits à faible coût. Pour ce qui concerne les pompes à pédale, son introduction au Niger par exemple, a permis au petit exploitant de doubler la superficie préalablement irriguée manuellement et des études au Sénégal et Ghana notamment montrent des augmentations de revenus de \$200 à \$700 du fait de son adoption. Les pompes à pédale sont de faible coût, convenables pour les petites superficies et d'entretien facile. Cependant, malgré les importants efforts de promotion faits ces dernières années pour la promotion de la pompe à pédale son adoption n'a pas dépassé les zones d'intervention des projets chargés de sa promotion. Les agriculteurs qui l'ont adopté l'abandonnent du fait des efforts physiques qu'elle réclame. Les prévisions optimistes pour l'adoption de cette technologie ont été déçues. Avec l'arrivée sur le marché de motopompes de moins en moins chères et les possibilités de location, la pompe à pédale doit être considérée comme une technologie ayant une niche en particulier pour les plus pauvres des zones où le carburant coûte cher et l'eau rare pour une irrigation de grande envergure.

5. Des modèles d'intervention efficaces sont essentiels pour le succès des solutions :

Un modèle d'intervention efficace doit inclure la résolution des contraintes relatives au marché (accès aux intrants et vente des produits), au financement, à l'accès aux technologies, à l'environnement socio-économique, à l'impact sur l'environnement et aux externalités. Par exemple, l'érosion et la déforestation ont des effets désastreux sur les ressources en eau ; l'aménagement des bassins versants est une voie efficace de restauration des terres dégradées, d'augmentation des ressources en eau disponibles en saison sèche, d'amélioration de la qualité de l'eau et d'augmentation de la productivité

agricole. Cependant, les bénéfices de l'aménagement des bassins versants ne sont pas immédiats, ce qui pousse les agriculteurs à ne pas manifester trop d'intérêts pour les travaux d'aménagement. Il ya donc lieu : (i) d'entrevoir la combinaison entre gains sur le court terme et les bénéfices sur le long terme ; (ii) de développer un paquet d'interventions qui s'intéresse à la fois aux facteurs économiques, sociaux et environnementaux ; (iii) et d'évaluer et suivre par la suite, les multiples changements potentiels positifs ou négatifs au plan naturel et social et au plan du capital humain en plus des capitaux financiers et physiques.

6. **Le projet a identifié plusieurs possibilités d'échange d'expériences et de leçons apprises entre l'Inde et l'Afrique Sub-saharienne** : On peut ainsi citer entre autres : les systèmes d'irrigation goutte à goutte à coûts réduits, l'utilisation des ressources en eau souterraine à des fins agricoles, des technologies à bas prix de forage, l'implication du secteur privé dans le développement de l'irrigation, l'aménagement des bassins versants, les mécanismes innovants de financement (micro-finance, subvention, voucher system etc.).

Références

- ACMAD, CILSS, ECOWAS. 2009. Formulation of a regional framework of the adaptation of West African agriculture to climate change. International workshop on adaptation to climate change in West African agriculture, Ouagadougou, Burkina Faso. April, 2009.
- AfDB (African Development Bank). 2009. Infrastructure for water storage increase and agricultural water development.
- AfDB, FAO, FIDA, IWMI, World Bank. 2007. *Investissement dans l'hydraulique agricole en Afrique subsaharienne (programme de collaboration de la BAD, la FAO, le FIDA, l'IWMI et la Banque mondiale)*. Rapport de synthèse. Washington : The World Bank
- AWM Solutions. 2010. Key Messages slides. (non publié).
- CEDEAO. 2005. Plan d'actions régional 2005-2010 pour la mise en œuvre de la Politique Agricole de la CEDEAO (ECOWAP) et du PDDAA/NEPAD en Afrique de l'Ouest.
- Darghouth, S. 2007. Reengaging in Agricultural Water Management in Sub-Saharan Africa: "Messages for Action". Document présenté à la 1^{ière} semaine africaine de l'eau (Tunis, 2008).
- FAO. 2005. L'irrigation en Afrique en figures. Enquête AQUASTAT 2005. Rapport sur l'eau 29.
- FAO. 2006a. Demand for products of irrigated agriculture in Sub-Saharan Africa. Rapport sur l'eau 31 (en anglais seulement).
- FAO. 2006b. Linking Agricultural Water Development and Rural Infrastructure in Africa.
- FAO. 2008a. Rapport de la conférence de niveau ministériel sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : Les défis du changement climatique » Syrte (Jamahiriya arabe libyenne), 15 au 17 décembre 2008.
- FAO et FIDA. 2008b. Eau et pauvreté rurale. Interventions pour améliorer les moyens d'existence des populations d'Afrique sub-Saharienne.
- FAO. 2008c. 25^{ième} conférence régionale pour l'Afrique. Développer les aménagements hydro-agricoles : Priorité pour la mise en œuvre du premier pilier du Programme Détaillé pour le Développement de l'Agriculture Africaine (PDDAA).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K; Reisinger, A. (eds.). Geneva, Switzerland: IPCC. 104 pp.
- Molden, D. (ed.). 2007. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. London: Earthscan and Colombo: International Water Management Institute.
- World Bank. 2007. Rapport sur le développement mondial 2008: L'agriculture pour le développement.

Projet régional de mise en valeur des terres de l'office du Niger au Mali dans le cadre de l'UEMOA: Casier de Touraba, Zone du Kouroumari

Hervé Marcel Ouedraogo

Union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA)

Abstract

The West African Economic and Monetary Union (UEMOA) has initiated a regional irrigation development program in the Office du Niger (ON) area. The program is in line with the regional agricultural policy, and aims to strengthen regional economic integration and improve food security by facilitating the access of citizens of UEMOA member states to the ON zone. This paper describes the planning and implementation related to the development of 2,714 ha of land in the Touraba sector of the ON, including an irrigation scheme with a cultivable area of around 1,850 ha. Both gravity and sprinkler irrigation facilities will be installed and a variety of crops, including rice, maize, wheat, potato, onion and other horticulture crops, will be cultivated. The scheme will accommodate three types of beneficiaries: (a) local smallholder farmers who will receive landholdings of 4 to 5 ha; (b) private entrepreneurs with sufficient technical and financial capacity will get 10 to 20 ha each; and (c) large-scale investors capable of creating agricultural enterprises will be allocated 30 to 60 ha blocks. The modalities of reimbursement for each beneficiary category were determined by running simulations of projected farm budgets and rates of return under different scenarios of crops and land extents cultivated. Smallholders are expected to repay the costs of tertiary and field-level facilities as well as the accompanying socioeconomic infrastructure. The others will, in addition, repay the cost of the secondary-level facilities. Repayment periods vary from 8 years for the smallholders to 5 to 8 years for the other categories.

I. Contexte et historique du projet

L'Office du Niger (ON) en tant que zone et structure d'irrigation, a été créé en 1932 pour la mise en valeur d'un immense potentiel de production afin de couvrir l'essentiel des besoins en coton des industries textiles de la France d'Outre-mer, tout en servant de grenier à l'Afrique Occidentale et de lieu d'innovations techniques et sociales.

Les objectifs étaient très ambitieux avec plus d'un million d'hectares à aménager en 50 ans. Cet immense potentiel d'irrigation se situe dans le delta intérieur du fleuve Niger à partir du barrage de Markala et ses annexes dont la mise en service date de 1947.

La culture du coton a été abandonnée au profit de celle du riz en 1970 par le Mali pour faire face à la problématique de la sécurité alimentaire ; la culture du riz s'étend sur une superficie de 85

000 ha y compris celles exploitées hors casiers et 21% de superficie sont exploitées en riz et 9% en cultures maraîchères de diversification (oignons/échalotes, pomme de terre, tomate, patate douce).

L'évolution la plus pertinente est celle de l'intensification de la production agricole avec une augmentation constante du rendement du riz. Le rendement moyen est passé de 2,30 T/ha en 1987/88 à 6,10 T/ha en 2005/2006. La production annuelle de paddy a progressé rapidement pour atteindre 492 255 tonnes en 2005/2006. Cette production représente environ 52% de la production nationale (940 374 tonnes) et couvre 57% des besoins en riz du Mali estimés à 864 536 tonnes de paddy en 2005/2006.

Au-delà du contexte national qui bénéficie des retombées des actions de valorisation des terres de l'Office du Niger, cet immense potentiel disponible est perçu au niveau régional comme une opportunité intéressante d'intégration économique. L'ON produit près du quart de la production rizicole de l'UEMOA (450 000 tonnes sur 2,1 millions de tonnes en 2004/2005).

C'est ce qui justifie que l'Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA), qui constitue un des principaux espaces d'intégration économique régionaux, s'est proposée de participer à la mise en valeur des terres de l'Office du Niger à concurrence de 5500 Hectares (projet initial) en accord avec le Gouvernement de la République du Mali.

II. Planification du projet UEMOA

L'Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) est un organisme sous-régional créé en 1994 et compte aujourd'hui huit États membres (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée Bissau, Mali, Niger, Sénégal et Togo).

Elle a pour objectifs entre autres de constituer un espace socio-économique commun, intégré et viable. L'espace UEMOA représente 75 millions d'habitants (30 % de la sous-région Afrique de l'Ouest) et s'étend sur 3,5 millions de km².

Elle participe à hauteur de 33 % au Produit Intérieur Brut de l'Afrique de l'Ouest et son secteur agricole, base des économies nationales, emploie environ 65 % de la population active.

Du point de vue économique, les objectifs assignés à l'UEMOA de par son traité de création portent sur :

1. le renforcement de la compétitivité des activités économiques et financières des États membres dans le cadre d'un marché ouvert et concurrentiel et d'un environnement juridique rationalisé et harmonisé;
2. la recherche de convergence des performances et des politiques économiques par la surveillance multilatérale;
3. la création entre les États membres d'un marché commun basé sur la libre circulation des personnes, des biens et des capitaux et des droits d'établissement;
4. l'institution d'une coordination des politiques sectorielles nationales par la mise en œuvre d'actions communes et éventuellement des politiques communes (dont la Politique agricole commune); et
5. l'harmonisation des législations des États membres et particulièrement du régime de la fiscalité.

L'UEMOA a adopté depuis sa création une série d'actes additionnels au Traité,

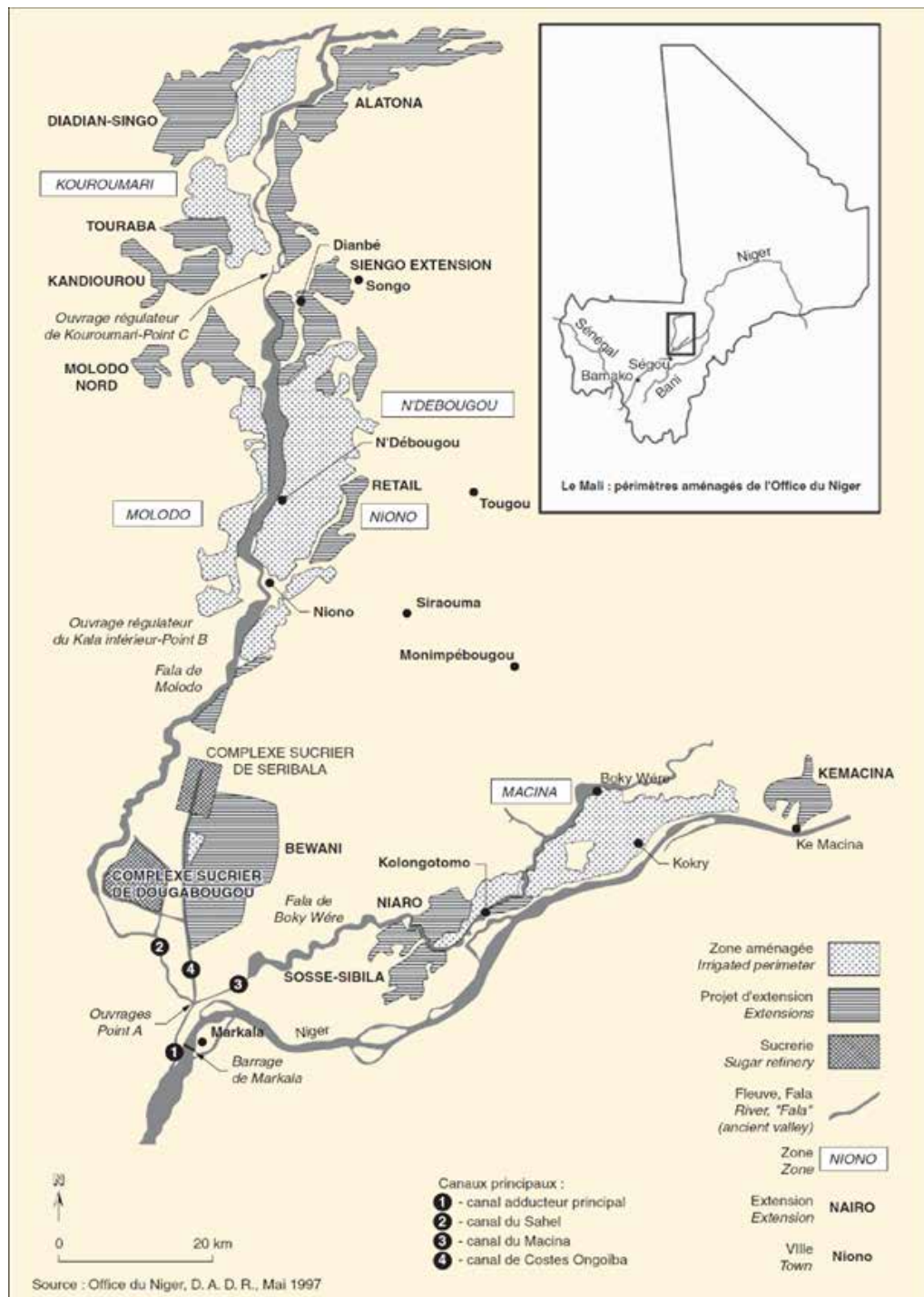
de règlements et de directives. Elle œuvre à la coordination des politiques nationales sectorielles, ainsi qu'à l'harmonisation des législations et du régime fiscal et a mis en place un certain nombre d'outils, dont l'Union douanière en janvier 2000. Elle a élaboré plusieurs politiques sectorielles communes, dont la Politique agricole de l'Union (PAU), adoptée en 2002 par la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement.

Dans le cadre de la mise en œuvre de cette politique, L'UEMOA a initié le «Programme Régional de mise en valeur des terres de l'Office du Niger» l'objectif de ce programme est de renforcer l'intégration économique de l'espace UEMOA et la sécurité alimentaire des populations en facilitant l'accès de la zone de l'ON aux ressortissants des États membres.

Le projet régional dans sa formulation initiale portait sur 5500 ha, mais il a évolué au cours de son processus de mise en œuvre. C'est ainsi que, les études de faisabilités sont en cours sur une superficie de 11 288 ha répartie entre Kandiourou 9 114 ha et Touraba 2174 ha.

La figure 1 montre la localisation de ces zones d'intervention.

Figure 1 : Localisation des zones du projet



III. Résumé du projet de Touraba

Dans le cadre de la mise en œuvre de sa « Politique Agricole Commune », l'UEMOA a sollicité auprès du Gouvernement du Mali la mise en valeur de terres de l'Office du Niger.

L'attribution des périmètres de Touraba et de Kandiourou, sous la forme d'un bail emphytéotique au profit de l'UEMOA a été autorisée par le Décret N° 141/07/P-RM du 23 avril 2007.

Une convention établie entre le Gouvernement du Mali et l'UEMOA, précise les conditions d'attribution des deux parcelles de terrain ainsi que les rôles et responsabilités des acteurs impliqués dans leur aménagement et mise en valeur.

Cette convention indique que le bail emphytéotique est conclu pour une durée de cinquante (50) ans, renouvelable par accord exprès des parties au contrat.

Cette politique a un triple objectif global :

- contribuer de manière durable à la satisfaction des besoins alimentaires de la population;
- contribuer au développement économique et social des États membres;
- faire de l'UEMOA un espace unifié et ouvert au profit d'une population solidaire.

Le casier de Touraba est situé dans la zone du Kouroumari qui est l'une des six zones de production de l'Office du Niger, dans la commune rurale de Sokolo. Le casier couvre une superficie brute de 2174 ha actuellement occupés par :

- Deux villages (Hassana-Wéré et Kouranébougu), dont l'origine remonte aux années cinquante, essentiellement habités par des peulhs (ethnie dominante) qui totalisent une population de 819 habitants (dont 46,36% d'hommes et 53,64% de femmes) répartis entre 143 familles ;
- Des exploitations en hors casiers (aménagements sommaires aux abords des périmètres aménagés de l'ON) dont la superficie est de l'ordre de 200 ha ;
- Une végétation naturelle composée d'arbres, arbustes et broussailles.

Le casier de Touraba sera alimenté en eau à partir de l'adducteur primaire de Sokolo, lui-même dérivant du 2^{ème} bief du Fala de Molodo qui constitue un des principaux systèmes hydrauliques de l'Office du Niger. La superficie brute du casier est de 2 174 ha et ce casier présente de réelles potentialités d'ordre technique et socio-économique pour l'aménagement hydro-agricole et la mise en valeur d'un périmètre irrigué dont la superficie nette est d'environ 1850 ha.

Sur le **plan technique**, le casier offre des opportunités qui se résument à :

- L'existence de ressources en eau grâce aux infrastructures hydrauliques principales de l'Office du Niger (barrage de Markala et ouvrages connexes)
- L'existence de terres ayant de bonnes aptitudes à l'irrigation ;
- Une topographie très favorable à l'aménagement de périmètres irrigués;
- La grande expérience de l'Office du Niger en matière d'aménagement et de gestion de périmètres irrigués

Sur le **plan socio-économique**, les principales opportunités offertes sont

- La disponibilité dans la zone du Projet d'une population ayant une grande expérience en matière d'exploitation et de mise en valeur de périmètres irrigués;
- Une prédisposition de la population à participer activement à la mise en œuvre du futur projet ;
- La disponibilité d'un environnement économique favorable (marchés de consommation) ;
- L'accessibilité facile grâce à l'existence de voie de transport en très bon état (routes bitumées des centres urbains jusqu'à la zone du Projet).

Cependant, on peut noter l'existence de certaines contraintes d'ordre technique et socio-économique dont il convient de tenir compte pour assurer la pérennité du projet. Il s'agit essentiellement de :

- La faible disponibilité en eau en saison sèche pouvant contraindre à la réduction du taux d'intensification culturale (réduction des superficies en contre saison) si les extensions des périmètres sucriers atteignaient un certain niveau (15000 ha) ;
- La mise en œuvre du Projet d'aménagement de 16 000 ha dans le casier d'Alatona (situé dans la même zone de projet) pourrait constituer une concurrence sur la main d'œuvre locale.

Le périmètre aménagé accueillera 3 types d'exploitants :

- Des paysans autochtones qui seront attributaires de petites parcelles de taille unitaire variant entre 4 et 5 ha de superficie nette ;
- Des exploitants privés ayant une capacité technique et financière suffisante auront la possibilité d'exploiter des parcelles de taille unitaire 10 ou 20 ha de superficie nette ;
- Des grands investisseurs privés, ressortissants des pays membres de l'UEMOA, capables de créer des entreprises agricoles pourront exploiter des blocs de 30 à 60 ha (en combinaison de parcelles unitaires de 10 et 20 ha) de superficie nette. Ces entrepreneurs agro-industriels pourront expérimenter l'irrigation par aspersion à l'aide de pivot (2 unités de 30 ha et 1 unité de 70 ha) ou d'asperseurs (1 unité de 10 ha).

L'introduction du système d'irrigation par aspersion est une innovation ayant pour but essentiel de permettre :

- La diversification de la production par l'exploitation de culture pérenne (agrumes, bananier) et/ou céréalières à haute valeur ajoutée (maïs, blé) ;
- L'amélioration de l'efficacité d'irrigation permettant de réduire la consommation en eau et par conséquent d'augmenter le taux d'intensification agricole.

IV. Descriptif du casier hydraulique de Touraba

4.1 Le climat et les ressources en eau

La zone du projet se situe dans le régime climatique de type sahélien caractérisé par l'alternance de deux saisons distinctes :

- Une saison de pluie de courte durée s'étalant de juin à septembre ;
- Une saison sèche de longue durée s'étalant d'octobre à janvier (période fraîche et sèche) et de février à mai (période chaude et sèche).

La pluviométrie moyenne annuelle s'élève à 444 mm. Près de 95% des précipitations ont lieu pendant la saison des pluies.

L'alimentation en eau de surface de la zone du Projet est assurée par le fleuve Niger grâce aux infrastructures hydrauliques primaires de l'Office du Niger. Il s'agit du barrage de Markala qui permet la régulation du plan d'eau du Niger et la dérivation de débit prélevé dans le canal adducteur, puis le canal du Sahel et ensuite le Fala de Molodo d'où part le canal adducteur de Sokolo alimentant la zone du Projet.

4.2. Les infrastructures d'alimentation en eau des casiers hydrauliques

L'alimentation en eau de surface de la zone du Projet est assurée par le fleuve Niger grâce aux infrastructures hydrauliques primaires de l'Office du Niger. Il s'agit du barrage de Markala qui permet la régulation du plan d'eau du Niger et la dérivation des débits prélevés par la suite dans le canal adducteur, puis les canaux des systèmes hydrauliques du Sahel, du Macina et du Costes-Ongoiba. Les principales infrastructures hydrauliques de base de l'Office du Niger sont décrites ci-après :

Le barrage de Markala : construit en 1947 au droit de la ville de Markala ; c'est un pont-barrage de dérivation qui a pour but de relever le plan d'eau du Niger à l'amont à des cotes comprises entre 300,54 et 299,04 m afin de permettre l'irrigation gravitaire des périmètres de l'Office du Niger en rive gauche du fleuve Niger.

Le canal adducteur principal : canal en terre, d'une longueur de 9 km, qui dérive directement, sans ouvrage de prise les eaux d'irrigation à partir de la retenue du Barrage de Markala. Sa capacité est estimée à 200 m³/s. Il conduit les eaux au point A d'où partent les trois canaux qui alimente les systèmes hydrauliques de l'Office du Niger :

- *Le canal du Sahel*, d'une capacité d'environ 100 m³/s et de longueur 24 km, débitant dans le bras mort du fleuve Niger appelé «Fala de Molodo» et qui alimente les zones de production de Niono, Molodo, N'Débougou et du Kouroumari.
- *Le canal Costes-Ongoiba* qui alimente les complexes sucriers de Siribala et de Dougabou et la zone de production de M'Bewani.
- *Le canal du Macina* qui se prolonge dans le bras mort du fleuve Niger appelé « Fala de Boky-Wéré » également endigué pour transiter les eaux du système hydraulique du Macina.

4.3. Les aménagements

Les aménagements hydro-agricoles en dans l'Office du Niger sont composés des périmètres irrigués à maîtrise totale de l'eau par gravité et des zones hors casiers.

D'après le tableau 1 on observe qu'actuellement les périmètres irrigués aménagés de l'ON sont estimés à 85.765 hectares. Les hors casiers sont des aménagements (de fortune) sommaires réalisés par les paysans et irrigués à partir du réseau de l'Office du Niger. Ils sont estimés actuellement à environ 20.780 ha.

Tableau 1 : Superficies aménagées dans l'Office du Niger¹

Zone	En Casier (ha)	Hors Casier (ha)	Total (ha)
Niono y compris Bèwani	23.820	5.389	29.209
Molodo	8.593	3.610	12.203
N'Débougou	12.265	436	12.701
Kouroumari	15.518	3.629	19.147
Macina	18.338	2.366	20.704
Kolongo	1.150	0	1.150
SUKALA	5.976	1.350	7.326
ORS		4.000	
Autres	105	0	105
Total	85.765	20.780	106.545

4.4. Le réseau hydraulique

Le réseau primaire d'alimentation en eau du système Sahel a une capacité d'environ 190 m³/s, soit 40 m³/s en-deçà de sa capacité nominale, en raison de l'envahissement des canaux par des herbes, leur envasement ou encore le défaut d'entretien. Dans le cadre du programme MCA, le recalibrage du canal adducteur principal, du Fala de Molodo et des ouvrages hydrauliques associés permettront à l'avenir de lever partiellement cette contrainte en portant la capacité du réseau primaire à 280 m³/s.

Il existe également des systèmes hydrauliques de drainage pour chacun des six zones de production de l'ON mais ils sont déficients à cause entre autres de :

- manque d'exutoire et/ou de la faible capacité des zones de rejets ;
- de l'insuffisance des moyens financiers pour prolonger certains drains collecteurs jusqu'à leur exutoire définitif ;
- l'état de dégradation du réseau pour des causes diverses : végétation aquatique abondante, construction de franchissements de fortune, présence de seuil, mauvaises pratiques agro-pastorales dans et autour des drains.

4.5. Des aménagements en cours

Parmi les grands privés ayant engagés des gros montants, on note :

- Projet Alatona du MCC 16.000 ha dont 3.500 en cours d'exécution ;
- Malibya 100.000 ha dont 25.000 ha en cours d'exécution ;

¹ les données des tableaux sont tirées de plusieurs références citées dans le rapport de Schüttrumpf, Bökkers et Sangaré (2008).

- Projet UEMOA 11.288 ha dont 2.174 ha engagés pour les travaux ;
- CaneCo/SoSuMar (groupement Sud-Africain) 14.000 ha de canne à sucre avec des tests d'équipement en cours ;
- Société Sucrière du Kala Supérieur (Coopération Chinoise), SUKALA, 20.000 ha de nouveaux périmètres sucriers par la (SUKALA-Chine).

V. Aspects socio-économiques

La zone d'intervention est circonscrite à quatre localités comprenant un village, celui de M'Bentié et trois hameaux (Touraba, Hassana Wéré et Kuramebougou), inclura le village de Sokolo pour prendre en compte les exploitants de deux hors casiers situés dans le périmètre. Les populations autochtones directement concernées par le projet sont au nombre de 7078 et disposent de 745 exploitations familiales.

En tenant compte des espoirs et des attentes exprimées par les populations, le projet pour atteindre ses objectifs devra prendre en compte les mesures d'accompagnement ci-après, estimées à plus de 550 000 000 Francs CFA :

- L'attribution de superficie susceptible de couvrir les besoins de sécurité foncière et d'épanouissement socio-économiques des populations autochtones, notamment celles résidentes sur le site. La taille de 4 à 5 ha est recommandée pour les exploitations autochtones ;
- La construction d'infrastructures sociales : écoles, centre de santé, alimentation en eau potable ;
- La reconstruction des hameaux hors du périmètre afin de sécuriser les casiers contre les dégâts des animaux ;
- Le renforcement de la capacité organisationnelle et technique des exploitants qui bénéficieront de l'appui du projet ;
- L'aménagement du passage des animaux pour sécuriser les mouvements des animaux et prévenir les conflits ;
- L'alimentation en eau des baux situés en amont du périmètre, déjà attribués par l'ON et situ.

Il ressort des cartes d'aptitudes des sols à l'irrigation que:

- La double-culture du riz peut être pratiquée sur 1014 ha, soit environ 46% de la superficie du périmètre: ce système de culture peut constituer la forme prédominante de mise en valeur agricole des terres du périmètre, sous réserve de la disponibilité de la ressource en eau ;
- La culture céréalière de maïs, blé et de l'orge peut être pratiquée sur 1252 ha soit environ 57% de la superficie du périmètre ;
- La riziculture hivernale suivie du maraîchage en contre-saison et/ou autres cultures de diversification peut être recommandée sur 595 ha, soit 27 % des surfaces ;
- Environ 8 ha, soit 0.4 % des surfaces sont aptes à certaines cultures maraîchères et autres cultures de diversification (maïs, sorgho, pomme de terre) ;
- Environ 572 ha, soit 26% des terres, sont inaptes aux cultures céréalières irriguées ; la mise en place de zones boisées ou aux plantations fruitières (bananeraie, papayer) doit être la seule forme de valorisation à envisager.

VI. Aspects environnementaux

Des principales mesures de mitigation environnementales et sociales sont :

- Restauration du couvert végétal ;
- Appui à la valorisation des zones d'emprunt en mares et étangs piscicoles ;
- Mesures de suivi environnemental ;
- Mesures de lutte contre les plantes aquatiques ;
- Prévention et de lutte contre les maladies ;
- Appui aux communautés riveraines du périmètre ;
- Autres mesures d'accompagnement :
 - L'attribution de superficie de 4 à 5 ha est recommandée pour les exploitations autochtones ;
 - La construction d'infrastructures sociales : écoles, centre de santé, alimentation en eau potable ;
 - La reconstruction des hameaux hors du périmètre afin de sécuriser les casiers contre les dégâts des animaux ;
 - Le renforcement de la capacité organisationnelle et technique des exploitants qui bénéficieront de l'appui du projet ;
 - L'aménagement du passage des animaux pour sécuriser les mouvements des animaux et prévenir les conflits ;
 - L'alimentation en eau des baux situés en amont du périmètre, déjà attribués par l'ON et situ.

Les coûts des mesures environnementales et sociales suite à l'étude détaillée des différentes composantes sont estimés à **736,225 millions FCFA**.

VII. Schéma et variantes d'aménagement

7.1. Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau ont été évalués pour les cultures pratiquées et pour celles dont l'introduction est envisagée sur la base d'une pluviométrie quinquennale sèche. Il s'agit des cultures ci-après : riz ; cultures maraîchères (échalote, tomate, gombo....) ; maïs ; blé ; agrumes ; bananier (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Besoins en eau des cultures

Cultures	Besoin en eau net (m ³ /ha)		Besoin en eau brute (m ³ /ha)		Débit fictif continu (l/s/ha)	
	Hivernage	Contre-saison	Hivernage	Contre-saison	Hivernage	Contre-saison
Riz	8 978	12 939	12 469	17 971	2,28	2,81
Blé	670	4 216	931	5 856	0,75	1,08
Mais	1 421	4 937	1 974	6 857	0,47	1,12
Maraîchage		4 125		7 039		0,86
Agrumes		8 103		10 129		0,56
Bananier		8 482		10 602		0,72

Les résultats obtenus concordent avec les consommations courantes d'eau en zone ON qui s'établissent entre 14 000 et 18 000 m³/ha/campagne.

7.2. Le réseau d'irrigation et de drainage

Sur la base des besoins en eau les principales caractéristiques de l'aménagement sont :

- Une main d'eau, (quantité d'eau qu'un irriguant peut manier avec maîtrise), comprise entre 15 et 25 l/s. Chaque arroseur peut transiter au minimum une main d'eau ou un multiple de mains d'eau (maximum 4) ;
- Irrigation par rotation sur les tertiaires au niveau des prises de rigoles ;
- Une durée du tour d'eau qui dure 7 jours (6 jours d'irrigation et 1 jour d'entretien et/ou de repos);
- Un arroseur peut desservir un quartier d'irrigation de 30 ha quand il est mono-latéral et jusqu'à 60 ha au maximum dans le cas où il est bilatéral.

Le réseau de drainage consiste en :

- un drain principal ;
- un réseau de drains secondaires (drains de partiteurs) ;
- un réseau de drains tertiaires (drains d'arroseurs) ;
- un réseau de drains quaternaires (les rigoles d'irrigation assurent également le drainage des parcelles).

7.3. Les équipements d'irrigation par aspersion

Les équipements d'irrigation seront installés par les privés eux-mêmes. Ils seront alimentés en eau à partir du réseau principal. Ces équipements comprennent:

- Un pivot d'une superficie unitaire de 70 hectares ;
- Deux pivots de superficie unitaire de 30 hectares ;
- Deux KIT d'aspenseurs (classique de 18x18) de superficie unitaire de 10 ha.

7.4. Aménagement du couloir de transhumance

Un axe de transhumance d'une largeur minimale de 1 km est réservé entre le casier de Touraba et celui de Kandiorou. Au droit du casier de Touraba il a une longueur d'environ 16 km.

VIII. Strategie de mise en valeur

8.1. Systèmes de cultures

Sur 2.189 ha cartographiés, 1.609 ha sont aptes à être irrigués. La riziculture peut être pratiquée sur près de 1.000 hectares mais en hivernage sur près de 600 hectares. Près de 600 hectares devront être consacrés à l'arboriculture du fait de leur aptitude aux cultures céréalières.

Les systèmes suivants sont proposés :

- Polyculture « riz, blé » ;
- Riz en hivernage sur l'ensemble des parcelles rizicultivables avec un démarrage de la campagne en juin pour la finir en début octobre ;

- Blé en contre saison froide à partir du 15 octobre ;
- La production de pomme de terre à partir du mois de novembre ;
- La production d'oignon à partir de mi-septembre/début octobre ;
- La double culture de riz en contre saison froide d'octobre à février ;
- Polyculture avec grandes cultures de rente pour le système d'irrigation par aspersion, avec des cultures à fortes valeurs ajoutées, avec une forte demande seront privilégiées : maïs, gombo, arachide en saison et le blé, l'échalote/oignon, les choux et la pomme de terre en saison froide. En hivernage il s'agira d'irrigation d'appoint et de complément en début de saison avant l'installation des pluies et en cours lors des périodes de sécheresse.
- Polyculture avec irrigation goutte à goutte, arboriculture, cultures annuelles, les agrumes et les manguiers.

8.2. Matériel végétal

- Matériel végétal à cycle moyen de 135 jours du type Gambiaka Suruni ;
- Nouvelles variétés de Nerica irrigué qui apparaissent actuellement, avec leur cycle plus court et les bons niveaux de rendement ;
- Variétés à cycle court type Nionoka (AD) et Wat 310 ;
- Les cultures maraîchères, y compris l'échalote, tomate ;
- Introduction de la culture du blé, la pomme de terre ;
- Les cultures à croissance rapide (melon, concombres).

8.3. Gestion de la fertilité des sols

A l'exception des sols des cuvettes de décantation, les sols étudiés sont caractérisés par un faible développement structural qui induit et laisse craindre :

- un risque de battance ;
- de très faibles teneurs voire une carence en matière organique ;
- une carence en éléments minéraux directement assimilables (NPK) ;
- un déséquilibre ionique parfois observé lié soit aux teneurs en Mg échangeables ou en K ;
- une forte acidité, un début de développement de l'alcalinité.

Il est nécessaire de prévoir des actions correctives.

8.4. Facteurs de production et crédits agricoles

Pour les exploitations familiales les besoins portent sur une chaîne de culture attelée (charrue, herse, 3 bœufs de labour) complétée par une charrette asine par exploitation. Les équipements post-récolte comme les batteuses et les décortiqueuses devront être acquis de façon communautaire au prorata de la taille du village, pour permettre en un mois de dégager les parcelles de riz.

Pour les exploitations privées, les besoins seront identifiés dans le business plan et introduits auprès des structures d'accompagnement identifiées pour financement.

L'insuffisance du système de crédit est à l'origine du manque d'équipements et de l'incapacité des producteurs de réguler le marché. Pour une meilleure dynamique de la filière riz,

un système efficace de crédit, qui assure la couverture des besoins spécifiques et qui permette le recouvrement des créances, sera mis en place.

8.5. Budget cultures

Types d'exploitations	Charge totale (FCFA)	Valeur totale (FCFA)	Marge (FCFA)
Exploitation 4 ha	3 525 575	10 526 775	7 001 200
Exploitation 10 ha	9 266 875	30 341 900	21 075 025
Exploitation 20 ha	18 217 000	66 433 250	48 216 250
Exploitation 30 ha	26 015 625	100 874 750	74 859 125
Exploitation 60 ha	54 282 500	179 684 250	125 401 750

8.6. Actions complémentaires d'appui aux aménagements hydro-agricole

La riziculture avec maîtrise totale est une nouvelle activité dans la zone de Touraba, même si l'on a noté une pratique de la production rizicole dans les hors casiers Cette situation demande que les efforts sur le transfert de technologies et des connaissances soit, tout comme l'aménagement physique, une priorité.

L'appui conseil permettra aux nouveaux riziculteurs d'avoir une maîtrise des techniques de production et de la gestion de l'eau et de disposer d'une bonne organisation et d'un renforcement des capacités de gestion financière des organisations de producteurs et de productrices.

La maîtrise technique passera par la diffusion progressive des thèmes techniques sur la production du riz et des cultures de diversification :

- la production de semences sélectionnées;
- la gestion intégrée de la fertilité des sols et des cultures (GIFS/GIC) ;
- la conduite de la pépinière ;
- le repiquage ;
- le suivi des itinéraires techniques.

IX. Analyse économique et financière

9.1 Schéma de mise en valeur

La présente analyse est basée sur les données agronomiques et les données d'aménagement de l'étude de faisabilité de Touraba (Groupement HYDRO-PACTE/BETICO Ingénieurs Conseil). Un Taux d'Intensité Culturelle (TIC) de 150% a été retenu comme hypothèse de base pour les calculs de rentabilité.

Le schéma de mise en valeur est structuré autour de 5 types d'exploitations et des cultures en saison et contre saison conformément au tableau 3 qui suit :

Tableau 3 : Schéma typique de mise en valeur

Type d'exploitation	Superficies (ha)	Système de cultures								
		Saison des pluies				Saison sèche			Toutes saisons	
4 ha	350	Riz	Maïs, blé, pomme de terre, oignon			Pisciculture				
10 ha	300	Riz, gombo	Maïs, blé, arachide, pomme de terre, gombo, oignon			Pisciculture				
20 ha	540	Riz, gombo	Maïs, blé, pomme de terre			Pisciculture				
30 ha	420	Riz, maïs	Maïs, blé, pomme de terre, arachide			Pisciculture				
60 ha	240	Riz	Maïs, blé, pomme de terre, gombo, oignon			Pisciculture				
Total	1 850									

Exploitation	Saisons	Cultures								Total(ha)	TIC
		Riz	Maïs	Blé	Arac	P d terre	Gomb	Oignon	Piscic.		
4 ha	Pluie	3,80							0,20	4,00	
	Sèche		0,50	0,60		0,50		0,20	0,20	2,00	150
S/Total		3,80	0,50	0,60	0,00	0,50	0,00	0,20	0,40	6,00	
10 ha	Pluie	8,80					1,00		0,20	10,00	
	Sèche		0,50	0,80	0,50	1,50	0,50	1,00	0,20	5,00	150
S/Total		8,80	0,50	0,80	0,50	1,50	1,50	1,00	0,40	15,00	
20 ha	Pluie	18,00					1,68		0,32	20,00	
	Sèche		2,00	3,00	0,00	4,68			0,32	10,00	150
S/Total		18,00	2,00	3,00	0,00	4,68	1,68	0,00	0,64	30,00	
30 ha	Pluie	25,00	4,68						0,32	30,00	
	Sèche		4,68	5,00	1,00	4,00			0,32	15,00	150
S/Total		25,00	9,36	5,00	1,00	4,00	0,00	0,00	0,64	45,00	
60 ha	Pluie	59,50							0,50	60,00	
	Sèche		5,00	10,00		5,00	4,50	5,00	0,50	30,00	150
S/Total		59,50	5,00	10,00	0,00	5,00	4,50	5,00	1,0	90,00	

Office du Niger : Projet régional d'aménagement et de mise en valeur du casier de Touraba. Mémoire Technique - **Phase APS**

Le Taux de Rentabilité Interne Économique (TRIE) est de 8,88%.

Le Taux de Rentabilité Interne Financier (TRIF) des canaux revêtus est de 5,52%.

Exemples :

Pivot de 70 ha

Toute la surface sera mise en valeur en gombo en saison des pluies (70 ha) et en pomme de terre en saison sèche (70 ha).

Le Taux de Rentabilité Interne Économique (TRIE) est de 41,69%.

Le Taux de Rentabilité Interne Financier (TRIF) est de 31,42%.

Kit de 10 ha (gombo en hivernage et pomme de terre en contre saison)

Le Taux de Rentabilité Interne Économique (TRIE) est de 33,30%.

Le Taux de Rentabilité Interne Financier (TRIF) est de 25,29%.

9.2 Capacités de remboursement des exploitations

L'analyse des capacités de remboursement des exploitations est faite sur la base des hypothèses suivantes :

- les exploitations communautaires (4 ha) remboursent les coûts des aménagements tertiaires et quaternaires et les infrastructures socio-économiques à 100%, les frais d'installation et de services liés aux réseaux tertiaires et quaternaires ;
- les autres exploitations de type commercial (10, 20, 30 et 60 ha) remboursent tous les frais liés aux réseaux secondaires, tertiaires et quaternaires : à ce titre, les bénéficiaires doivent être suffisamment sécurisés avec des Titres Fonciers ou des Certificats Fonciers.

Le montant disponible pour le remboursement des investissements pour chaque type d'exploitation est déterminé par la déduction des besoins nécessaires au fonctionnement des exploitations des marges d'exploitation respectives. Les délais de remboursement sont d'environ 8 ans pour les exploitations communautaires et de 5 à 8 ans pour les exploitations de type commercial. Les détails des délais sont présentés dans le tableau 4 qui suit :

Tableau 4 : Schéma de remboursement pour chaque type d'exploitation

Rubriques	4 ha	10 ha	20 ha	30 ha	60 ha
Montant à rembourser (FCFA)	4 941 498	30 417 122	60 634 245	90 551 367	180 752 735
Montant disponible (FCFA)	658 080	5 576 616	11 677 079	12 452 423	33 102 334
Délai de remboursement (ans)	7.51	5.45	5.19	7.27	5.46

X. Conclusions

L'une des menaces les plus graves qui minent actuellement le développement économique et social de l'Afrique est le changement climatique. Ce phénomène, qui a des causes à la fois naturelles et anthropiques, impacte négativement tous les secteurs de développement des pays de la sous-région.

Dans les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, les effets du changement climatique se traduisent par la baisse de rendement des productions végétales, animales et halieutiques due à la modification du régime des pluies, aux longues sécheresses, à la diminution drastiques des ressources en eau, à l'invasion acridienne, à la réduction des pâturages, à l'accentuation de la désertification et de la dégradation des sols, etc.

L'UEMOA a adopté en décembre 2001, la Politique Agricole de l'Union (PAU) et en janvier 2008, la Politique Commune d'Amélioration de l'Environnement (PCAE). Le

Programme triennal de mise en œuvre de la politique environnementale a inclus dans ses priorités la réalisation d'un Programme régional d'adaptation aux changements climatiques dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture.

Ainsi, dans le cadre du plan de travail 2010, il est envisagé la réalisation d'environ 1000 ha de cultures irriguées dans chaque État membre de l'UEMOA. Les réalisations de l'UEMOA à l'Office du Niger, s'inscrivent dans ce sens. Le choix de canaux revêtus est une réponse directe à l'amélioration de l'environnement et de l'adaptation au changement climatique. Les aménagements contribueront à rétablir les potentiels productifs identifiés, en vue du renforcement de la sécurité alimentaire dans l'espace UEMOA.

Le besoin en riz en zone UEMOA a été estimé par le CILSS en 2008/2009 à 265 000 tonnes. Sur la base d'un rendement moyen de 5.5 tonnes par ha, il faudra aménager en maîtrise d'eau, l'équivalent de près de 50 000 ha, mobiliser 1.5 milliards de m³ d'eau complémentaire. Nous pensons qu'une bonne planification assortie d'une exploitation raisonnée du potentiel de nos ressources naturelles peut permettre d'atteindre cet objectif en cinq années.

References

- Office du Niger (n.d.) Projet régional d'aménagement et de mise en valeur du casier de Touraba. Mémoire Technique - Phase APS
- Schüttrumpf, R., Bökkers, T., et Sangaré, A. 2008. Analyse du potentiel d'irrigation lors de la saison sèche dans la zone de l'Office du Niger, Rapport final, Office du Niger, Ministère de l'Agriculture, République du Mali

Situation de l'irrigation au Bénin

Félix Gbaguidi

Direction du Génie rural

Abstract

The irrigation sector in Benin is relatively recent and modest, covering about 23,000 ha, which is around 7% of an estimated irrigation potential of over 300,000 ha. The main irrigated crops are sugarcane, horticulture and rice. One striking feature is that about 12,000 ha (i.e., over 50 %) of irrigated area have been developed without any state intervention. Furthermore, about two-thirds of all irrigation systems are less than 50 ha in size. This paper notes that individual private irrigation systems (often less than 1 ha in size) perform better than public schemes, thus underpinning the ongoing emphasis on the promotion of small-scale private irrigation. Irrigation development is being pursued within the framework of the country's Strategic Plan for Revitalizing the Agriculture Sector (PSRSA), and several donor-funded irrigated agriculture development projects are currently underway or planned. Among the activities undertaken are the rehabilitation of existing schemes, construction of new reservoirs and the development of inland valleys ('bas-fonds'). As part of its overall land and water development program, Benin is also implementing an integrated water resources management (IWRM)-centered water policy, adopted in 2009, which notably has provision for devolution of water management to decentralized local-level authorities.

I. Géographie, Climat, Population et Economie

1.1. Géographie

La République du Bénin est un pays de l'Afrique de l'Ouest situé entre 0°45' et 3°50' de longitude Est et entre 6° et 12°30' de latitude Nord. D'une superficie de 114 763¹ km² (Rapport de l'Institut Géographique National, ayant en charge la délimitation des frontières avec les pays limitrophes) elle est limitée par l'Océan Atlantique au Sud et partage ses frontières terrestres avec le Togo à l'Ouest, le Burkina Faso au Nord-Ouest, le Niger au Nord et le Nigéria à l'Est.

¹ La superficie officielle actuelle du Bénin est de 114 763 km² contre 112 620 km² ou 112 622 km² qu'on peut lire dans les anciens documents. Cette évolution vient de la combinaison de 2 faits, à savoir la performance des instruments et des techniques de mesure et de planimétrie et la poursuite des travaux de délimitation des frontières héritées de la colonisation avec les pays limitrophes. Toutes les données chiffrées sur la République du Bénin faisant intervenir la superficie du pays sont déterminées ou calculées sur la base de ce chiffre.

Le pays compte douze (12) départements subdivisés en soixante-dix-sept (77) communes, 546 arrondissements et 3 743 villages et quartiers de ville. Cinq régions géographiques caractérisent le relief du Bénin : (i) la plaine côtière sablonneuse, dont l'altitude n'excède guère 10 mètres ; (ii) la zone de plateau intermédiaire, argilo-sableuse dite zone de terre de barre, dont l'altitude varie entre 20 et 200 m; (iii) la pénéplaine granito-gneissique au centre qui correspond à la zone des collines et dont les altitudes moyennes varient entre 250 et 300 m ; (iv) le massif de l'Atacora (400 m à 700 m d'altitude) localisé dans le Nord-Ouest, d'où plusieurs cours d'eau prennent leurs sources ; (v) enfin les plaines sédimentaires du Nord qui descendent progressivement vers le cours principal du fleuve Niger dont le lit est à une altitude moyenne de 160 m.

La couverture végétale est relativement uniforme. La savane arborée très dégradée par endroits s'étend du Nord jusqu'à environ 50 km de la côte et fait place au Sud à des forêts denses résiduelles qui alternent avec des îlots de forêts denses décidues et semi-décidues.

Le pays est subdivisé en huit (08) grandes zones écologiques² sur la base des critères de la nature des sols, du climat et de la végétation. Il s'agit de : (i) zone extrême Nord-Bénin, ii) zone cotonnière du Nord-Bénin, iii) zone vivrière du Sud Borgou, iv) zone Ouest-Atacora, v) zone cotonnière du Centre Bénin, vi) zone des terres de barre, vii) zone de dépressions, viii) zone des pêcheries. Ces différentes zones agro-écologiques ont des aptitudes culturelles variées et plus ou moins spécifiques.

Les terres arables comprennent les terres affectées aux cultures temporaires, aux prairies temporaires et aux cultures permanentes. Elles totalisent 2 420 000 ha sur une superficie totale des terres cultivables de 6 185 000 ha.

Conformément aux résultats des études pédologiques anciennes réalisées par l'ORSTOM et le Laboratoire des Sciences du Sol de l'Eau et de l'Environnement (LSSEE), les différents types de sols rencontrés au Bénin sont :

- **les sols minéraux bruts**: rencontrés principalement sur les versants de l'Atacora et dans le centre
- **les sols peu évolués**: sols minéraux bruts rencontrés dans l'Atacora, les sols d'apport sur sables marins du littoral et sur alluvions récentes le long du cours aval des fleuves Ouémé et Mono
- **les vertisols et sols hydromorphes**: rencontrés un peu partout en particulier dans le Nord du pays (régions bassin du Niger et de la Pendjari) et au Sud (plaines inondables du Couffo, Mono et de l'Ouémé)
- **les sols à sesquioxydes**: comprennent les sols ferrugineux tropicaux et les sols ferralitiques qui représentent 75% de la superficie totale du Bénin.

² En réalité, les différentes zones agro-écologiques actuelles, de par leur délimitation, leur répartition spatiale et leur caractérisation ne semblent pas être des entités suffisamment homogènes sur le plan du climat, du relief, de la végétation et des aptitudes culturelles. Les critères de découpage demeurent largement perfectibles et méritent d'être mieux affinés pour permettre de délimiter des zones agro-écologiques présentant des caractéristiques techniques similaires suffisantes pour appartenir à une même classe. Des actions de classification doivent se poursuivre au niveau de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), auteur du découpage actuel, pour affiner la classification existante sur des bases plus rationnelles et plus techniques.

1.2 Climat

Hormis quelques spécificités, le Bénin est divisé en trois grandes zones climatiques :

- une zone subéquatoriale dans le sud (entre les parallèles 6° 30' et 7° N) de régime climatique bimodal à quatre (04) saisons (deux saisons de pluies et deux sèches);
- une zone soudano-guinéenne de transition, localisée au centre du pays entre les parallèles 7° et 10° N à régime climatique à cheval sur les régimes uni-modal et bimodal ;
- une zone soudanienne semi-aride au-delà de la latitude 10° N caractérisée par un régime climatique uni-modal à deux (02) saisons (une sèche et une pluvieuse).

Les mêmes résultats indiquent que la latitude 10°N pourrait être considérée comme une frontière naturelle au-delà ou en deçà de laquelle les cultures vivrières sont respectivement peu irriguées ou suffisamment irriguées. En effet, l'apparition des périodes sèches de durée entre 5 et 15 jours en pleine saison pluvieuse est beaucoup plus préjudiciable aux cultures vivrières au-delà qu'en deçà de cette latitude.

Des travaux effectués au Bénin sur la base des rapports existants et des données provenant de 93 stations climatologiques pour la période 1961-1990 par IMPETUS (2000-2007), révèle que les pluies moyennes annuelles varient entre 1485 mm et 1000 mm au Sud et entre 1309 mm et 787 mm au Nord. Par ailleurs, d'après la même source, toutes les régions du Bénin connaissent une variabilité climatique perceptible avec une variabilité interannuelle plus forte au sud³.

1.3. Population

En 2008, la population du Bénin était estimée à 7,4 millions d'habitants soit une densité moyenne de 64 habitants/km cachant d'importantes disparités marquées par le Sud surpeuplé abritant plus de 60% de la population sur environ 20% du territoire national. La densité moyenne de la population dans cette zone sud du pays est supérieure à 300 hbts/km². Elle dépasse 700 hbts/km² dans les principales villes et à Cotonou, elle dépasse 8000 hbts/km². Le taux de croissance annuel enregistré est de 3,18%. Par ailleurs 41,81% vivent en milieu urbain contre 58,19 % en milieu rural en 2007. La pauvreté alimentaire atteignait 14% de la population en 2003, et selon l'enquête modulaire intégrée sur les conditions de vie (EMICOV 2006), 40,3% des béninois vivent en dessous du seuil de pauvreté. La population est essentiellement jeune avec 44,1% âgés de moins de 14 ans.

1.4. Economie

Le PIB du Bénin est estimé à 5,428 milliards de \$ US en 2007 avec un taux réel moyen annuel de croissance économique qui a été de 3,3% sur la période 2003-2005. Le secteur agricole a contribué pour 25,2% à la constitution du PIB national en 2007. Les proportions des hommes et femmes actives dans l'agriculture sont respectivement de 28,18 % et 17,14 % soit 45,32%

³ Les informations et les données sur le climat varient sensiblement en fonction des sources. On peut, dans le cas d'espèce, admettre que les résultats d'IMPETUS peuvent mieux traduire la réalité dans la mesure où elles proviennent des travaux de recherche et d'une analyse critique de la documentation exploitée. Il reste par ailleurs entendu que ces données sont fortement dépendantes des périodes d'observation.

d'actifs agricoles. Par ailleurs, les investissements dans l'agriculture s'estiment à 14,56% du Budget du MAEP en 2006 avec un budget de fonctionnement estimé en moyenne à 2,86% des dépenses de fonctionnement global au plan national. Ce secteur concerne 550.000 exploitants agricoles à 95% analphabètes et fournit 70% des emplois.

Au plan vivrier, le pays produit principalement le maïs, le manioc, le sorgho/mil, l'igname, le niébé et l'arachide et dans une moindre mesure le riz qui fait l'objet d'une demande croissante et d'une importation massive (378.000 T en 2005). Les besoins de consommation interne sont estimés à 60 000 t/an et le surplus des importations est réexporté vers les pays limitrophes, surtout le Nigéria.

Bien que globalement, l'évolution du bilan vivrier (maïs, manioc, igname) sur la période 1994-2005 dégage un solde vivrier excédentaire, le taux moyen annuel d'accroissement de la production demeure inférieur à celui de l'accroissement de la population estimé à 3,25% au cours de la même période. Cette situation couplée avec l'instabilité et le caractère aléatoire de la production dont la courbe d'évolution à l'allure d'une sinusoïde, rend très précaire l'autosuffisance alimentaire et fait de la sécurité alimentaire un objectif encore lointain. C'est par ailleurs grâce à des importations en constante augmentation que les besoins en riz, viande, lait et produits laitiers sont couverts.

S'agissant des systèmes agricoles, c'est une agriculture presque exclusivement pluviale, extensive et diversifiée. Les terres équipées à des fins d'irrigation représentent moins de 6,73% du potentiel irrigable disponible et celles exploitées réellement sous irrigation représentent moins de 0,85% des superficies annuellement emblavées estimées à 2 179 786 ha par la DPP/MAEP pour la campagne agricole 2008-2009.

La prévalence du VIH/SIDA qui touche environ 2% de la population du pays ralentit son développement socio-économique en réduisant la force de travail disponible entraînant une distraction des ressources financières pour la prise en charge des malades et en augmentant les charges pour la santé au niveau des familles.

II. Ressources en eau et potentiel irrigable

2.1. Ressources en eau

Comme déjà souligné, du Nord au Sud du Bénin, le climat passe progressivement du type tropical continental à une saison des pluies au type subéquatorial à deux saisons des pluies. La saison pluvieuse s'étend sur 5 mois dans le Nord et sur 6 à 7 mois dans le Sud et la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 700 mm et 1400 mm. Cependant, cette pluviométrie est insuffisante pour obtenir des rendements élevés et constants des cultures et il faut utiliser les ressources en eau de surface et souterraines pour compléter les apports d'eau aux plantes :

- Dans le nord du pays, le climat à une seule saison des pluies est analogue à celui du centre-sud du Burkina Faso ou du Mali et les rendements des cultures restent fortement dépendants de la pluviométrie ; en particulier, même en simple culture de bas-fond, le rendement du riz paddy augmente de plus de 2,0 t/ha ;
- Dans le sud du Bénin, tout se passe comme si on avait deux saisons des pluies, l'une d'environ 700 à 800 mm, l'autre de 500 à 600 mm, toutes deux insuffisantes pour assurer un bon rendement des récoltes, d'autant plus que des trous de pluviométrie de deux ou trois semaines sont fréquents.

La base de données Aquastat de la FAO donne les chiffres suivants pour les ressources en eau internes du Bénin⁴ :

- Eaux de surface produites à l'intérieur du pays = 10,0 milliards m³/an
- Eaux souterraines = 1,8 milliards m³/an dont 80 %, soit 1,5 milliards m³/an seraient drainés par les rivières, laissant seulement 0,3 milliards m³/an en ressources nettes
- Ressources internes totales : 10,0 + 0,3 = 10,3 milliards m³/an.

Aux 10,0 milliards m³/an des eaux de surface internes, il faut ajouter les ressources en eau provenant de l'extérieur qui comprennent les eaux du Niger (29 milliards m³/an en moyenne) et du Mono (3,2 milliards m³/an). Comme il n'existe pas de traité sur la répartition des eaux de ces fleuves, la FAO a compté que 50 % des volumes étaient disponibles le Bénin, soit 16,1 milliards m³/an.

Les ressources totales en eau de surface au Bénin sont donc estimés à 10,0 + 16,1 = 26,1 milliards m³/an. Ce calcul est cependant sujet à caution car :

- il ne prend pas en compte les quantités d'eaux partant vers l'extérieur du Bénin, estimées par la FAO à 5,8 milliards m³/an (Niger: 3,8 milliards m³, Mono: 2,0 milliards m³, Volta : négligeable) ;
- les volumes d'eau du Niger dépendent beaucoup des ouvrages de retenue construits ou à construire en amont du Bénin. Il est probable que le disponible réel des eaux du fleuve Niger pour le Bénin n'atteint pas 14,5 milliards m³/an

Les ressources en eaux de surface sont irrégulières tout au long de l'année, pléthoriques en saisons des pluies, insuffisantes en saisons sèches. Elles sont beaucoup plus constantes en zone sud à deux saisons des pluies qu'en zone nord à une seule saison. Aux variations annuelles s'ajoutent les variations interannuelles avec des années humides et sèches.

Les eaux des grands fleuves extérieurs au pays dépendent d'accords internationaux encore peu précis :

- Les débits du Mono dépendent de la gestion du barrage Nangbéto par la Communauté électrique du Bénin, CEB⁵. Pour l'instant, ce barrage est uniquement géré en fonction des besoins électriques et non en fonction des besoins de l'agriculture. Il débite donc seulement quelques heures pendant chaque nuit. Les débits journaliers peuvent descendre à 12 m³/sec et sont sans doute inférieurs à certaines périodes de la journée.
- Les débits du Niger peuvent tomber à moins de 4 m³/sec en saison sèche. Les débits d'étiage vont certainement être augmentés après la construction de barrages dans les sites envisagés : Fomi en Guinée, Taoussa au Mali, Kandadji au Niger.

D'autres ressources, qui ne s'additionnent évidemment pas aux précédentes, correspondent à une régularisation des débits, qu'elle soit naturelle (lacs) ou artificielle (barrages) :

⁴ Les documents du Bénin font état de 13 milliards m³/an de ressources en eaux de surface (hors fleuve Niger) et 1,87 milliards/an de ressources en eaux souterraines (Programme national de promotion de l'irrigation privée, document de préparation). Même s'ils sont plus précis que ceux de la FAO, ils ne considèrent pas vraiment le problème des relations eaux de surface – eaux souterraines ainsi que les eaux partagées entre plusieurs pays.

⁵ Un deuxième barrage sur le Mono est envisagé à Adjara

- Environ 250 retenues d'eau ont été construites au Bénin, dont la majorité au nord du pays (Atakora: 58, Donga: 14, Borgou: 85, Alibori: 57, Collines: 27, Zou: 2, Couffo: 3, Plateau: 4, Mono/Atlantique/Littoral/Ouémé: Néant). Beaucoup des barrages correspondants sont cependant en mauvais état.
- Quelques lacs et lagunes (ex., le lac Toho) sont exploitables pour l'irrigation car leurs eaux ne sont pas saumâtres.

Les ressources en eaux souterraines du Bénin sont très inégalement réparties. Le bassin sédimentaire côtier détient à lui seul 32% des ressources en eaux souterraines pour une superficie totale inférieure à 10% de celle du pays.

Les nappes du sud et des alluvions du Niger sont en général continues, à faible profondeur et de bon débit (jusqu'à 100 m³/heure). Elles peuvent être exploitées par des forages à faible coût. Les nappes du Nord (socle et grès de Kandi) sont des nappes discontinues, à plus grande profondeur et de débit faible (10 m³/heure au plus, sauf exceptions). Elles ne peuvent être exploitées de manière permanente qu'en utilisant des techniques de forages coûteuses.

Le tableau 1 ci-après donne la répartition des eaux souterraines selon les différents ensembles hydrogéologiques.

Tableau 1 : Répartition des eaux souterraines par ensemble hydrogéologique

Unités	Superficies (km ²)	Recharge annuelle (millions de m ³)	Recharge (m ³ /ha)
Régions des socles	90 400	1 120	123
Grès de Kandi	10 000	125	125
Bassin sédimentaire côtier et cordon littoral	12 000	600	500
Alluvions du Niger	200	25	1 250
TOTAL	112 600	1 870	166

Source: Direction du Génie Rural

2.2. Potentiel irrigable

La notion de surface potentielle irrigable dépend des techniques d'irrigation employées et, éventuellement, des décisions sur le rationnement en eau des cultures pour optimiser l'utilisation d'une ressource rare. Il n'y a aucune commune mesure entre l'irrigation du riz par des canaux à ciel ouvert et celle de cultures fruitières à partir d'un réseau sous tuyaux. Les surfaces données ici correspondent donc plutôt à des ordres de grandeur, d'ailleurs suffisants dans la mesure où le Bénin n'utilise qu'une quantité très limitée de l'eau disponible : les prélèvements étaient évalués pour l'année 2001 à seulement 100 millions m³, soit moins de 1% des ressources.

Les zones de plaines inondables par cours d'eau seraient les suivantes, hors bassins du Couffo et de la Pendjari :

Vallées⁶

Vallée et plaines inondables de l'Ouémé :	60 000 ha
Vallée et plaines inondables du Mono :	27 000 ha
Vallée et plaines inondables du Niger :	<u>30 000 ha</u>
Total :	117 000 ha

Bas-fonds

Atlantique/Littoral :	15 000 ha
Atacora/Donga :	56 500 ha
Borgou/Alibori :	33 000 ha
Mono/Couffo :	17 400 ha
Ouémé/Plateau :	19 000 ha
Zou/Collines :	<u>65 000 ha</u>
Total :	205 900 ha⁷

Il convient cependant d'être prudent sur les surfaces irrigables à partir du Mono dont la gestion hydraulique actuelle ne permet pas d'irriguer toute l'année plus de 8.000 ha, à répartir entre le Togo et le Bénin (débit minimal 12 m³/sec). Il en est de même pour le Niger qui ne pourrait irriguer que 2.500 ha en permanence avant la construction de barrages de retenues.

Pour ce qui est des bas-fonds, seulement 19.688 ha ont été réellement identifiés⁷ sur terrain : Atacora/Donga: 4.778 ha, Borgou/alibori: 3.388 ha, Atlantique/Littoral: 2.346 ha, Mono/Couffo: 1.039 ha, Ouémé/Plateau: 2.530 ha, Zou/Collines: 5.625 ha.

Les nappes sont très peu exploitées, à peine 1,3 % de la recharge annuelle. Comme leur exploitation est possible pendant toute l'année, on pourrait espérer irriguer de grandes surfaces à partir des eaux souterraines tout en prenant en compte les facteurs suivants :

- Les forages et puits en zone de socle débitent très peu, moins de 10 m³/heure en général, et ne sont pratiquement utilisables que pour l'approvisionnement en eau des populations et du bétail, l'irrigation d'un hectare ayant besoin de 5 m³/heure au moins (environ 1,5 l/sec/ha). Ces points d'eau ne peuvent donc être utilisés que pour des micro-jardins de quelques ares.
- La nappe des grès de Kandi est également peu exploitable. En outre, le débit d'étiage de la Sota, soit 3,0 à 4,0 m³/sec, provient de cette nappe. Le pompage dans la rivière ou la plaine alluviale du Niger, déjà en cours ou prévu, suffira à épuiser les ressources.
- La nappe du cordon littoral est une lentille d'eau douce reposant sur une nappe salée. Elle sert déjà pour l'alimentation des villes de la côte (Cotonou, Porto-Novo...). Les extensions de cultures maraîchères irriguées, très rapides vers Porto-Novo et Sémé, risquent de conduire à une surexploitation de cette nappe.
- Enfin, l'exploitation des eaux souterraines est facile pour les nappes à moins de 7,0 m de profondeur car n'importe quelle pompe aspirante est utilisable. Au-delà de cette profondeur, il faut passer à des équipements spécialisés plus coûteux :

⁶ En dehors de la vallée du Mono entièrement circonscrite dans le département du Mono, celles de l'Ouémé et du Niger s'étendent sur plusieurs départements

⁷ Dans la pratique, il s'agit d'une estimation grossière à partir des cartes du réseau hydrographique dans la mesure où, conformément aux données disponibles à la Direction du Génie Rural, les bas-fonds déjà identifiés ne totalisent pour l'instant que 19 688 hectares soit moins de 10% du potentiel supposé disponible

- Pompes à axe vertical placées en surface, reliées à des moteurs diesel avec renvoi d'angle : ces pompes existent pour des débits de 12 à 400 m³/heure mais le forage doit être absolument vertical sinon l'usure des paliers d'arbres de transmission est très rapide. Les forages artisanaux ne seront probablement pas adaptés à ces pompes ;
- Electropompes immergées qui sont alimentées à partir du réseau ou d'un groupe électrogène. On les préfère aux précédentes, surtout si les forages sont réalisés artisanalement.

Malgré tout, la partie sud du Bénin est très propice à l'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation : nappes peu profondes, voire artésiennes à l'ouest, bons débits jusqu'à 50 m³/heure. Même en exploitant seulement 50% des ressources annuelles, le potentiel irrigable serait d'au moins 20.000 à 30.000 ha annuels (en supposant des besoins en eau de 10.000 à 15.000 m³/ha). Il en est de même pour la vallée du Niger, en particulier les berges de la Sota où le potentiel est cependant plus réduit, quelques centaines d'hectares.

III. Développement de l'irrigation au Bénin

3.1. Evolution de l'irrigation

Le Bénin s'est engagé depuis les temps coloniaux dans la voie du développement des aménagements hydro-agricoles, ceci grâce au concours de ses partenaires techniques et financiers. Plusieurs stratégies ont été développées et se sont succédé au fur et à mesure que des difficultés apparaissent : mise en place des aménagements de grandes tailles, essais sur des petits périmètres irrigués, essais de travaux de Défense et de Restauration des Sols (DRS) et de Conservation des Eaux et des Sols (CES).

Un bilan critique a été fait de ces expériences au cours d'un atelier en 1991 dont le principal objectif a été d'analyser les causes des échecs successifs et d'asseoir une stratégie assurant la viabilité et la reproductibilité des systèmes et schémas de valorisation des terres et des eaux. Certains spécialistes en voulant diagnostiquer les expériences béninoises en matière d'irrigation, distinguent trois périodes à savoir :

- la période de 1960 à 1984 ou période des premiers essais d'aménagement et de gestion des périmètres irrigués par des sociétés d'Etat ou Offices ;
- la période de 1985 à 1990 ou période de premier bilan, de pause et de réorientation stratégique ;
- la période de 1990 à nos jours, période de désengagement de l'Etat du secteur productif, de la responsabilisation des acteurs à la base et d'une reprise des activités d'aménagement hydroagricole.

Pendant la première période (1960-1984), l'Etat, dans le cadre de la coopération bilatérale ou multilatérale, avait entrepris un grand programme d'aménagement et d'équipement des terres à des fins d'irrigation. Ainsi selon la première version du PNPIP, 9 200 ha de terres sont aménagés et mis en exploitation pendant cette période. Sur ce total, 88% des systèmes d'irrigation mis en place utilisaient des systèmes d'irrigation par pompage et le reste le système gravitaire à partir des prises au fil de l'eau ou des puits artésiens. Le PNUD et la FAO ont

été les principaux partenaires suivis de la Chine et de l'Union Européenne (FED). Enfin, la République Fédérale du Nigéria, à travers l'aménagement du périmètre sucrier de Savè (4 500 ha), s'est jointe aux initiatives d'aménagement hydroagricole de l'Etat béninois.

Pour diverses raisons dont celles liées à la mauvaise gestion technique mais surtout financière, les sociétés d'Etat chargées de gérer les aménagements ont fait faillite et ont été dissoutes. Il s'agit principalement de la Société Nationale d'Irrigation et d'Aménagement Hydroagricole (SONIAH), de la Société Béninoise de Palmier à Huile (SOBEPALH), de la Société Nationale des Fruits et Légumes (SONAFEL). Les structures appelées à prendre la relève, en l'occurrence les ex-Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER), n'ont pu redresser la situation car non préparées. Les paysans, jadis utilisés comme des salariés agricoles, ont vidé les lieux faute d'employeurs et il s'en est suivi un abandon partiel ou total des périmètres aménagés avec pour conséquence directe une dégradation sensible des différents éléments des réseaux d'irrigation.

Au cours de la deuxième période (1985-1990) l'Etat marque tacitement une pause après avoir pris acte du bilan d'échec des actions, réévalue et réoriente ses efforts vers la promotion des micros aménagements auto reproductibles et auto gérables par les communautés à la base. C'est pour tester ou concrétiser cette nouvelle vision qu'est initié et mis en chantier au cours de cette période avec le concours de la FAO et du PNUD, le projet BEN 84-012 « Inventaire, étude et aménagement des bas-fonds ». Ce projet a permis de mettre en place sur toute l'étendue du territoire national, environ 400 hectares de bas-fonds aménagés avec maîtrise partielle de l'eau essentiellement pour la production de riz pluvial.

Pendant la troisième période qui court de 1990 à nos jours, l'Etat béninois renonce à l'option socialiste de développement inspirée du marxiste léninisme, renoue avec l'option capitaliste de développement et se prononce clairement en faveur de l'économie de marché. Il procède à un bilan de sa nouvelle option de promotion des micro-aménagements auto gérables par les communautés à la base. Il en résulte que cette option se montre concluante et dès lors une deuxième phase du projet Ben 84/012 est mise en chantier à travers le projet Ben 91/002.

3.2. Etat actuel de l'irrigation au Bénin

La superficie totale équipée pour l'irrigation est estimée à 23.037⁸ hectares répartis comme suit :

- Aménagement relevant de l'initiative étatique : 9 777 ha
- Aménagements informels relevant de l'initiative privée : 11 899 ha⁹
- Aménagement avec maîtrise partielle de l'eau : 1 361 ha¹⁰

⁸ Ce chiffre prend en compte 1361 ha de bas-fonds aménagés par diguettes isohypses qui ne sont pas considérés comme des terres équipées pour l'irrigation au Bénin. Ce choix est donc fait pour rester conforme au format AQUASTAT

⁹ Ce chiffre qui est peut-être encore loin du chiffre réel prend en compte toutes les exploitations irriguées manuellement ou mécaniquement de toute taille. Il s'agit des périmètres dont la plupart ont entre 0,2 et 5 ha.

¹⁰ Ce chiffre de 1361 hectares de bas-fonds sommairement aménagés provient de l'inventaire disponible à la Direction du Génie Rural qui indique 1371 ha pour des raisons d'erreur de sommation. Ce ne sont pas des terres équipées pour l'irrigation, car il n'y a pas d'irrigation au niveau des sites concernés.

L'aménagement sommaire des bas-fonds est un système d'aménagement simple comprenant la réalisation de petites diguettes suivant des courbes de niveau mais parfois équipées d'ouvrages de régulation et de vidange. L'objectif poursuivi est de prolonger la durée d'engorgement des bas-fonds concernés jusqu'à ce que le cycle végétatif du riz soit bouclé. Il s'agit essentiellement de micro bas-fonds drainant de petits bassins versants de superficie inférieure à 20 km².

La répartition spatiale de ces aménagements est récapitulée dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 2 : Répartition des aménagements hydro-agricoles au Bénin

No	DEPARTEMENT	Terres équipées pour l’irrigation avec maîtrise totale de l’eau (ha)			Secteur privé	Aménagement sommaire des bas fonds avec maîtrise partielle de l’eau
		Secteur public (ha)				
		Superficie totale équipée	Superficie hors d’usage	Superficie réhabilitable ou irriguée		
1	ATACORA-DONGA	322	322	0	295	510,8
2	ATLANTIQUE-LITTORAL	1 821	1 821	0	341	-
3	BORGOU-ALIBORI	711	195	516	9 817	257,4
4	MONO-COUFFO	257	107	150	1 130	183,38
5	OUEME-PLATEAU	1 009	1 009	0	Non disponible	33,26
6	ZOU-COLLINES	5 657	540	5 117	316	376,34
TOTAL		9 777	3 994	5 783	11 899 ¹¹	1 361

Source: Rapport Profil Bénin, 2009

Il est fait parfois une classification en fonction de la **taille du périmètre** comme ci-après :

- Les petits périmètres sont ceux dont la superficie nette équipée est inférieure à 50 ha ;
- Les moyens périmètres sont ceux dont la superficie est supérieure ou égale à 50 ha et inférieure à 100 ha ;
- Les grands périmètres sont ceux dont la superficie est supérieure ou égale à 100 ha.

La distribution des terres équipées suivant cette classification se présente comme suit :

- Petits périmètres : 13.894 ha soit 64,10%
- Moyens périmètres : 780 ha soit 3,60%
- Grands périmètres : 7.002 ha soit 32,30%
- Total : 21.676 ha soit 100%.

¹¹ Ce chiffre vient d'une compilation des données communiquées par les Centres Régionaux pour la Promotion Agricole au cours de la session de formation sur les performances de l'irrigation organisée du 15 au 18 septembre 2009.

Il faut noter que tous les périmètres réalisés par les privés sur leur initiative et pour leur propre compte sont de petits périmètres informels totalisant 11.899 hectares soit 54,89% des terres équipées. Les périmètres d'initiative étatique sont appelés abusivement périmètres formels parce que initiés et réalisés par l'Etat au profit des communautés villageoises mais dans la pratique, les exploitants de ces périmètres ne paient aucune taxe et bénéficient souvent des appuis techniques et financiers de l'Etat à titre gracieux contrairement aux promoteurs privés qui doivent seuls faire face à toutes les charges et aux problèmes de gestion de leurs exploitations.

On peut également faire la répartition des terres équipées en fonction des **techniques d'irrigation**. Mais cette classification ne présente qu'un intérêt limité dans la mesure où les données ne sont disponibles que pour les 9.777 ha de périmètres d'initiative étatique. Néanmoins, la situation au niveau de ces périmètres se présente comme suit :

- Irrigation gravitaire : 3.977 ha
- Irrigation par aspersion : 4.500 ha
- Irrigation localisée : 1.300 ha
- Total : 9.777 ha

A vrai dire, les 11.899 hectares de terres équipées à des fins d'irrigation par des promoteurs privés regroupent une série de technique traditionnelle pure ou améliorée ne nécessitant pas souvent de grands moyens. Ce sont des aménagements avec maîtrise totale de l'eau mais à caractère parfois saisonnier. En guise d'illustration, les aménagements d'initiative privée dans la basse vallée de la Sota (affluent du Niger) à Malanville ne comportent pour tout équipement que des points d'eau captant la nappe à moins de 6 mètres de profondeur et de groupes motopompes et divers accessoires. La campagne d'irrigation s'étend sur la saison sèche et les travaux d'aménagement ne comprennent que les aménagements parcellaires. Dès le début de la saison pluvieuse, (mai ou juin) de chaque année, les activités d'irrigation cessent ; les cultures irriguées font place aux cultures pluviales regroupant essentiellement les céréales. Pour un visiteur étranger, il n'est pas aisé de comprendre que toutes les terres sont irriguées en saison sèche dans la mesure où aucun équipement et aucun aménagement ne sont réellement perceptibles.

On distingue différents systèmes d'irrigation de surface au nombre desquels on peut citer :

- Le système d'irrigation gravitaire par canaux : c'est le cas de tous les périmètres rizières irrigués au Bénin ;
- Le système d'irrigation par submersion de petites planches préalablement bien planées : c'est le cas des périmètres individuels destinés essentiellement aux cultures maraîchères dans les communes de Karimama et de Malanville ;
- Les systèmes d'arrosage manuel à l'aide d'arrosoirs simples ou de pommes d'arrosage fixées au bout de tuyaux flexibles alimentés sous pression. C'est le système le plus répandu dans les périmètres maraîchers urbains et périurbains du Sud-Bénin.

Les zones basses cultivées au Bénin sont subdivisées en 2 groupes à savoir les bas-fonds aménagés et les bas-fonds non aménagés. Sur cette base, les bas-fonds aménagés et cultivés totalisent 1 361 hectares sommairement aménagés sur toute l'étendue du territoire national. Quant aux bas-fonds cultivés mais non aménagés, la documentation existante ne donne aucune précision sur ces superficies qui sont comptabilisées dans les emblavures annuelles des cultures pluviales.

Abordons enfin le phénomène des **cultures de décrue** non équipée. Au Bénin, les cultures de décrue sont essentiellement pratiquées dans la basse vallée de l'Ouémé aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Dans cette zone comprenant principalement les communes de Dangbo, Adjohoun, Abomey-Calavi et de Zè, les producteurs profitent du retrait des eaux de crue pour installer progressivement les cultures de contre saison sans irrigation. Ce sont des terres généralement assez riches et qui ne nécessitent pas d'apport d'engrais chimiques additionnels pour les cultures. D'une manière générale, les décades ou les quinzaines sans pluie étaient rares dans cette zone et cette situation permettait aux cultures de boucler leur cycle végétatif sans irrigation de complément. Toutefois, des perturbations climatiques sont telles que présentement, l'irrigation de complément est indispensable pour espérer des résultats de production intéressants.

Les superficies annuellement emblavées suivant ce système d'exploitation varient sensiblement d'une année à l'autre. Au cours de la campagne agricole 2008-2009, 7174 hectares de terres ont été exploitées en cultures de décrue dans la basse vallée de l'Ouémé.

3.3. Sources d'énergie pour l'exhaure et le transport de l'eau

La répartition des terres équipées pour l'irrigation en fonction de l'énergie utilisée pour l'exhaure et le transport de l'eau depuis la source vers les parcelles nécessite un travail exhaustif d'inventaire et de caractérisation des périmètres irrigués. Ce travail n'est pas encore fait et les données ne sont donc pas disponibles pour cette classification.

Cependant, toutes les formes d'énergie sont utilisées dans le sous-secteur de l'irrigation pour l'exhaure et le transport de l'eau vers les parcelles :

- Système gravitaire sans pompage (avec prise au fil de l'eau) : il s'agit d'un système dans lequel l'eau est prélevée par dérivation d'une rivière généralement pérenne par une prise au fil de l'eau. Sont concernés par ce mode de prélèvement et de transport de l'eau, la plupart des premiers périmètres rizicoles aménagés au niveau du pays ;
- Système avec pompage : ce système regroupe tous les autres types d'irrigation dans lesquels l'eau est pompée et acheminée gravitairement ou sous pression vers les périmètres ;
- Système d'exhaure et de transport à l'énergie humaine.

En ce qui concerne les besoins en énergie, les irrigants évoluant sur des exploitations privées ont recours aux petits groupes motopompes utilisant l'essence ou un mélange de carburant pour engins à deux temps et pouvant généralement fournir un débit de 1000 litres par minute pour une HMT d'environ 26 mètres.

Les maraîchers de Grand-Popo dans le département du Mono ont fait l'expérience des électropompes et en sont arrivés à la conclusion que les charges de fonctionnement d'une électropompe sont de loin inférieures à celles d'un groupe motopompe. Présentement, ils cherchent les voies et moyens pour rendre disponible l'énergie électrique afin de n'utiliser que des pompes électriques dans leurs exploitations.

Dans la mesure où les comptes d'exploitation régulièrement établis confirment l'avantage économique des pompes électriques, les besoins en énergie pour couvrir les demandes de tous les irrigants utilisant ces systèmes de pompage restent assez importants et sont appelés à augmenter rapidement si la tendance actuelle est conservée. Cela ne peut qu'être une solution de long terme dans la mesure où le pays est loin de couvrir ses besoins en énergie et est fortement dépendant

des autres pays de la sous-région ouest africaine pour faire face à ses besoins élémentaires en énergie. La production nationale d'énergie couvre moins de 15% des besoins en énergie.

En ce qui concerne les systèmes d'exhaure, on peut retenir :

- L'exhaure manuelle au niveau des puits traditionnels à l'aide d'une puisette et d'un cordeau pour les petits jardiniers ;
- L'exhaure avec des pompes à motricité humaine type 'NAGUEZE' en voie de disparition pour difficulté de manipulation ;
- L'exhaure avec de petits groupes motopompes utilisant un mélange de carburant à deux temps et fournissant environ 1000 litres par minute pour une hauteur manométrique totale d'environ 26 mètres ;
- L'exhaure avec les électropompes généralement de même puissance.

Enfin, il faut signaler qu'au niveau de quelques rares périmètres présentement au nombre de trois, Odo Otchéré dans la commune de Dassa-Zoumè, Koura Alédjo dans la commune de Bassila et Fawarata ou Tchaklakou dans la commune de Toucountouna, l'exhaure est faite par siphonage à partir de micro barrages en terre situés à l'amont des périmètres irrigués.

3.4. Principales cultures irriguées

Les principales cultures irriguées au Bénin sont les cultures maraîchères, la canne à sucre et le riz. Les données ne sont pas actuellement disponibles sur la répartition des superficies irriguées par spéculation.

Au cours des cinq dernières années, le rendement moyen du riz est de 6 tonnes/ha à Malanville. Par contre, il était de 4 t/ha en moyenne sur l'ensemble des autres périmètres rizicoles irrigués à savoir Koussin-Lélégo, Bamey et Dévé jusqu'en fin 2007-2008. Toutefois, avec les mesures d'accompagnement et les appuis financiers déployés dans le cadre du Programme d'Urgence d'Appui à la Sécurité Alimentaire, le rendement moyen est passé à 5 t/ha sur ces périmètres au cours de la campagne agricole 2008-2009.

En termes de comparaison entre les rendements sous irrigation et en pluvial, le rapport sur le diagnostic du secteur agricole au Bénin du mois d'août 2008 élaboré dans le cadre du Programme National d'Investissement Agricole mentionne un rendement moyen de riz au niveau national de 2700 kg par hectare en 2005.

Cette estimation qui prend en compte la production nationale de riz paddy et les emblavures annuelles pour cette spéculation paraît assez élevée mais s'explique certainement en partie par les efforts déployés pour la mise en valeur des terres à haut potentiel agricole que sont les bas-fonds et l'amélioration des itinéraires techniques. En culture sèche pure, les rendements de riz oscillent entre 800 et 120 kg/ha. Dans les conditions actuelles, on peut soutenir que l'irrigation permet de multiplier les rendements du riz par trois, voire par cinq.

L'irrigation au Bénin est à un stade embryonnaire et les questions de la rentabilité des exploitations irriguées n'ont pas encore été particulièrement examinées pour dégager des conclusions fiables. Cependant, au regard de l'engouement actuel des promoteurs privés pour l'irrigation et sur la base de diverses enquêtes auprès de ces derniers, il apparaît que l'irrigation, en plus de la sécurisation des revenus qui y est attachée, est très rentable.

3.5. Types de gestion

En ce qui concerne les types de gestion mis en place, le pays a connu la plupart des systèmes de gestion et au nombre desquels on peut mentionner notamment :

- La gestion des aménagements par des sociétés d'Etat utilisant de la main d'œuvre salariée pour toutes les opérations agricoles. Au nombre des plus importantes anciennes sociétés d'Etat ayant géré des aménagements hydro agricoles figurent en l'occurrence : la Société Nationale d'Irrigation et d'Aménagement Hydro agricole (SONIAH), la Société Béninoise de Palmier à Huile (SOBEPALH), la Société Nationale des Fruits et Légumes (SONAFEL) et enfin la Société Sucrière de Savè (SSS) créée par le Bénin et le Nigéria. Toutes ces sociétés, pour des raisons de mauvaise organisation et de mauvaise gestion, ont été dissoutes une à une au début des années 80.
- La gestion par des structures administratives d'encadrement à la base : si pour la plupart des sociétés pré-citées, leur dissolution a coïncidé avec l'abandon total de l'irrigation au niveau des périmètres, il y a eu des tentatives de faire assurer la relève de la gestion des périmètres rizicoles de la SONIAH par les ex Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER). Dans ces cas et en fonction de la taille des périmètres, un Responsable est nommé pour assurer la gestion des périmètres devenus d'office propriété des exploitants sont passés de leur statut d'agent occasionnels ou salariés agricoles à un statut d'exploitant agricole travaillant pour son propre compte mais tenu de respecter les règles fixées pour la mise en valeur des périmètres. Non préparés pour assumer de tels mandats, les exploitants n'ont pu se soumettre pour longtemps aux nouvelles exigences de technicité, d'autodiscipline et de responsabilité que requiert le nouveau contexte de gestion des périmètres aménagés à grands frais.
- La gestion des aménagements par des producteurs eux-mêmes : Au début des années 90, après la Conférence nationale des forces vives de nation, face à l'Etat qui vient de faire l'option d'une économie de marché et d'annoncer son option d'un désengagement progressif du système productif, il y a eu des réaménagements au niveau du système de gestion des périmètres irrigués encore en activités et qui sont essentiellement au nombre de trois à savoir : les périmètres rizicoles de Malanville au Nord-Est (516 hectares) de Koussin-lélégo dans le centre du pays (107 hectares) et de Dévé au Sud-Ouest (150 hectares). Au niveau de chacun de ces périmètres, les exploitants sont dorénavant organisés en groupements et en unions de groupements de producteurs et ont mis en place une structure de gestion de leur exploitation. De nombreux problèmes de gestion subsistent et ces structures de gestion ne doivent leur existence qu'à des appuis permanents de l'administration à travers la coopération chinoise. Ces périmètres bénéficient de fréquents travaux de réhabilitation depuis quelques années sur financement de l'Etat à partir des ressources internes et externes.

Au total, la plupart des systèmes de gestion ont été essayés sans résultats véritablement probants. Dans tous les cas, la gestion des exploitations par les irrigants eux-mêmes est le seul système de gestion à promouvoir au regard de la vision actuelle de développement économique et social du Bénin.

IV. Typologie et caractérisation des périmètres irrigués

Sur la base des modes de transport et de distribution de l'eau, les systèmes d'irrigation rencontrés au Bénin peuvent être répartis en cinq (05) grandes types

1. les jardins individuels ou familiaux,
2. les périmètres irrigués gravitairement,
3. les périmètres irrigués par aspersion,
4. les périmètres irrigués par système d'irrigation localisée,
5. les périmètres avec irrigation de complément ou d'appoint sur cultures de décrue.

4.1. Jardins individuels ou familiaux

Ce sont des micro-périmètres dépassant rarement les 1 000 m², généralement urbains ou péri urbains et au niveau desquels se pratique l'irrigation traditionnelle avec arrosoirs ou autres récipients. Les promoteurs de ce système d'irrigation sont des maraîchers, des fleuristes ou des pépiniéristes installés soit sur les berges des plans d'eau naturels, soit dans des zones où la nappe phréatique est à très faible profondeur ou dans des zones où les eaux de surface sont généralement très accessibles.

La mise en place de ces exploitations ne nécessite aucune compétence ou aucune qualification particulière et les travaux d'aménagement se ramènent principalement au creusement d'un puisard lorsque la source d'eau n'est pas directement accessible, à la confection des planches et à l'acquisition d'une puisette et des arrosoirs.

4.2. Périmètres irrigués gravitairement

Rentrent dans cette catégorie, la quasi-totalité des périmètres de première génération réalisés en République du Bénin ainsi que les périmètres aménagés par les producteurs individuels dans les communes de Malanville et de Karimama. On y distingue :

- **les périmètres irrigués gravitairement avec pompage de l'eau** : C'est le cas des périmètres de Malanville et de Dèvé (respectivement 516 ha et 150 ha) encore en exploitation sous irrigation et de ceux de Sagbovi Domè (540 ha) dans Zogbodome, de Kpinou (80 ha) dans la commune d'Athiémé, d'Adjarra-Hounvè (200 ha) dans la commune de Ouidah, entièrement à l'abandon. Les périmètres irrigués privés mis en place par les exploitants de Malanville et de Karimama appartiennent à cette catégorie même si de plus en plus, le souci d'une amélioration de l'efficacité du réseau d'irrigation amène certains producteurs à évoluer vers un système de « type californien » qui combine judicieusement les écoulements en charge et à surface libre. Dans ces périmètres, l'eau d'irrigation est pompée et envoyée dans un réseau de canaux primaires, secondaires, tertiaires et distributeurs en terre ou revêtus en béton assurant l'alimentation en eau des quartiers hydrauliques et des casiers par écoulement gravitaire à surface libre.
- **les périmètres irrigués gravitairement à partir des prises au fil de l'eau ou des sources artésiennes ou des prises d'eau par siphonage** : Il s'agit des aménagements généralement les moins coûteux et les plus rentables à l'exploitation. Le mode de fonctionnement hydraulique est rigoureusement le même que le système gravitaire avec pompage, à la seule différence que l'eau d'irrigation ici n'est pas pompée

mais provient d'une source naturelle ou artificielle (rivière pérenne, source naturelle ordinaire à écoulement permanent, source artésienne, barrages), d'où elle est dérivée ou captée à l'aide d'ouvrages peu coûteux et acheminer vers le réseau d'irrigation.

4.3. Périmètres irrigués par aspersion

En dehors du plus grand périmètre du Bénin qui est le périmètre sucrier de Savè (4500 ha) irrigué entièrement par aspersion, les autres réalisations de ce type résultent des initiatives exclusivement privées. L'eau est apportée à la plante sous forme de pluies artificielle. On dénombre plusieurs variantes de distribution de l'eau par aspersion allant des plus simples aux installations modernes. On peut retenir au Bénin essentiellement trois (03) sous-types de distribution de l'eau aux cultures à savoir :

- **L'irrigation à l'aide de pommes d'arrosage** fixées à une paire de tuyaux PVC flexible généralement long de 25 m. C'est le système le plus répandu dans la commune de Grand-Popo qui est, après Malanville, la commune où l'irrigation privée est la plus développée au Bénin. L'aménagement consiste essentiellement en la mise en place des forages tubés à faible diamètre, captant la nappe phréatique à très faible profondeur, d'un réseau enterré de distribution d'eau sous pression (PVC basse pression). Le réseau est doté d'équipement de prise d'eau destiné à alimenter les tuyaux flexibles reliés aux pommes d'arrosage. L'eau des forages est aspirée et refoulée dans le réseau à l'aide de petits groupes motopompes ou d'électropompes de faible débit (1000 l/mn en moyenne) et l'irrigant arrose manuellement les planches grâce aux pommes d'arrosage.
- **Distribution de l'eau par aspersion à partir des bouteilles en plastique perforées** fixées sur des rampes de prise d'eau sous pression. Ce type d'aménagement est très peu répandu et est pour le moment localisé à Cotonou. La seule différence entre ce type de distribution d'eau et la distribution par des asperseurs est que ces derniers sont remplacés par des bouteilles plastiques perforées qui, une fois remplies d'eau sous pression, la laisse échapper dans toutes les directions par des pores prévues à cet effet. Le rayon d'arrosage est d'environ 2 mètres.

Un autre type de distribution d'eau similaire à ce mode de distribution et qu'on rencontre au niveau de certaines fermes surtout dans la commune d'Aplahoué est celui constitué par un réseau aérien de tuyauterie en PVC basse pression perforée, à partir desquels l'eau sous pression s'échappe sous forme de nuages ou de brouillard pour arroser les plants. Les tuyaux PVC utilisés dans ce système sont des gaines de protection des fileries électriques et ne sont donc pas appropriés pour l'usage qu'on en fait.

- **Distribution de l'eau par des asperseurs rotatifs.** C'est le système moderne d'irrigation par aspersion dans lequel l'eau est distribuée par des asperseurs calibrés ayant des caractéristiques et des conditions de fonctionnement optimales bien définies. Les rares irrigants utilisant ce type d'irrigation se rencontrent dans les communes de Grand-Popo, de Cotonou, de Sèmè-Kpodji et d'Abomey-Calavi.

4.4. Périmètres irrigués par systèmes d'irrigation localisée

Le système d'irrigation localisée avait été utilisé, selon la documentation existante, au niveau des périmètres de plantation d'agrumes dans la commune de Za-Kpota dans le cadre de la coopération entre le Bénin et l'Etat d'Israël et devrait avoir concerné une centaine d'hectares de plantation irriguée au goutte-à-goutte. Par ailleurs et dans le cadre d'une expérimentation, l'ex-Société Béninoise de Palmier à Huile (SOBEPALH) a installé une cocoteraie et une Palmeraie couvrant 900 hectares irrigués par un système de « goutte-à-goutte » à Ouidah-Nord à la fin des années 70. De nos jours, plus rien ne reste de ces expériences.

Il existe enfin quelques rares cas isolés de systèmes endogènes d'irrigation localisée à mettre à l'actif du génie des promoteurs privés :

- c'est le cas des maraîchers d'Avlékété dans la commune de Ouidah et des femmes qui pratiquent le maraîchage de contre saison dans les communes de Dangbo et d'Adjohoun qui irriguent en apportant de l'eau au pied de chaque plant à l'aide de petits gobelets ou récipients ;
- c'est aussi le cas d'un irrigant privé à Dassa-Zoumè qui arrose sa plantation de goyaviers en remplissant hebdomadairement des canaris posés aux pieds des goyaviers à raison d'un petit canari par plant ;
- des expériences similaires sur des fruitiers sont signalées dans la Commune de Tchaourou où une productrice utiliserait comme goutteurs, des seringues fixées sur des récipients plastiques.

4.5. Périmètres avec irrigation de complément ou d'appoint sur cultures de décrue

C'est un système qui se développe actuellement dans la basse vallée de l'Ouémé et plus particulièrement dans les communes de Dangbo et d'Adjohoun dans les zones où se pratiquent les cultures de décrue.

Jadis, les cultures de décrue se pratiquaient sans irrigation dans la basse vallée de l'Ouémé. Cependant, depuis quelques années, il est apparu nécessaire, suite à des conditions climatiques de plus en plus sévères, d'irriguer de temps à autre les cultures, surtout celle du riz afin de garantir des rendements acceptables. Dans cette zone, le nombre de producteurs qui se dotent de petits groupes motopompes pour l'irrigation d'appoint devient de plus en plus important et le système est présentement en expansion.

Au niveau des zones propices aux cultures de décrue, l'eau d'irrigation provient d'un réseau de canaux ou de collecteurs jadis mis en place dans le cadre des premiers travaux d'aménagement et qui contiennent l'eau en permanence ou d'autres sources naturelles. L'irrigation consiste essentiellement alors à aspirer l'eau et à la refouler directement dans les casiers rizicoles pendant les périodes critiques.

V. Performances techniques des aménagements

On abordera les performances ou contreperformances aussi bien des aménagements collectifs réalisés par l'Etat que les aménagements individuels réalisés par le secteur privé.

5.1. Aménagements collectifs réalisés par l'Etat avec maîtrise totale de l'eau

Du point de vue purement technique, les aménagements ont été assez performants dans l'ensemble. En effet, tous ces périmètres ont globalement bien fonctionné tant que les structures chargées de leur gestion étaient en place et assumaient sans faille leur responsabilité.

En dehors du périmètre d'Adjarra-Hounvè (200 ha) qui n'a pas pu fonctionner pour des raisons d'erreurs de conception, et de ceux de Dèvé (150 ha), de Zonmon (80 ha), de Kpinnou (80 ha), totalisant 310 hectares et au niveau desquels la double campagne annuelle n'était pas possible pour des raisons d'inondation ou d'insuffisance de débit d'étiage, tous les autres périmètres collectifs, quel que soit le système d'irrigation en place, n'ont présenté que des signes de contreperformance technique mineure. Par ailleurs, l'option probable des partenaires chinois de la Mission Agro-Technique Chinoise d'amoindrir le coût des travaux d'aménagement a dû jouer quelque peu sur la qualité des ouvrages et des équipements affectés aux périmètres.

Mais, si sur le plan technique, tout était loin d'être mauvais, sur le plan socio-économique en revanche, la situation n'était pas bonne et à l'analyse, il apparaît clairement que la plupart des erreurs remontent à l'origine des projets d'aménagement.

Les insuffisances relevées sur ce plan et qui expliquent les contreperformances sont nombreuses et on peut principalement retenir :

1. une démarche d'aménagement ayant accordé très peu d'importance aux réalités socio-économiques locales parce que fondée sur le principe de la réalisation par l'Etat pour le compte de l'Etat ;
2. l'absence d'une politique globale conséquente de promotion de l'irrigation ;
3. la mauvaise organisation des producteurs et la mauvaise gestion des organes dirigeants sur le plan financier ;
4. le non-respect des itinéraires techniques de production et des règles élémentaires de gestion des périmètres collectifs où l'irrigation se fait au tour d'eau ;
5. l'accès difficile aux intrants et l'utilisation jusqu'à une date récente de semences tout venant sur les périmètres ;
6. un système de transformation et de commercialisation des produits peu efficace avec pour corollaire des ventes des produits par petites quantités étalées dans le temps ;
7. la non maîtrise de l'utilisation, de l'entretien et de la gestion des équipements affectés aux périmètres ;
8. l'inexistence d'un minimum de service après-vente (difficulté d'approvisionnement en pièces de rechange) avec pour corollaire l'immobilisation des équipements pour des pannes mineures ;
9. la culture et le raffermissement d'une mentalité d'assistanat permanent dans le rang des exploitants des périmètres aménagés.

L'analyse de la situation actuelle ne rassure, hélas pas encore, que les conditions sont à présent réunies pour que les différents groupes d'acteurs s'engagent effectivement et jouent leurs partitions avec compétence, efficacité et efficience. Il demeure toutefois vrai que, moyennant de bonnes directives prospectives, la dynamique gouvernementale actuelle peut être salubre pour une révolution du secteur agricole au Bénin.

5.2. Aménagements privés individuels

Laissés à eux-mêmes et autodidactes, les promoteurs de l'irrigation privée sont très actifs et pleins d'initiatives. Ils se comportent comme de véritables chercheurs face aux problèmes auxquels ils sont confrontés. D'une manière générale, il s'agit des aménagements de petite superficie (moins d'un hectare en moyenne) individuels et autonomes.

Les réseaux d'irrigation fonctionnent à merveille et les promoteurs, même lorsqu'ils se plaignent des difficultés rencontrées, s'en tirent à bon compte et n'ont pour seule véritable ambition que de moderniser davantage et de mieux valoriser leurs exploitations.

Au nombre des facteurs qui confirment l'intérêt des promoteurs pour ces aménagements individuels de petite taille, on peut notamment retenir ce qui suit :

1. des aménagements en général très simples réalisés avec le souci constant de rechercher le meilleur ratio coût/efficacité ;
2. la grande importance accordée à la maintenance et à l'entretien des infrastructures et des équipements : l'irrigant privé surveille son réseau de façon permanente (colmatage des brèches, remplacement des tuyaux, réparation des diguettes, etc...) ; le suivi des groupes motopompes est toujours assuré et à moindre défaillance, on fait appel au mécanicien (les motopompes sont en général opérationnelles au-delà de la durée théorique d'amortissement) ;
3. des systèmes d'aménagement sans impacts négatifs significatifs sur les conditions naturelles des sols de cultures (pédologie, hydrologie et hydrodynamique) ;
4. des systèmes de culture adaptés au calendrier cultural et aux périodes de forte demande.

VI. Atouts et contraintes de l'irrigation

6.1. Atouts

Les atouts pour le développement de l'irrigation sont nombreux et on peut retenir :

- l'importance du potentiel hydro-agricole (ressources en eau disponibles, terres irrigables...) ;
- la volonté politique de faire du Bénin une puissance agricole à l'horizon 2015 et engagement effectif des actions dans ce sens ;
- mesures incitatives prises par le gouvernement en l'occurrence, l'exonération des droits et taxes sur les équipements agricoles importés ;
- le nombre important de micro barrages et de puits ou forages à gros débit existants et insuffisamment valorisés ;
- les techniques endogènes d'aménagement à faible coût existantes ;
- un environnement favorable pour les affaires.

Les mutations récentes et les actions en cours aux fins de doter le pays d'un nouveau cadre institutionnel et juridique dans les secteurs eau et agriculture permettent de conclure que le Bénin a ouvert un grand chantier de réforme juridico-institutionnel qui va entraîner un profond changement dans la manière de concevoir, d'étudier et de mettre en œuvre les projets de mise en valeur des ressources en eau et des actions connexes.

Le plus important changement dans ce domaine est l'adoption par le Gouvernement en août 2009, d'une nouvelle politique nationale de l'eau basé sur une gestion intégrée des

ressources en eau et sur la gestion des eaux par bassin hydrographique. L'adoption de cette politique sera suivie bientôt d'une nouvelle loi portant gestion de l'eau au Bénin et dont la mouture est déjà en examen au niveau de l'Assemblée Nationale.

Le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole en cours de finalisation sera exécuté dans un nouveau cadre organisationnel inspiré par l'approche « gestion par filière agricole » et où le ministère ayant à charge le secteur agricole sera recentré sur ses missions régaliennes d'orientation, de définition et de mise en œuvre des politiques, de facilitateur ou de catalyseur des initiatives heureuses et de suivi évaluation. La dynamisation et l'appui au secteur privé, le partenariat public-privé constituent les pièces maîtresses du développement du secteur agricole.

Enfin, la déconcentration et la décentralisation du pouvoir d'Etat ont conduit à un transfert d'importantes responsabilités aux communes en matière gestion des ressources en eau et des écosystèmes connexes.

Avec la vision actuelle et les actions déjà engagées, l'irrigation est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi que dans le développement social et économique du pays. Il n'existe pas encore à proprement parler une politique de financement des infrastructures de l'irrigation. Cependant, il est clair que, petit à petit, les autorités du pays sont en train d'asseoir une politique de financement de l'agriculture. La création annoncée d'une Banque Agricole au Bénin avec une contribution des Partenaires es et Financiers est l'une des preuves palpables de cette volonté.

Une table ronde des Partenaires Techniques et Financiers pour le financement du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) a été organisée en septembre 2009 et les conclusions qui en sont issues en termes d'engagements financiers incitent à l'optimisme. Ledit plan demeure présentement, le seul document de référence auquel tout acteur intéressé par le développement ou la promotion du secteur agricole devrait recourir pour mieux se positionner dans les créneaux porteurs ou les filières porteuses.

6.2. Contraintes au développement et à la gestion de l'irrigation

Contraintes générales

- Un processus d'appauvrissement des sols et de dégradation du patrimoine naturel du fait des systèmes d'exploitation minière ;
- une faible productivité du sol et du travail ;
- un faible recours aux intrants agricoles dans une situation de baisse continue de la fertilité des terres agricoles ;
- l'orientation du système d'exploitation vers l'autoconsommation ;
- l'instabilité de l'offre entre les périodes de récolte et de soudure combinée avec les pertes post-récolte entraînant d'importantes variations saisonnières des mercuriales ;
- la difficulté d'approvisionnement en semences de qualité ;
- la faible disponibilité des produits phytosanitaires. En dehors des méthodes traditionnelles faisant intervenir la cendre et l'eau, l'usage des insecticides coton est constaté sur les cultures maraîchères. Les producteurs sont très peu renseignés sur les produits recommandés ;
- L'inexistence d'un encadrement approprié.

Contraintes spécifiques liées à la maîtrise de l'eau

- l'absence ou l'insuffisance des mesures incitatives pouvant susciter l'intérêt des opérateurs économiques privés ;
- le coût élevé des investissements de base pour l'irrigation ;
- l'inexistence d'initiatives de fabrication du matériel d'irrigation au niveau local ;
- la non maîtrise ou le non-respect des techniques de conduite de l'irrigation sur les périmètres à gestion paysanne collective ;
- l'accès limité à l'énergie électrique pour le pompage ;
- la faible capacité d'intervention des acteurs ;
- l'inadaptation des systèmes de crédits mis en place et les difficultés d'accès ; -le manque de main d'œuvre spécialisée pour l'irrigation ;
- la faible compétitivité des produits irrigués, du riz et des cultures maraîchères notamment ;
- l'absence de réponse de la recherche à certaines contraintes d'ordre agronomique et phytosanitaire ;
- le manque d'une culture d'entretien des réseaux d'irrigation et de drainage ;
- le faible niveau de valorisation des infrastructures hydro-agricoles existantes ;
- le faible taux de mobilisation des ressources en eau.

Contraintes liées à la commercialisation et les technologies post-récolte

- une très forte variation des prix des produits de l'irrigation, surtout des produits maraîchers en particulier et des difficultés d'écoulement en période de haute production ;
- l'exiguïté du marché béninois ;
- l'insuffisance de la quantité commercialisable pendant les périodes de forte demande sur le marché ;
- le taux élevé de pertes post-récolte ;
- le manque d'infrastructures de stockage et de conserva pour les produits maraîchers et les denrées périssables ;
- l'inorganisation du circuit de commercialisation.

VII. Politiques de l'eau et de l'irrigation

7.1. Politique Nationale de l'Eau

La nouvelle Politique Nationale de l'Eau du Bénin a été validée par l'ensemble des acteurs en janvier 2009. Elle vient d'être adoptée par le Gouvernement au mois d'août dernier et représente actuellement le seul document de référence par rapport auquel il est urgent et indispensable de réajuster et d'actualiser les documents de politiques ou de stratégies sectorielles existants pour garantir la cohérence et la synergie des actions.

Les principales orientations de la Politique Nationale de l'Eau sont au nombre de quatre (04) à savoir :

1. réformer le cadre de gestion en recherchant la bonne gouvernance de l'eau ;
2. assurer un accès équitable et durable à l'eau potable et à l'assainissement pour les populations rurales et urbaines ;
3. garantir la disponibilité de l'eau en quantité et en qualité pour l'ensemble des activités économiques ;
4. assurer la santé, la sécurité publique et la conservation des écosystèmes aquatiques.

7.2. Stratégie de l'irrigation

Il n'existe pas encore au Bénin un document de politique nationale d'irrigation mais la Direction du Génie Rural du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche a mis au point un document de Stratégie Nationale des aménagements hydro-agricoles dont les grandes orientations sont prises en compte dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) en cours de finalisation dont les principales orientations se déclinent comme suit :

1. assurer la couverture des besoins alimentaires et nutritionnels de la population ;
2. améliorer la productivité et la compétitivité du secteur agricole et rural ;
3. améliorer l'attractivité de l'activité agricole et du milieu rural ;
4. privilégier la bonne gouvernance et veiller à un développement équilibré et durable de l'espace national.

En ce qui concerne le sous-secteur spécifique de l'irrigation, les principes directeurs sont la primauté à accorder au développement de l'irrigation à petite échelle et à la promotion de l'irrigation privée. Les projets en cours ou prévus comprennent :

- PREPIM : réhabilitation et amélioration d'un « grand périmètre » à Malanville (650 ha, 1,35 milliards FCFA sur budget national) ;
- PAHV-Mono : Nouveau « grand périmètre » dans la vallée du Mono (350 ha, 2,57 milliards FCFA sur financements BADEA et budget national) ; les travaux sont arrêtés et on envisage de reprendre à zéro les études d'aménagement ;
- PAHVN-Sota : construction de huit¹² « périmètre irrigués villageois, PIV » de 50 ha chacun, soit 400 ha au total, mais traités comme des grands périmètres dans leur conception (vallée de la Sota, affluent du Niger), 5,8 milliards FCFA sur financements BADEA, OPEP et budget national ;
- PAPPI : construction de périmètres irrigués divers : 1.500 ha de bas-fonds, 300 ha de petits périmètres irrigués et 4 retenues d'eau (ensemble du pays, 7,0 milliards FCFA sur financement BID) ;
- PSAIA : Programme financé par la BOAD (2,5 milliards FCFA) qui prévoit l'aménagement de 760 ha de bas-fonds plats au sud du Bénin, 160 ha de bas-fonds concaves au nord du Bénin et 40 ha irrigués à partir de forages artésiens (sud-ouest du Bénin) ;
- PUASA : Programme d'Urgence d'Appui à la Sécurité Alimentaire, en cours, destiné à subventionner et conseiller des promoteurs (12.000 ha périmètres à réhabiliter, 3.000 ha de nouveaux petits périmètres irrigués), financer un fonds de roulement et

¹² Initialement, 10 périmètres étaient prévus mais, pour des raisons financières, seuls huit d'entre eux seront aménagés

des équipements de transformation ; ce projet a déjà réuni près de 10 milliards FCFA provenant de divers bailleurs de fonds ;

- PDAVV : Programme de Diversification Agricole par la Valorisation des Vallées Niger, du Mono et de l'Ouémé) orienté vers l'appui à 1.500 jeunes exploitants, dont 350 irrigants, et aux femmes dans une optique commerciale ; il est prévu 5.300 ha d'aménagements sommaires (riz, maïs et maraîchage) dans toutes les zones du pays pour un montant d'un peu de 220.000 FCFA/ha ; il faut noter que les PDVV et le PUAS sont dirigés par la même unité de gestion ;
- Projet de sécurité alimentaire par l'aménagement de bas-fonds et le renforcement des capacités de stockage au Bénin qui vient d'être financé par la BOAD (9 milliards FCFA) et prévoit pour un montant de 11,4 milliards FCFA l'aménagement de 2.000 ha de bas-fonds, 300 ha de périmètres maraîchers ainsi qu'une rizerie, des magasins de stockage, des pistes rurales et un appui au crédit ;
- PNPIP : Programme de promotion de l'irrigation privée qui en est au stade de la préparation et des contacts avec les bailleurs de fonds (12.000 ha prévus dont 6.000 ha de micro-périmètres de moins de 5 ha, 2.000 ha de petits périmètres de 5 à 50 ha et 4.000 ha « d'exploitations modernes de plus de 50 ha » ;
- Mis en œuvre conjointement par le MAEP et le MEPN, le Programme de conservation et de gestion des ressources naturelles (financement KFW). Parmi ses nombreux volets, il comprend l'aménagement de bas-fonds pour la riziculture dans les Départements de l'Atakora et la Donga (4 millions Euros).
- Projets mis en œuvre sous d'autres tutelles que le MAEP :
 - PDREGDE : Projet de Développement des Ressources en Eaux et de Gestion Durable des Ecosystèmes financé par la Banque mondiale et géré par le CerPA Borgou Alibori et le MHE en sous-contractants de l'Autorité du Bassin du Niger, ABN. Ce projet inclut, entre autres, la réhabilitation de 12 retenues, l'aménagement de 250 hectares de petits périmètres irrigués dans la plaine alluviale et de 78 ha à l'aval des retenues d'eau (environ 9 milliards FCFA pour la partie Bénin).
 - PHPA : projet géré par le MMEH (5,7 milliards FCFA avec financement BOAD) pour la construction de 9 barrages de retenues, deux seuils et 183 ha de périmètres à l'aval. Ce projet, commencé en l'an 2000, est d'ailleurs presque terminé même si certains ouvrages ont besoin de réfections et si la BOAD juge insuffisantes les performances du projet.
 - Des projets ponctuels financés par des ONG qui concernent surtout les bas-fonds pour la riziculture ainsi que les périmètres maraîchers irrigués à partir des forages manuels.

VIII. Perspectives de progrès de l'irrigation au Bénin

S'il est vrai que le sous-secteur de l'irrigation est resté en veilleuse pendant longtemps, il n'en demeure pas moins vrai que des signes d'importants progrès subsistent au regard du potentiel hydro-agricole disponible, de l'engouement suscité par la décision du gouvernement de faire du Bénin une puissance agricole à l'horizon 2015 et des actes concrets qui ont accompagné cette décision. En effet, en faisant de la mécanisation agricole et de la maîtrise de l'eau, les supports

indissociables d'une agriculture moderne, créatrice d'emplois rémunérateurs et de richesse, porteuse de dénouement économique et social, les puissances publiques ont redonné espoir à plus de la moitié de la population active du Bénin occupée par le secteur agricole.

Avec les efforts consentis au cours des deux dernières années dans le domaine de la mécanisation agricole, (un budget de 18 milliards de F CFA en 2 ans) et les intentions affichées pour la promotion du sous-secteur de l'irrigation, la volonté politique de passer des intentions aux actes est réelle ; il suffit que cette volonté politique se laisse éclairée et guidée par la technique pour que les résultats escomptés soient effectivement atteints.

S'agissant de la maîtrise de l'eau, le Programme d'Urgence d'Appui à la Sécurité Alimentaire (PUASA), le Programme de Développement Agricole par la mise en valeur des vallées (PDAVV) et le Programme National de Promotion de l'Irrigation Privée (PNPIP) au Bénin sont trois ambitieux programmes à différents stades d'exécution et qui comportent d'importants volets relatifs aux aménagements hydro-agricoles. Leur contenu ainsi que le cadre de partenariat secteur public-secteur privé dans leur mise en œuvre constituent des facteurs d'espoir pour le monde agricole béninois.

Bibliographie

1. Agence de Promotion des Aménagements Hydro-agricoles (APAH). 2009. Plan d'affaires, juillet 2009
2. Bénin. 2008. Rapport national d'investissement. Conférence de haut niveau sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie : Les défis du changement climatique. Syrte, Jamahiriya Arabe Libyenne, 15-17 décembre 2008
3. BOAD. 2004. Proposition de prêt pour le financement partiel du Programme de sécurité alimentaire par l'intensification agricole. Bénin.
4. BOAD. 2009. Proposition de prêt pour le financement partiel projet de sécurité alimentaire par l'aménagement de bas-fonds et le renforcement des capacités de stockage au Bénin. Rapport d'évaluation.
5. DGR, FAO. 2009. Projet de renforcement des capacités nationales de suivi des ressources en eau axe sur la gestion de l'eau agricole, Profil du Bénin
6. DGR, MAEP. 2009. Programme national de promotion de l'irrigation privée au Bénin. Actualisation de l'étude portant Programme national de promotion de l'irrigation privée (PPNIP) au Bénin. Rapport définitif. Carrefour Environnement
7. MEMH, Direction de l'Hydraulique. 1991. Inventaire des ressources en eaux souterraines au Bénin (financement Banque Islamique de Développement). Rapport final (édition définitive). Volume 1: Rapport, Volume 2: Annexes. TurkPak International-SCET-Tunisie
8. MAEP, DGR, Cellule Bas-Fonds. 2002. Inventaire et mise en valeur des bas-fonds au Bénin.
9. MMEE. Direction de l'hydraulique. 2003. Annales hydrologiques
10. MAEP, DGR. 2005. Etude de faisabilité du projet de construction de petits barrages collinaires à but agro-pastoral en République du Bénin. Rapport de synthèse. Afrique Etudes.
11. MAEP, DGR. 2005. Stratégie de développement des activités de génie rural au Bénin

12. MAEP. 2007. Programme d'urgence d'appui à la sécurité alimentaire.
13. MAEP. 2008. Programme de diversification agricole par la valorisation des vallées, Synthèse.
14. MAEP, FAO. 2008. Programme national de sécurité alimentaire au Bénin. Version finale. Résumé et cadre logique, Rapport principal, Annexes techniques.
15. MMEE, DGE, Direction de l'information sur l'eau. Service de l'hydrologie. 2008. Annales hydrologiques des années 2003 à 2007.
16. MMEE, DGE, PHPA. 2008. Document de travail avec la mission de supervision de la BOAD de septembre 2008
17. MAEP, DGR. 2009. Projet d'évaluation et de valorisation des retenues d'eau au Bénin, Etude de la phase préparatoire. Rapport d'étape de la mission des consultants FAO
18. MAEP. 2009. Plan stratégique de relance du secteur agricole. Version provisoire.
19. MAEP. 2009. Plan d'action du PSRSA. 2009-2015. Version provisoire.

Développement de l'irrigation au Burkina Faso : Etat des lieux et caractéristiques des aménagements hydro-agricoles

Youssouf Dembélé^a et Adolphe Zangré^b

^a*Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)*

^b*Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DADI)*

L'équipe de rédaction voudrait adresser un vibrant hommage à un des Co-auteurs de cette publication, arraché aux siens en 2012, alors qu'il était encore aux services du monde scientifique. Dr Youssouf Dembélé fut l'un des principaux acteurs de la Recherche Scientifique et du développement en matière d'irrigation au Burkina Faso. Après une brillante carrière marquée par de nombreux succès, à l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), c'est Africa Rice Center qui l'a accueilli aux derniers instants de sa vie, au Bénin. Que la terre lui soit légère et que son âme repose en paix !¹

Abstract

Landlocked Burkina Faso does not have many perennial rivers apart from some located in the west and southwest of the country. Water management has mainly focused on creating water storage facilities for multiple purposes: irrigation, livestock watering and domestic water supply. It is estimated that the country has around 1,200 reservoirs and lakes. In spite of its economic importance, agriculture remains largely subsistence-oriented, rainfed and makes limited use of inputs. The irrigated area is estimated to be about 65,000 ha (i.e., approximately 27% of the generally accepted irrigation potential of 233,500 ha), with about 14,000 ha of large- and medium-scale schemes, 21,000 ha of bas-fonds and around 30,000 ha of small-scale village irrigation, developed mostly under private initiatives. Rice is the principal crop in medium- and large-scale schemes, but the average cropping intensity is below 200% due to insufficient water for full dry-season irrigation. The main dry season crops are onion and tomato, in addition to fruit crops such as banana and papaya, with maize growing in importance in recent times.

¹ The editorial team would like to offer a heartfelt tribute to one of the co-authors of this publication who passed away in 2012 while still actively serving the scientific world. Dr Youssouf Dembélé was one of the main actors in scientific research and development in the field of agricultural water management in Burkina Faso. Following a brilliant career marked by many successes at the National Institute of Environment and Agricultural Research (INERA) in Burkina Faso, it was at the Africa Rice Center in Benin that he passed the last moments of his life.

May the turf rest lightly upon him and may his soul rest in peace!

There is a strong political drive to expand the irrigation sector under the national strategy for irrigation development (SNDDAI), but irrigation development faces several constraints, including the high construction costs, uncertain land tenure, and unsuitable or poor quality soil in certain schemes.

1. Contexte général

1.1 Caractéristiques géographiques et socio-économiques

Le Burkina Faso est un pays continental situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest (entre 9°20' et 15°05' de latitude Nord, et 5°20' de longitude Ouest et 2°03' de longitude Est). Il a une superficie de 274 000 km² et est entouré de six pays (Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Niger, Togo). Le Burkina reste donc un carrefour d'échanges dans la sous-région et un pays de transit entre les pays sahéliens (Mali, Niger) et les pays côtiers. Son point le plus proche de l'océan Atlantique est éloigné de 500 km.

La population du Burkina Faso estimée à près de 15 millions d'habitants avec un taux annuel de croissance de 3,1%. Cette population devra passer à 18,5 millions à l'horizon 2015. Sa densité moyenne actuelle de 51,8 habitants au km² présente de fortes variabilités entre les régions, et sa fraction rurale représente 79,7%, soit plus de 11 millions d'habitants.

La population est caractérisée par sa jeunesse (58,2% de <20 ans) et une dominante féminine (51,83%). La dynamique démographique du pays présente une forte migration interne et externe de la population. Les provinces du Nord, du Sahel et du Centre sont particulièrement touchées, les migrants (en majorité des hommes) quittant ces zones notamment, pour les régions situées plus au Sud où les conditions agro-pédo-climatiques sont plus favorables

Au Burkina Faso, on dénombre une soixantaine d'ethnies parlant presque autant de langues. Ces différents groupes partagent un fond démographique commun mais différent en ce qui concerne leur culture et leur organisation socioéconomique et politique.

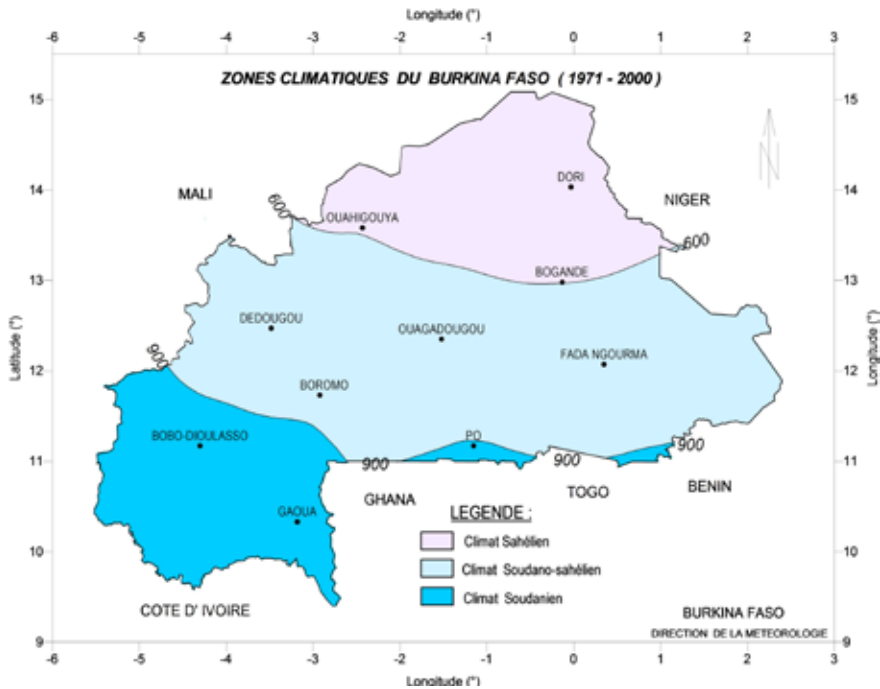
Sur le plan administratif, le Burkina Faso compte 13 régions, 45 provinces, 351 départements, 302 communes rurales, 49 communes urbaines et 8 435 villages

1.2 Caractéristiques physiques

Le climat : Le climat du Burkina Faso est de type tropical sec comportant une saison sèche relativement longue et une saison humide assez courte. Du Nord au Sud, on distingue trois zones climatiques (Somé, 2002) : i) la zone sahélienne au Nord avec une pluviométrie inférieure à 600 mm, ii) la zone nord-soudanienne, comprise entre 11°30' et 14° latitude Nord, avec une pluviométrie variant entre 600 et 900 mm, iii) la zone sud-soudanienne, située au Sud de 11°30' latitude Nord, avec une pluviométrie comprise entre 900 et 1200 mm (figure 1).

En ce qui concerne la saison humide, les pluies commencent dès le mois d'avril dans l'extrême sud du pays, d'abord par intermittence puis régulièrement et s'installent progressivement dans la totalité du pays dès le mois de juin. Par contre, elles s'arrêtent très rapidement dès la fin du mois de septembre, si bien que la saison pluvieuse est plus longue dans le Sud que dans le Nord du pays. Les pluies sont brèves et fortes en début de saison, le ruissellement qui en découle, constitue un facteur important d'érosion des sols, lesquels sont généralement nus à cette période.

Figure 1 : Carte des zones climatiques du Burkina Faso



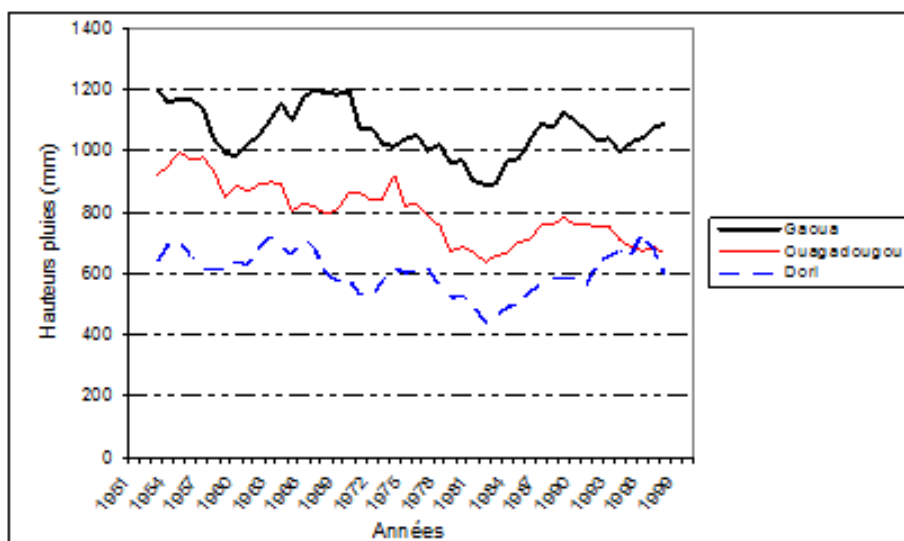
Dans toutes les zones climatiques, la pluviométrie est caractérisée par de fortes variabilités interannuelles et spatio-temporelles. Elle présente depuis une quarantaine d'années, une tendance à la baisse (figure 2). On observe également une diminution de la période de croissance végétale et le déplacement des isohyètes vers le Sud. On note également des retards de plus en plus longs dans l'installation de la saison des pluies, ce qui se traduit par des retards dans les débuts d'inondation et des raccourcissements de la durée des lames d'eau dans les bas-fonds et le remplissage des retenues d'eau.

Par ailleurs, les forts taux d'évaporation enregistrés dans le pays constituent une contrainte majeure à la gestion des ressources en eau, notamment celles des plans d'eau, généralement peu profonds (3-5 m).

Les sols : On distingue huit (8) grands groupes de sol au Burkina dont la plupart sont fragiles et d'une fertilité naturelle médiocre (BUNASOLS, 1985). Ils sont dominés par les sols ferrugineux peu évolués d'érosion et les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés qui couvrent une très vaste superficie dans les régions Nord, Centre Nord, Est et à l'ouest de la région des Hauts Bassins.

Ces sols sont en général pauvres en éléments nutritifs, de faible profondeur et caractérisés par une capacité de rétention en eau limitée (Dembélé et Somé, 1991). Ils sont exposés à une dégradation accélérée liée à l'érosion hydrique, à la destruction du couvert végétal et aux pratiques culturales inadaptées. Résultat : la fertilité des sols baisse, les surfaces cultivables diminuent, les cours d'eau s'ensablent et la nappe phréatique baisse du fait de l'augmentation du ruissellement.

Figure 2 : Evolution de la pluviométrie dans les 3 zones climatiques (1961-2000)



Les meilleurs types de sols sont surtout : (i) les sols bruns et les vertisols, et, dans une certaine mesure, les sols hydromorphes et les sols ferralitiques. Les sols bruns et les vertisols sont fréquents sur les roches sédimentaires de l'Ouest (Cascades, Hauts Bassins) et de l'Est. Ils sont présents aussi au Sahel, parfois associés aux cordons dunaires. Mais c'est surtout dans la région de la Boucle du Mouhoun qu'ils sont les mieux représentés. Les sols profonds hydromorphes sont localisés dans les parties basses du relief (en particulier les vallées des grands cours d'eau). Plus généralement, ces sols caractéristiques des bas-fonds sont aptes à la riziculture pluviale et irriguée et au maraîchage.

Le réseau hydrographique : Le réseau hydrographique qui draine le pays se rattache à 3 bassins versants internationaux : la Volta, le Niger et la Comoé. Ces 3 bassins sont eux-mêmes subdivisés sur le territoire burkinabé en 4 bassins versants nationaux (figure 3), qui occupent le territoire national dans les proportions suivantes : Le *bassin du Mouhoun* (33%), le *bassin du Nakanbé* (30 %), le *bassin du Niger* (30%) et le *bassin de la Comoé* (7%). Enfin, à un niveau inférieur, ces 4 bassins nationaux sont subdivisés en 17 sous-bassins versants nationaux (MAHRH, 2001). Ce réseau hydrographique est assez dense, mais la plupart des cours d'eau ont un écoulement temporaire et leurs débits présentent des tendances à la baisse. Seuls les quelques cours d'eau des provinces de la Comoé, du Mouhoun et de la Léraba (Ouest) ont un écoulement permanent.

Figure 3 : Carte des bassins versants nationaux et du réseau hydrographique de Burkina



Le tableau 1 montre que les demandes (consommatrices + non consommatrices) représentent un pourcentage important des ressources renouvelables. Pour le pays entier, la demande consommatrice représente 10,6 % des ressources renouvelables en année normale

Tableau 1 : Ressources en eau et demandes en eau dans les bassins versants du Burkina Faso

Bassins versants nationaux	Superficies (km ²)	Volumes d'eau (milliards de m ³)			
		Ressources renouvelables Année moyenne	Ressources renouvelables Année sèche	Demandes consommatrices	Demandes non consommatrices
Comoé	17.590	0,76	0,39	0,117	0,091
Mouhoun	91.036	1,59	0,77	0,191	0
Nakanbe	81.932	1,66	0,77	0,144	2.000
Niger	83.442	0,73	0,39	0,053	0
Burkina Faso	274.000	4,75	2,32	0,505	2,091

source : MAHRH, 2001

1.3 Situation de l'agriculture et son importance économique

L'économie du Burkina repose sur le secteur rural qui emploie environ 86% de la population active, intervient pour près de 40% dans la formation du Produit intérieur brut (agriculture 25%, élevage 12%, foresterie et pêche 3%) et pour environ 80% aux recettes d'exportation du pays. Il absorbe en moyenne 30 à 35% du programme d'investissement public. Le secteur agricole constitue donc une composante déterminante de l'économie burkinabè tant par l'importance de sa contribution à la création de richesses et d'emplois, à la recherche de la sécurité alimentaire et nutritionnelle, que par son poids dans les exportations du pays.

Dans la hiérarchie des priorités sectorielles, le secteur agricole occupe une place centrale après l'éducation et la santé.

L'analyse des sources de croissance de l'économie nationale a permis l'identification de six (6) filières prioritaires qui sont les céréales (*sorgho, mil, maïs, riz*), le niébé, les tubercules (*ignames et patates*), le coton, les fruits et légumes et les oléagineux (*arachide, sésame, karité*). Ces filières sont cependant confrontées à une large gamme de difficultés. En effet, malgré son importance pour l'économie du pays, l'agriculture burkinabè demeure pour l'essentiel une agriculture de subsistance, peu mécanisée, absorbant très peu d'intrants et encore largement dépendante des cultures pluviales. Elle souffre d'un faible niveau d'organisation des producteurs, du faible développement du capital humain, d'une faible productivité, d'une diversification insuffisante, des difficultés d'accès aux financements et aux marchés, etc. Par conséquent, cette agriculture connaît et contribue peu à la lutte pour la sécurité alimentaire et contre la pauvreté.

1.4 Nécessité de développer l'irrigation

Soumis à des conditions climatiques particulièrement défavorables, l'agriculture burkinabè est caractérisée par de fortes fluctuations de la production d'une année à l'autre, situation qui provoque des crises alimentaires récurrentes (Albergel *et al.*, 1985). Pour y faire face, surtout au regard de l'explosion démographique sans cesse croissante à laquelle est confronté le pays, avec ses corollaires comme la réduction des superficies cultivables, la maîtrise de l'eau pour l'irrigation apparaît comme une des alternatives incontournables. Elle permettra de sécuriser et d'accroître la productivité agricole de manière à satisfaire les besoins alimentaires des populations et améliorer leur niveau de vie. C'est dans ce but que le pays a développé depuis l'indépendance diverses stratégies faisant appel à la maîtrise de l'eau. Depuis, l'agriculture irriguée fait désormais partie de la stratégie du Burkina Faso pour atteindre l'objectif de croissance durable de l'agriculture et de lutte contre la pauvreté.

Cependant, pour satisfaire ses besoins alimentaires, le Burkina Faso doit non seulement augmenter ses surfaces irriguées mais aussi améliorer ses pratiques d'irrigation en vue d'accroître la productivité des aménagements hydro-agricoles. Cela est d'autant vrai que les aménagements deviennent de plus en plus coûteux et les ressources nécessaires à leur réalisation de plus en plus faibles.

2. Potentialités et contraintes liées à l'irrigation

2.1 Potentialités majeures

a) Les ressources en eau : Les ressources en eau renouvelables du Burkina Faso comprennent les eaux de surface (8,79 milliards de m³) et les eaux souterraines dont les réserves annuellement renouvelables sont de 32,40 milliards m³ sur des réserves totales en eau souterraine souvent évaluées à 402 milliards de m³, mais que d'autres études et sources situent entre 286 à 534 milliards de m³.

Les eaux de surface constituent la principale ressource en eau d'irrigation facilement mobilisable au Burkina Faso. Elles présentent une très forte variabilité interannuelle. A ce jour, la dynamique de mobilisation des eaux de surface s'est intensifiée au cours des dernières décennies, illustrant la volonté du Gouvernement de faire de la maîtrise de l'eau une option essentielle pour la sécurisation de la production alimentaire et de résorption de la pauvreté. Ainsi, à ce jour, le Burkina compte plus de 1200 ouvrages de stockage d'eau (barrages, lacs, mares, boulis, seuils), à buts multiples (irrigation, abreuvement du bétail, usages domestiques, pêche, etc.). Leur capacité totale est estimée à 5 milliards de m³. L'ambition du pays est de porter, à l'horizon 2015, la capacité de stockage des ouvrages de retenue d'eau à 10 milliards de m³, volume considéré comme nécessaire à la satisfaction des besoins en eaux indispensables à l'intensification durable des productions agro-sylvo-pastorales. Les principaux grands barrages se trouvent surtout dans les bassins du Nakanbé (Kompienga, Bagré, Loumbila, Ziga), du Mouhoun (Sourou) et de la Comoé (Douna, Comoé). Le bassin du Niger ne comporte aucun grand barrage (Nombré, 1995). Les petits barrages sont de loin les plus nombreux (plus de 80% des barrages). Près de 40 % de ces petits barrages sont situés dans le bassin du Nakanbé.

Les eaux souterraines offrent des possibilités d'irrigation beaucoup plus limitées du fait de la profondeur généralement excessive des aquifères. Les deux grandes formations aquifères présentes au Burkina Faso sont le socle cristallin (sur environ 82 % du pays), et les zones sédimentaires. Ils sont principalement situés au sud-ouest, au nord et au sud-est du pays (près de 18 % du territoire national).

- En zone de socle cristallin, les eaux souterraines sont liées à la fissuration, à la fracturation ou à l'altération des roches. Les débits obtenus dans les forages pratiqués dans ces zones sont faibles (0,5 à 20 m³/h) ;
- En zones sédimentaires, les débits des forages sont plus importants (ils peuvent dépasser 100 m³/h).

Les zones susceptibles de permettre une exploitation intensive des ressources hydriques souterraines seraient essentiellement circonscrites autour de la ville de Réo (Centre-Ouest), où la nappe phréatique communique avec l'aquifère, et dans la région Ouest, à la vallée du Kou, située à la verticale d'une nappe phréatique soutenue par des écoulements de surface pérennes.

b) Le potentiel en terres irrigables : Ce potentiel reste encore assez mal connu au Burkina Faso. L'évaluation de ce potentiel réalisé, dans le cadre des projets et des programmes, a permis d'obtenir un chiffre global et approximatif de 233 500 ha (MAHRH, 2004). La quasi-totalité de ce potentiel (93,4%) se retrouve dans les régions de l'Ouest, de la Boucle du Mouhoun, du Sud-Ouest, du Centre-Est et du Centre correspondant aux principales plaines irrigables du pays (tableau 2).

Les superficies aménagées pour l'irrigation peuvent être estimées à 64 650 ha, tous types d'aménagement confondus ; ce qui représente un peu plus de 27% du potentiel irrigable du pays ci-dessus indiqué. Ces superficies sont réparties entre 13 650 ha en grands et moyens périmètres, 21 000 ha en bas-fonds, et 30 000 ha de petits périmètres villageois.

Mais si d'une manière systématique, le potentiel en eau est le principal déterminant, alors le potentiel en terres irrigables du Burkina peut être estimé à plus de 750 000 ha.

Tableau 2 : Répartition régionale du potentiel en terres irrigables du Burkina

Région	Superficie géographique (km ²)	Superficie irrigable (ha)
Centre (Centre, Plateau central, Centre-Sud)	21 950	10 390
Centre-Ouest	26 325	9 860
Centre-Nord	21 580	4 860
Nord	12 295	3 100
Boucle du Mouhoun	33 015	29 140
Centre-Est	11 260	33 830
Cascades	18 405	13 620
Hauts-Bassins	24 770	25 255
Sud-Ouest	17 480	96 100
Est	49 990	6 150
Sahel	36 870	1 195
Total	273 940	233 500

Source : MAHRH, 2004

c) La volonté politique en faveur de l'irrigation : Cette volonté politique a été affirmée depuis 1993 par le Gouvernement à travers la lettre de politique du secteur eau et la note de politique d'hydraulique agricole qui fixent les grandes orientations en matière d'hydraulique agricole au Burkina Faso. Depuis, l'irrigation fait partie des programmes retenus par le Gouvernement pour réaliser l'objectif de croissance durable de la production agricole : réduire l'insécurité alimentaire et la pauvreté rurale par l'accroissement de la production agricole et par la création d'emplois et l'amélioration des revenus.

De l'introduction de l'irrigation dans le pays dans les années 60, jusqu'à la fin des années 90, le développement de l'irrigation s'est traduit par la mise en place de grands aménagements et, ensuite, de petits périmètres villageois. Mais à partir des années 2000, les autorités du pays ont décidé d'encourager les initiatives individuelles pour développer un secteur d'irrigation informel orienté vers la production de spéculations à haute valeur ajoutée, tout en poursuivant la valorisation des grands et moyens aménagements. La volonté politique en faveur de l'irrigation est consacrée par l'existence d'un ministère en charge de l'agriculture et de l'hydraulique et de la création au sein de ce ministère de la DADI (Direction des Aménagements et du Développement de l'Irrigation).

d) Les ressources humaines et les associations professionnelles : La population du Burkina Faso est formée dans sa majorité de jeunes, essentiellement originaires du milieu rural. De

nombreux acteurs sont organisés à travers des groupes bien structurés pour le développement de l'irrigation. L'exemple le plus parlant est le cas de l'APIPAC (Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes) qui a aujourd'hui atteint un niveau avancé de professionnalisation. En outre, des Associations d'usagers de l'eau sont entrain d'être mises en place sur les périmètres irrigués, où existent déjà des organisations paysannes souvent dynamiques.

Le Burkina a connu depuis son indépendance (en 1960) des expériences, nombreuses et multiformes, en matière d'aménagement hydro-agricole. Plusieurs bureaux d'études et d'entreprises de travaux travaillent dans ce domaine depuis de longues années. De ce fait, le pays dispose aujourd'hui d'une expertise nationale certaine en matière de réalisation et de gestion des aménagements hydro-agricole. Cette expertise se retrouve aussi bien au niveau de ces structures privées (bureaux d'études et d'entreprises de travaux) qu'à celui des services techniques spécialisés de l'Etat.

e) La recherche scientifique et technologique : Des techniques d'irrigation sont (ou peuvent être) élaborées ou testées au 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement) et à l'INERA (Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles). Des organisations non gouvernementales (ONG) comme le Centre Ecologique Albert Schweitzer (CEAS) mènent aussi des actions d'introduction et d'expérimentation des technologies d'irrigation à faible coût.

Les recherches menées depuis la fin des années 70 par l'INERA et ses partenaires scientifiques (CIRAD, AfricaRice, IRD, IITA, FAO, IWMI, ICRISAT, etc.)² ont permis de produire de nombreuses variétés, ainsi que des paquets technologiques performants, pour différentes spéculations irriguées au Burkina. L'INERA a accru son potentiel scientifique ces dernières années par une formation plus poussée de ses chercheurs et techniciens. L'IRSAT conduit des recherches sur les techniques et technologies post-récolte et agroalimentaires qui peuvent soutenir le développement des activités connexes de l'irrigation.

Il existe dans le pays des structures de formation dans le domaine de l'agriculture irriguée et de la maîtrise de l'eau. On peut mentionner dans ce registre : (i) l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), (ii) l'Institut du Développement Rural (IDR) de l'Université de Bobo-Dioulasso et (iii) le Centre Agricole Polyvalent (CAP) de Matourkou qui forme des techniciens d'agriculture. D'autres instituts supérieurs privés ont désormais inclus dans leurs programmes d'enseignement sur la Maîtrise de l'eau.

2.2 Principales contraintes

a) Les menaces sur les ressources en eau : La baisse de la pluviométrie au cours du dernier quart du vingtième siècle a eu comme conséquence une réduction importante des débits de ces cours d'eau, et une accentuation de l'irrégularité des apports en eau de surface. La mobilisation des eaux de surface au moyen de barrages entraîne de grandes pertes par évaporation, notamment

² CIRAD: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

IRSAT: Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

IITA : International Institute for Tropical Agriculture

IWMI: International Water Management Institute (Institut International de Gestion de l'Eau)

ICRISAT: Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides

dans les petites retenues la plupart ont une profondeur de 3-5 m en raison du caractère plat du relief du pays (D'at de Saint Foulc, 1986). Or l'évaporation annuelle d'une nappe d'eau libre est estimée entre 2 m au sud et 2,3 m au nord du pays (Puech, 1984). Les eaux souterraines existent en quantité importante mais sont dans leur grande majorité difficilement mobilisables. La contribution possible au développement de l'irrigation, est donc faible.

b) Le coût élevé des aménagements : Le coût très élevé et constamment croissant des aménagements est un frein à l'extension de l'irrigation, notamment la grande hydraulique car, à ces niveaux, une rentabilité économique des aménagements est difficile à observer. Plusieurs raisons expliquent les coûts élevés des grands périmètres irrigués :

- les normes et standards dans la conception et la réalisation des ouvrages, sans relation avec le niveau technique des usagers et la viabilité des aménagements ;
- l'absence d'économie d'échelle, du fait de la réalisation par petites tranches ;
- la non implication des bénéficiaires dans la réalisation des travaux d'aménagement.

Pour les périmètres moyens, un facteur explicatif des coûts est lié aux ouvrages de protection des périmètres qui occupent souvent les lits majeurs des cours d'eau, en aval des barrages. Les seuls coûts d'endiguement contre les crues peuvent représenter 30-40 % du coût total de ce type de périmètre (MAHRH, 2004).

c) La mauvaise qualité de certains sols : Dans la plupart des périmètres irrigués, beaucoup de sols sont inaptes à la riziculture, soit qu'ils sont peu profonds, soit qu'ils sont en majorité filtrants et ne permettent pas le maintien d'une lame d'eau (cas au Sourou, à Karfiguéla, à Douna, à Banzon, etc.). Il se pose également le problème de carence en certains éléments minéraux (zinc, potassium) et des phénomènes de toxicité, liés à la présence d'oxyde de fer (Vallée du Kou et certains bas-fonds de la Comoé) ou à des remontées salines dont des indices ont été décelés dans la plaine irriguée du Sourou (Barro *et al.*, 2002).

d) L'enclavement de certaines sites : L'enclavement de certains périmètres irrigués ou de zones d'irrigation constitue un sérieux handicap pour leur performance, notamment à cause du renchérissement des coûts de transport (difficulté d'accès aux marchés et aux localités abritant les unités de transformations,...). C'est le cas, par exemple, pour les périmètres irrigués de la plaine du Sourou et de nombreux sites de petite irrigation et bas-fonds aménagés.

e) L'analphabétisme et l'insuffisance de formation des acteurs : Les petits irrigants sont en majorité analphabètes. Cette situation et leur faible niveau d'organisation limitent les capacités d'entreprise et de négociation de cette catégorie de producteurs, et rend difficile leur accès aux équipements, aux intrants et aux autres facteurs modernes de production. Par ailleurs, le savoir faire et les compétences requises des acteurs intervenant sur les périmètres irrigués ne sont pas toujours suffisants. C'est ainsi que la gestion de l'eau est souvent laissée à la charge d'un exploitant-aiguadier supervisé par un encadreur qui, bien que dominant les techniques de production agricole, ne maîtrise pas toujours la gestion de l'eau et la maintenance des ouvrages, faute de formation adaptée. Cependant, certains acteurs de la petite irrigation possèdent une maîtrise appréciable de leur activité, notamment la pratique du maraîchage (DGSPA, 2007).

f) L'insécurité foncière : Sur les aménagements hydro-agricoles, les exploitants ne disposent en général d'aucun titre de jouissance. Quant aux petits irrigants maraîchers, dans la plupart de cas, ils ne sont pas propriétaires de leurs terres qu'ils acquièrent temporairement. Ce statut limite les investissements, notamment la plantation de haies vives et l'apport de fumure organique.

Sur les périmètres collectifs, l'exiguïté et l'insuffisance des parcelles (0,25-1,0 ha, quelques rares fois 2,0 ha) diminuent l'intérêt économique des cultures irriguées pour le paysan et détournent ses efforts vers les cultures pluviales ou vers d'autres activités plus intéressantes pour lui. Ainsi, le besoin d'une extension de l'aménagement est exprimé de manière de plus en plus ouverte dans plusieurs sites. Cette situation rend aussi difficile la lutte contre les irrigants « pirates ».

La situation foncière du Burkina est actuellement dans une phase transitoire. Une nouvelle loi vient d'être adoptée mais sa mise en application n'est pas encore effective. En attendant la mise en œuvre de la nouvelle Politique Nationale de Sécurisation Foncière en Milieu Rural et la **loi portant régime foncier en milieu rural**, l'accès aux terres rurales à des fins d'irrigation est jusqu'ici régi par la RAF (loi portant Réorganisation Agraire et Foncière de 1996). Mais le régime foncier actuel est caractérisé par son absence d'effectivité, et surtout par une insécurité liée, entre autres, à la coexistence de régimes fonciers traditionnels et modernes et aux difficultés d'application sur le terrain de la RAF.

3. Principales zones d'irrigation

C'est dans les années 60 que l'irrigation formelle a été introduite au Burkina Faso (Aouba, 1993). De nos jours, l'irrigation est pratiquée dans toutes les régions du Burkina Faso. Mais les principales zones d'irrigation demeurent celles indiquées ci-dessous :

- Les régions du Centre (Ouagadougou), du Centre-Sud (Kombissiri) et du Plateau Central (Ziniaré) : Elles abrite un nombre élevé de petits et moyens périmètres rizicoles et maraîchers (Mogtédou, Loumbila, Talembika, Boulmiougou, ...). Dans la majorité des autres villages de ces régions, la petite irrigation existe avec des petits moyens d'exhaure ;
- La région du Nord (Ouahigouya) : Cette région se distingue par le dynamisme de ses organisations paysannes et de ses ONG. Bien qu'elle soit une des régions les plus sèches du pays, elle tend aujourd'hui à situer dans le peloton de tête en matière de petite irrigation, et de production maraîchère. Quelques petits périmètres collectifs existent aussi dans la zone ;
- La région des Hauts-Bassins (Bobo-Dioulasso) : Le plus ancien grand périmètre rizicole (Vallée du Kou, 1.260 ha) existe dans cette région, en plus du grand périmètre de Banzon (585 ha). L'horticulture existe avec des moyens d'exhaure divers : de l'arrosage manuel à la motopompe. Sur certains sites c'est l'irrigation manuelle qui domine. Par contre, sur d'autres c'est l'irrigation à la motopompe qui domine ; c'est le cas des sites de Diarradougou, Lèguéma, Dogona, Desso, Badara... ;
- La région des Cascades (Banfora) : Cette région est réputée par la présence du plus grand périmètre sucrier (environ 4.000 ha) entièrement irrigué par aspersion. Il y a aussi des périmètres rizicole de Karfiguèla (350 ha), Douna (410 ha) et Tiéfara (16

ha). Le maraîchage existe avec des moyens d'exhaure divers : de l'arrosage manuel à la motopompe en passant par la pompe à pédale sur les différents sites (Takalédougou, Tingréla, Karfiguéla, Bérégadougou, ...) ;

- La région de la Boucle du Mohoun (Dédougou-Tougan) : Au nord-ouest de la région se situe la Vallée du Sourou, plaine irriguée d'un potentiel de 30.000 ha. Divers systèmes d'irrigation (aspersion, californien, gravitaire/bassins) et de périmètres (rizicoles, à polyculture, maraichers). Plus au sud, autour de Dédougou l'horticulture est dominée par des grandes surfaces qui nécessitent des gros moyens de pompage (motopompes). Il y a cependant quelques poches dispersées de petite horticulture manuelle dans les bords du Mouhoun, notamment dans la province du Mouhoun ;
- La région du Centre-Ouest (Koudougou-Réo) : Elle abrite quelques petits périmètres irrigues comme Savili, Goundi, ... Le maraîchage est beaucoup pratiqué dans la province de Sanguié, essentiellement à partir de puits ou puisards et dans des petits enclos où l'irrigation se fait à la main (puisettes, seaux, arrosoir...). La petite irrigation est aussi pratiquée dans la province du Boulkiemdé, mais avec moins d'intensité ;
- La région du Centre-Nord (Kaya) : Cette région est très active dans le domaine de l'irrigation autour des lacs. Les producteurs sont assez bien équipés en motopompes. Les principales cultures irriguées sont les cultures maraîchères et fruitières. La région abrite également quelques petits et moyens périmètres irrigués rizicoles dont certains sont très anciens comme le périmètre de Louda ;
- Les régions de l'Est (Fada N'Gourma) et du Centre-Est (Tekodogo) : Dans ces régions, existe une grande plaine irriguée rizicoles (Bagré dans la province du Boulgou) avec un potentiel de 30.000 ha. Parmi les nombreux petits et moyens périmètres, on peut citer Itenga, Gorgo (Centre-Est), Dakiri, Tapoa (Est). A l'Est, le maraîchage est pratiqué dans tous ces villages, cependant dans un certain nombre, il est à ses débuts.

4. Typologie des aménagements hydro-agricoles

Les superficies aménagées pour l'irrigation au Burkina Faso englobent plusieurs types d'aménagements qui sont classées suivant la typologie en vigueur, en quatre grandes catégories : i) les grands périmètres ; ii) les périmètres moyens ; iii) les bas-fonds aménagés et iv) la petite irrigation (Nébié, 1996 ; MAHRH, 2004).

a) Les grands périmètres : Les grands périmètres, réalisés par l'Etat, couvrent plusieurs centaines, voire quelques milliers d'hectares. Ils sont à maîtrise totale de l'eau. Leur mise en valeur repose essentiellement sur le paysannat, souvent constitué de paysans-colons. Les exploitants proviennent de différentes provinces du pays. La superficie des exploitations varie de 0,5 à 2 ha.

- *Les grands aménagements rizicoles entièrement gravitaires.* Leurs réseaux d'irrigation sont constitués de canaux à ciel ouvert revêtus, pour les primaires, les secondaires et, des fois les tertiaires, et non revêtus, pour le reste et le réseau de drainage. La principale technique d'irrigation (pour le riz) est l'irrigation par submersion, à travers des bassins. La méthode d'irrigation mixte est utilisée pour le maïs et les cultures maraîchères est, soit à travers des raies courtes, soit à l'aide de planches étroites ;

- *Les périmètres irrigués par aspersion* : Il s'agit en particulier du périmètre sucrier de la SN-SOSUCO (Société Nouvelle-Société Sucrière de la Comoé) à Banfora et le périmètre de blé et de maïs de la SOCADI (Société des Coopératives Agricoles de Di) au Sourou. Ces deux périmètres sont irrigués avec des rampes pivotantes (pivots) et des rampes frontales. A Banfora, certaines parcelles sont irriguées à partir d'un système d'aspersion classique avec des asperseurs disposés en 18 m x 18 m. L'irrigation localisée (goutte à goutte) est actuellement en expérimentation sur certaines parcelles en vue de son adoption sur le périmètre ;
- *Le périmètre à système californien de Guiédougou* : Ce périmètre maraîcher de la Société des Coopératives Maraîchères et Agricoles de Guiédougou (SOCOMAG), est irrigué par un système californien, à côté d'un autre périmètre de 150 ha doté d'un réseau gravitaire de canaux à ciel ouvert.

Les modes de gestion de ces aménagements principalement consacrés à la riziculture irriguée (à l'exclusion du périmètre sucrier agro-industriel de la SN-SOSUCO) sont diversifiés : Gestion déléguée à un organisme étatique, autogestion paysanne autonome. L'unique exemple de gestion privée est celui de la SN-SOSUCO ;

b) Les périmètres moyens : Leur superficie est comprise entre 20 et 100 ha. Il s'agit surtout de périmètres gravitaires en aval de petits barrages ou des périmètres alimentés par pompage, à partir de lacs naturels ou en amont de petits barrages. Les bénéficiaires sont souvent associés à l'exécution de ces périmètres par l'apport de main d'œuvre ou de matériaux. Les parcelles individuelles sont de 0,1 à 0,25 ha ;

- Les périmètres moyens sont à maîtrise totale de l'eau. La distribution de l'eau dans les périmètres rizicoles est gravitaire, à travers un réseau de canaux à ciel ouvert revêtu, sauf les canaux terminaux. Elle peut se faire à l'aide d'un réseau de type californien dans certains périmètres maraîchers. L'irrigation s'effectue selon le mode du tour d'eau. Le périmètre est subdivisé en différents quartiers hydrauliques recevant successivement l'eau, selon un calendrier de distribution préétabli. L'alimentation en eau du périmètre est sous la responsabilité d'un aiguardier ou d'un responsable de la station de pompage ;
- Les techniques d'irrigation sont : l'irrigation par bassins, pour la riziculture, et la méthode mixte, et l'irrigation, à travers un réseau de raies courtes ou à l'aide de planches étroites ;
- L'autogestion paysanne autonome est le mode de gestion le plus fréquent sur les périmètres moyens collectifs. L'Etat assure encore l'encadrement technique de certains de ces périmètres.

c) La petite irrigation : Elle correspond aux périmètres de moins d'un hectare à 20 ha. Les périmètres de la petite irrigation peuvent être individuels (privés) ou collectifs (coopératives ou groupements villageois, sur les périmètres de plusieurs hectares) :

- Les petits aménagements privés sont réalisés à l'initiative des promoteurs qui en assurent la planification, supportent l'essentiel des coûts et assument toutes les décisions relatives à la production et à la commercialisation des produits. Le mode de gestion est privé sur les périmètres individuels ;

- Les petits aménagements collectifs ou villageois sont mis en œuvre par des groupements (d'hommes, de femmes, jeunes) au niveau des villages et ont un caractère communautaire. Ils sont promus par l'Etat et l'investissement autorisant la production est collectif. Le processus de réalisation de ces aménagements est basé sur une approche participative qui associe les bénéficiaires dans toutes les phases de réalisation des travaux. Sur les petits périmètres communautaires, c'est l'autogestion paysanne qui prévaut ;
- La petite irrigation exploite aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines. La mobilisation de l'eau se réalise à l'aide de petits barrages à retenues temporaires, de puits, de puisards et de forage. Les moyens d'exhaure utilisés en petite irrigation sont aussi bien mécaniques (pompes à pédales, petites motopompes de 3,5 à 5 CV) que manuels (seaux, arrosoirs, calebasses, divers autres récipients) ;

Les systèmes de transport et de distribution de l'eau et les techniques d'irrigation sont très diversifiés :

- Transport et application de l'eau d'irrigation par récipients (arrosoirs, calebasses, seaux,...) ;
- Système à réseau principal et de distribution tous gravitaires : L'eau d'irrigation est amenée par un canal qui est le plus souvent revêtu. Les raies ou des micro-bassins sont ainsi alimentés ;
- Système à réseau principal sous pression et à système de distribution gravitaire : L'eau d'irrigation est refoulée dans une canalisation enterrée pour l'amener à un point de répartition placé en un point haut du périmètre, puis à répartir cette eau gravité par une série de canaux à ciel ouvert revêtus ou non ;
- Canaux maçonnés en briquettes : Ces systèmes améliorent l'efficacité de la distribution de l'eau notamment dans la partie aval des réseaux ;
- La micro-irrigation (notamment le goutte à goutte) et le système simple d'irrigation par aspersion sont très appréciés par les producteurs à cause des économies d'eau qu'ils permettent. Mais leurs coûts et la technicité que requiert leur mise en œuvre font qu'ils sont actuellement très peu répandus au Burkina. Par contre, les réseaux semi-californiens qui, eux-aussi rencontrent un réel engouement auprès des producteurs, connaissent une expansion rapide.

d) Les bas-fonds aménagés : Ce sont des aménagements avec maîtrise partielle de l'eau qui visent, selon les cas, un ou plusieurs des objectifs suivants : réduire la violence et/ou étaler les crues, augmenter la surface submergée, prolonger la durée de submersion, drainer les excès d'eau, favoriser la recharge en eau du sol et/ou retarder le rabattement de la nappe. Les parcelles individuelles sont de l'ordre de 0,1 à 0,25 ha (CIEH, 1987 ; CNRST, 1997).

- Les modèles d'aménagements dominants sont ceux avec diguettes en terre compactées suivant les courbes de niveaux (Verlinden et Dembélé, 2002). Celles-ci peuvent être revêtues avec des moellons (type PAFR : Plan d'Actions pour la Filière Riz) ou non (type PRP : Projet Riz Pluvial) ;
- L'aménagement des bas-fonds fait appel à des techniques simples visant la maîtrise partielle de l'eau surtout pour la riziculture d'hivernage. La mobilisation de l'eau peut s'effectuer aussi, à travers les puits les puisards pour les cultures de saison sèche. Les principales techniques mises en œuvre dans ces aménagements sont : (i) l'irrigation

par submersion, grâce à la rétention d'une lame d'eau, surtout pour la riziculture, (ii) l'irrigation par des raies courtes, (iii) l'irrigation par épandage de crues, (iv) l'irrigation par ruissellement, à l'aide de planches étroites et) (v) l'irrigation par aspersion manuelle, à l'aide d'arrosoirs, de calebasses ou d'autres récipients.

La gestion des aménagements est assurée par les organisations des exploitants.

5. Cultures irriguées

On constate que le développement de l'irrigation, et de la petite irrigation en particulier, a favorisé une diversification des cultures sous irrigation. Celles-ci englobent, de nos jours, des céréales, des cultures maraîchères et fruitières, des légumineuses et des tubercules, etc. Mais les principales cultures irriguées demeurent le riz, les cultures maraîchères et la canne à sucre.

5.1. Le riz

La riziculture irriguée constitue la principale activité sur les grands et moyens périmètres pendant la saison des pluies. La double culture du riz est la pratique dominante sur les grands périmètres rizicoles et elle était même, jusqu'à une date récente, obligatoire à Bagré. En saison pluvieuse, la quasi-totalité des superficies de ces superficies sont emblavées en riz. Pour des raisons de disponibilité d'eau dans le barrage en saison sèche, certains périmètres rizicoles sont exploités en maraîchage parfois en association avec le maïs ou le sorgho, alors que sur d'autres sites aucune culture n'est pratiquée (MAHRH, 2004).

En ce qui concerne les rendements moyens en paddy, ils varient entre 3,5 et 5 tonnes/ha dans les périmètres irrigués (en maîtrise totale de l'eau) 2 à 2,5 tonnes dans les bas-fonds (en maîtrise partielle de l'eau). Or le potentiel des variétés utilisées est de 6-7 tonnes/ha. La faiblesse des rendements est liée au faible niveau d'équipement des producteurs et l'absence d'équipements appropriés pour certaines opérations culturales essentielles (labour, mise en boue, planage), à la faible utilisation des semences améliorées et au non-respect des itinéraires techniques (doses et modes d'application de la fumure, gestion de l'eau, calendrier cultural).

L'intensité culturale des périmètres irrigués rizicoles varie, selon les années, entre 120 % et 180 %.

5.2 Les cultures maraîchères et fruitières

L'oignon et la tomate sont, sans conteste, les deux spéculations maraîchères majeures au Burkina Faso. D'autres cultures maraîchères comme le haricot vert, l'aubergine, le chou, la pomme de terre, la laitue, la carotte, le poivron, le gombo, le piment... sont également importantes.

Les cultures maraîchères sont pratiquées principalement en saison sèche, de fin septembre à mai, période durant laquelle les agriculteurs sont davantage disponibles pour ces productions exigeantes en main-d'œuvre et où le climat leur est plus favorable (Kaboré, 2007 ; Illy *et al.*, 2007).

En ce qui concerne les cultures fruitières, les plantations sont principalement situées dans les zones Sud-ouest et Ouest. La production fruitière est basée sur des plantations majoritairement villageoises dont la quasi-totalité n'est pas mécanisée. Les vergers de manguiers, d'agrumes ou d'anacardiens sont traditionnels et non irrigués (sauf dans quelques rares cas),

tandis que la banane et la papaye sont produites exclusivement sous irrigation avec utilisation de beaucoup d'engrais minéraux.

Si l'irrigation se pratique dans toutes les régions du pays, on observe une certaine spécialisation des régions et même des provinces dans certaines spéculations. Ainsi :

- Les régions agricoles des Hauts-Bassins, des Cascades et de la Boucle du Mouhoun se caractérisent par l'existence d'une tradition de cultures porteuses principales comme la tomate, l'aubergine local, la pomme de terre, les choux, le gombo, l'oignon, le piment, la pastèque, banane, mangues, agrumes, etc. Les producteurs y sont assez bien équipés et organisés, avec une solide connaissance dans la pratique de l'irrigation et une longue expérience dans la production de saison sèche ;
- Les régions agricoles du Centre, du Centre-Est, du Centre- Ouest, du Centre-Sud, de l'Est et du Sud-Ouest ont également une tradition de cultures porteuses comme l'oignon, la pomme de terre, le piment, la tomate, l'aubergine local, le gombo, la pastèque, fraises, agrumes, etc. Mais bien que les producteurs de ces régions soient bien qu'organisés, ils n'ont qu'une expérience moyenne dans la pratique de l'irrigation et sont en général faiblement équipés. Les sites de petite irrigation sont nombreux, à cause de la dispersion des points d'eau et des terres irrigables. Néanmoins, malgré les handicaps ci-dessus indiqués, elles possèdent, en matière de production maraîchère, une légère avance sur la zone précédente (regroupant les régions des Hauts-Bassins, des Cascades et de la Boucle du Mouhoun) ;
- Quant aux régions agricoles du Centre-Nord, du Nord, du Plateau Central et du Sahel, elles se caractérisent par l'existence d'une tradition de cultures porteuses principales comme la tomate, l'aubergine locale, la pomme de terre, le haricot vert, le gombo, les choux, etc. Mais les producteurs, bien que motivés, demeurent relativement peu équipés, et leur maîtrise de la pratique de l'irrigation peut être qualifiée de moyenne à bonne. Ces régions se caractérisent aussi par des contraintes liées à la disponibilité des ressources en eau en saison sèche.

5.3. La canne à sucre

La canne à sucre est cultivée sur le périmètre agro-industriel de Banfora (Ouest). La SN-SOSUCO est en charge de la production de la canne à sucre en irrigué et de sa transformation en sucre. Sur cette unique plantation de cannes à sucre du pays, l'irrigation se pratique 24/24 entre le 1^{er} octobre et le 30 juin.

Les rendements moyens se situent autour de 75 t/ha, pour un potentiel de productivité estimée à 90 t/ha. Mais depuis quelques années, ces rendements connaissent une baisse. Parmi les causes incriminées, il y a, entre autres, la baisse de fertilité des sols, l'insuffisance et la mauvaise répartition des apports d'eau, les attaques parasitaires (nématodes,...).

5.4 Les autres cultures irriguées

Les autres cultures irriguées sont le maïs, le blé, le niébé, le soja, l'arachide, la patate douce, le manioc, la fraise, le souchet, etc.). Certaines de ces cultures qui sont traditionnellement pluviales, comme le maïs et le niébé, sont en expansion rapide sous irrigation. De nouvelles cultures font leur apparition en condition irriguée. C'est le cas du blé, du manioc, etc. Ces spéculations ont été adoptées par les producteurs avec la promotion de la petite irrigation.

En ce qui concerne particulièrement le maïs, il devient, de nos jours, de plus en plus une culture irriguée (Sanon et Dembélé, 2001 ; CNID-B, 2009). Il est produit sous irrigation de complément en saison humide et sous irrigation totale en saison sèche, avec le développement de la petite irrigation. Il s'est développé autour de cette spéculation un commerce qui fait la part belle à la consommation du maïs frais. Cela signifie qu'il s'agirait d'une activité très lucrative pour les paysans qui s'adonnent à cette activité (MAHRH, 2006 ; DGPSA, 2007). Dans la plupart des grands périmètres rizicoles (Sourou, Vallée du Kou, Banzon,...), les sols légers ou plus ou moins filtrants sont de plus en plus réservés à la culture du maïs au détriment du riz. L'irrigation de complément du maïs se fait par aspersion sur le périmètre de SOCADI, qui est un grand périmètre situé au Sourou, dans le nord-ouest du pays.

Les rendements moyens obtenus en production de saison sèche en irrigué sont :

- Pour le maïs grains : 5 tonnes/ha dans la région de l'ouest, 2,5 tonnes/ha au centre, 2 tonnes/ha dans le nord-ouest, 3 tonnes/ha à l'Est et 1 tonne/ha au Sahel ;
- Pour le maïs de « bouche », récolté au stade « grain pâteux », sur la base des densités recommandées, la récolte donne en moyenne 60. 000 épis de maïs/ha.

Les emblavures en maïs irrigué sont essentiellement concentrées dans les régions des Hauts-Bassins, des Cascades et de la Boucle du Mouhoun, qui disposent de conditions (terres, eau) propices, et qui ont une longue expérience dans la production de saison sèche. Mais le maïs irrigué (maïs de bouche) se rencontre également, sur de plus petites surfaces, dans d'autres régions (Centre, Centre-Est, Centre- Ouest, Centre-Sud, l'Est et Sud-Ouest). De façon générale, les rendements des cultures restent encore faibles sous irrigation, même s'ils connaissent une progression notable avec le temps.

6. POLITIQUES NATIONALES DE L'EAU ET D'IRRIGATION

Le Burkina dispose depuis plusieurs années maintenant d'une loi d'orientation relative à la gestion de l'eau et d'une stratégie nationale de développement de l'irrigation.

6.1 Politique nationale de l'eau

Le régime juridique de l'eau au Burkina Faso est aujourd'hui fixé par la loi n°002-2001/AN du 08 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau. Cette loi régit désormais le développement du secteur de l'eau sur la base des principes de la gestion intégrée des ressources en eau. Relativement au statut de l'eau, la loi affirme un principe et une exception.

- le principe, c'est la domanialité de l'eau : l'eau, dans ses divers états physiques et situations géomorphologiques, est déclarée élément du patrimoine commun de la nation ;
- l'exception, c'est la propriété privée : l'eau recueillie dans un ouvrage privé et destinée à un usage privé ne fait pas partie du domaine public.

A ce régime général, il faut adjoindre les régimes particuliers prévus par les décrets portant adoption des cahiers de charges pour la gestion des aménagements hydro-agricoles. Sur le plan organisationnel, les irrigants de type « exploitations paysannes » doivent se constituer en groupement ou en coopérative, dans le cadre de la loi n°014/99/AN du 15 avril 1999 portant réglementation des sociétés coopératives et groupements au Burkina Faso. L'Article

189 du Décret d'application de la législation foncière dispose que l'occupation et l'exploitation des terres hydro-agricoles font l'objet d'un cahier de charges élaboré par une commission interministérielle. Ce texte est rédigé sur la base d'un cahier de charges-type et en fonction des conditions d'exploitation de chaque aménagement périmètre. En ce qui concerne les exploitations de type agrobusiness, elles doivent payer, en plus de la redevance aménagement une redevance eau.

Par ailleurs, la loi d'orientation relative à la gestion de l'eau crée également un Conseil National de l'eau en tant que organe consultatif auprès du gouvernement. Ce conseil comprend des représentants de l'Administration d'Etat, des régions, des Autorités traditionnelles, des usagers d'eau, des organisations professionnelles, du système de recherche national et des conseils de bassins.

Le Gouvernement a également adopté en mars 2003 un Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) qui s'inscrit dans une perspective de restructuration du secteur de l'eau, sujet d'énormes enjeux et d'intérêts divergents. Il vise à contribuer à la mise en œuvre d'une gestion intégrée des ressources en eau du pays, adaptée au contexte national, et respectant les principes reconnus au plan international en matière de gestion durable et écologiquement rationnelle des ressources en eau.

Sur le plan financier, les activités de secteur de l'eau sont assumées pour être partiellement financé grâce aux taxes ou aux redevances

6.2 Stratégie nationale de développement de l'irrigation

Le Gouvernement du Burkina Faso a adopté depuis 2004 un document de «Stratégie Nationale de Développement Durable de l'Agriculture Irriguée » (SNDDAI) qui définit le cadre général de développement du sous-secteur et qui inclut également : (i) une stratégie de mise en œuvre stratifiée par région, type d'irrigation (grande, moyenne, petite et bas-fonds) ainsi que par objet (réhabilitation ou nouvel aménagement); (ii) une grille d'indicateurs de performance; et (iii) un plan d'investissement détaillé, totalisant un montant estimé à 351 milliards FCFA (MAHRH, 2004).

La mise en œuvre de cette stratégie vise à moyen et long termes à :

- réduire l'insécurité alimentaire et la pauvreté en milieu rural et périurbain par l'accroissement de la production agricole, notamment vivrière et par la création d'emplois et l'amélioration des revenus ;
- accroître la valeur ajoutée et l'impact sur l'économie nationale de l'agriculture irriguée.

La SNDDAI accorde une grande importance au développement de la petite irrigation et à l'initiative privée, ce qui a déjà permis de vulgariser de nombreuses techniques et technologies de production et d'irrigation à faibles coûts et en toutes saisons.

Cette politique vise à mettre en place un cadre institutionnel et réglementaire approprié et incitatif à l'investissement dans l'irrigation, qui prenne en compte les groupes marginalisés, et consacre la répartition des rôles et fonctions entre les différents acteurs (secteur public, secteur privé et collectivités locales).

a) Orientations visant le développement de l'irrigation : Les principaux axes d'orientation de cette stratégie émanent des résultats des différentes études réalisées sur

le secteur agricole, ainsi que des objectifs du gouvernement inscrits dans la Stratégie de Développement Rural (SDR) à l'horizon 2015 et dans le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLCP).

Elle comporte un plan d'investissement, bâti sur quatre phases de trois ans, entre 2004 et 2015 dont la mise en œuvre est basée sur : (i) la prise en compte des stratégies de développement durable et de lutte contre la pauvreté définies par le Gouvernement dans l'élaboration et la mise en œuvre de la politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée; (ii) l'analyse des interventions dans le secteur de l'irrigation et des grands programmes nationaux de développement; et (iii) le souci de faire des propositions cohérentes avec la pérennité des actions en cours et de donner une dimension plus engagée au programme d'appui à l'agriculture irriguée, conformément à la stratégie définie pour le secteur.

Pour atteindre ces objectifs, les orientations données aux différents programmes reposent sur :

- la mobilisation de l'eau pour l'irrigation, partout où sans effet néfaste sur l'environnement, celle-ci est économiquement possible, comme facteur d'intensification, de diversification et de stabilisation des productions (eaux de surface y inclus la construction de barrages et eaux souterraines à faible profondeur) ;
- la protection et la régénération des ressources naturelles, aux fins de préserver et développer sur une base durable le capital productif;
- l'implication et la participation physique et financière des populations cibles (responsabilisation des acteurs locaux).

L'exécution de la politique nationale de développement du sous secteur de l'irrigation devrait permettre non seulement la mobilisation effective de tous les acteurs mais aussi des ressources financières nécessaires.

La mise en œuvre actuelle de cette politique se fait à travers les différents projets et programmes qui s'exécutent dans les différentes zones du pays. En effet, la table ronde sectorielle sur l'agriculture irriguée, tenue à Ouagadougou le 26 Janvier 2006 a permis de recueillir l'adhésion de certains partenaires à soutenir cet engagement du Gouvernement burkinabé. Cela se matérialise aujourd'hui par l'exécution ou l'installation en cours de nombreux de développement de l'irrigation.

b) Révision de la Stratégie de l'irrigation/Autres mutations : Le processus de révision de cette Stratégie vient d'être lancé. Il vise à évaluer le niveau d'ensemble de mise en œuvre de la stratégie et du plan d'investissement de l'ensemble des projets et programmes (en cours d'exécution ou clôturés) depuis 2004. Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Analyser la structure des coûts des aménagements et des différentes infrastructures et proposer éventuellement des options d'amélioration du ratio coût/efficacité ;
- Analyser les expériences et tirer les leçons des projets et programmes ;
- Proposer une actualisation du plan d'investissement et des ajustements de la stratégie ;
- Estimer les besoins de financement pour la mise en œuvre du plan d'investissement réactualisé ;
- Proposer une harmonisation des interventions en cours.

Les actions prioritaires à promouvoir sont les suivantes :

- Assurer la restauration des retenues et cuvettes d'eau ;
- Aménager des petits périmètres irrigués et des bas-fonds pour développer la petite irrigation ;
- Développer la pratique de l'irrigation de complément pour assurer une production hivernale sécurisée ;
- Mettre en place des réformes foncières et de gestion hydraulique sur les petits périmètres et les bas-fonds ;
- Valoriser au mieux les investissements hydro-agricoles par la diversification et l'intensification des productions ;
- Assurer la mise en œuvre de mesures d'accompagnement qui consisteraient à :
 - développer la recherche-développement ;
 - élaborer une stratégie de financement adaptée à l'agriculture irriguée ;
 - mettre en œuvre les mesures pour une gestion durable des ressources naturelles ;
 - assurer un accompagnement de la mise en œuvre des programmes régionaux ;
 - promouvoir le développement des activités connexes : conservation, transformation, commercialisation des produits, etc.

Les principes d'intervention comprennent :

- La prise en compte de la durabilité des interventions (conservation et protection des eaux, des terres et autres ressources naturelles ainsi que l'appropriation et la pérennisation des investissements) ;
- La gestion du projet confiée à des structures pérennes de l'Etat, à savoir les structures du MAHRH, en impliquant dans la mesure du possible les structures déconcentrées et les collectivités locales ;
- L'exécution sur la base du faire-faire, par le biais, autant que possible, du partenariat public-privé sur la base de maîtrise d'ouvrage déléguée et de contractualisation ;
- Le développement de synergies et complémentarités avec les projets existants ;
- La prise en compte de la dimension de genre mais aussi celle de la jeunesse ;
- L'appui à la mise en vigueur des dispositions de la Loi Foncière dans les sites d'intervention.

7. Conclusion

Le Burkina Faso possède un potentiel appréciable en terres et en eau pouvant permettre un développement considérable de l'irrigation. Cependant, cette situation occulte certaines réalités défavorables :

- Les disparités de la répartition des terres arables et des ressources en eaux en particulier entre les régions ;
- La baisse tendancielle de la pluviométrie et l'ensablement retenues et cours d'eau ;
- L'inégale répartition de la pression foncière sur le territoire national ; elle est forte dans le Centre du pays et dans les zones d'immigration et est à l'origine de conflits récurrents, entre pasteurs et agriculteurs pour l'accès à la terre et à l'eau.

Un effort important reste à faire pour valoriser le potentiel irrigable disponible mais encore peu exploité, en vue de contribuer à la sécurité alimentaire et à la promotion des exportations. Cependant, le constat sur le terrain permet de se rendre compte des contraintes réelles pour une exploitation efficiente et profitable des aménagements déjà réalisés. Ces problèmes sont de divers ordres : une sous-exploitation des aménagements, la dégradation des ouvrages faute d'entretien, des difficultés de débouchés et de commercialisation de la production, le faible taux de paiement des redevances eau (bien qu'elles ne concernent que les frais d'exploitation), des difficultés d'accès aux intrants telles que les redevances trop élevées pour les exploitants, etc.

Pour toutes ces raisons, et pour d'autres encore, les actions prioritaires à envisager pour améliorer les performances des systèmes irrigués et augmenter la productivité de l'agriculture devraient viser, entre autres, à :

- soutenir les investissements privés pour mieux opérationnaliser et dynamiser l'agriculture irriguée ;
- rechercher non seulement l'atteinte de la sécurité alimentaire, mais aussi la rentabilité des investissements à travers la promotion de spéculations porteuses ;
- diffuser les techniques et technologies à faible coût d'irrigation, de production, de stockage et de transformation des produits agricoles ;
- renforcer des capacités des acteurs par une formation axée sur des thèmes appropriés et pratiques ;
- promouvoir la recherche-développement qui devra mériter une attention toute particulière.

En raison de l'engouement suscité au niveau des producteurs par les projets et programmes de petite irrigation et au vu des potentialités physiques disponibles, il est reconnu que c'est par la petite irrigation que le Burkina Faso pourra accélérer l'accroissement de ses superficies irriguées. En outre, la petite irrigation pourrait également préparer le développement de la grande irrigation par la dissémination des savoir-faire et des techniques d'irrigation, l'accroissement des capacités des acteurs, l'introduction d'une discipline du travail et la création des filières porteuses.

Références bibliographiques

- Albergel J., Carbonnel J. P. et Grouzis M., 1985. Péjoration climatique au Burkina Faso : incidences sur les ressources en eau et les productions végétales, Cah, ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol XXI, N° 1, 3-19
- Aouba H, 1993. L'irrigation au Burkina Faso : Historique, situation, perspectives. In : Quel environnement pour le développement de l'irrigation au Burkina Faso. Actes séminaire-atelier, 1-3 février 1993, Ouagadougou, Burkina Faso, 29-48.
- Barro. S .E., Vanasten. P. J. A, Bado B. V. , Wopereis. M. C. S, Dakouo, D.1, Sie M. 1, Haëfele, S.2 Et Miezán, K M., 2002. Le sulfate de zinc : une solution au problème des poches de faible production dans les Périmètres irrigués de Niassan/Sourou, Burkina Faso. ADRAO-Le centre du riz pour l'Afrique ; Réseau Ouest et Centre Africain du Riz (ROCARIZ) ; Compte rendu de la seconde revue régionale de la recherche rizicole (4Rs 2002)
- BUNASOLS, 1985 : Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Document technique N°1 (Ministère d'Agriculture), Ouagadougou, Burkina Faso.
- CIEH, 1987. Aménagement des bas-fonds en Haute-Volta. Bull. CIEH, n°18 (pp 2-17) et n°19 (pp 2-10).
- CNID-B, 2009. Irrigation de complément sur maïs en agriculture pluviale au Burkina Faso. Rapport final du

- projet d'Appui aux Initiatives des Producteurs vivriers et à l'Intensification Responsable. Fondation pour l'Agriculture et la Ruralité dans le Monde (FARM)/Comité National des Irrigations et du Drainage du Burkina (CNID-B) ; 24 p.
- CNRST, 1997. Etat des connaissances sur les bas-fonds au Burkina Faso. Rapport présenté à l'atelier national sur les bas-fonds au Burkina Faso en octobre 1997 à Bobo-Dioulasso. CNRST - Ouagadougou, 67 p.
- D'At de St Foulc J., Girard O. et Piaton H., 1986. Petits barrages en terre au Burkina Faso. Bilan et analyse critique. CIEH/EIER, Ouagadougou (Burkina Faso)...p.
- Dembélé Y. et Somé L., 1991. Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. In: Sivakumar M.V.K., Wallace J.S., Renard CC & Giroux C., Soil Water balance in the Sudano-Sahelian Zone, Proc. of the Niamey International workshop, 18-23 February 1991, ICRISAT, IAHS Public. N° 199, 217-226.
- DGPSA, 2007. Rapport d'Analyse de la Filière Maraîchère au Burkina Faso. MAHRH, SG, DGPSA, 2007.
- Kaboré D.P., 2007. Horticulture au Burkina Faso : Rentabilité économique et efficience technique dans le bassin versant du Nakanbé. Série Document de Travail – DT-CAPEs N°2007-30.
- Illy Laraba, Belem Jérôme, Sangaré Nestorine, Kaboré Moussa, 2007. Contribution des cultures de saison sèche a la réduction de la pauvreté et a l'amélioration de la sécurité alimentaire. CAPEs, 120 p.
- MAHRH, 2001. Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion.
- MAHRH, 2004. Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée. Stratégie, plan d'action, plan d'investissement à l'horizon 2015- Rapport principal, MAHRH Ouagadougou (Burkina Faso), 179 p
- MAHRH, 2006. Rapport de mise en œuvre de la campagne ; saison sèche 2005-2006 du PPIV. MAHRH, Ouagadougou, 45 p.
- Nébié O., 1996, « Les aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso : Analyse et bilan critiques », Bulletin du Réseau irrigation de l'Afrique de l'ouest (N°006, 1996), pp 35-44.
- Nombré A., 1995. La sécurité des barrages au Burkina Faso. N° d'édition 0037 / 95 CLA – BBDA Ouagadougou (Burkina Faso), 58 p.
- Puech C., 1984. Méthodes de référence pour la conception et l'analyse des aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso. Volume 1 : Hydrologie des petits barrages. CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso, 82 p.
- Somé L., 2002. Contribution à la base de données sous-régionale pour une gestion intégrée de l'environnement en Afrique de l'ouest : Les ressources en eau au Burkina Faso. Conseil National pour la Gestion de l'Environnement (CONAGESE), Ministère en charge de l'Environnement – Ouagadougou ; 31 p.
- Sanon S. et Dembélé Y., 2001 : Irrigation de complément du maïs et du coton dans la plaine du Sourou (Nord Ouest du Burkina Faso). Vol. 25, n° 1 – janvier-juin 2001, 30-45.
- Verlinden E. et Dembélé Y., 2002. Les aménagements de bas-fonds en zone soudanienne du Burkina Faso : Diagnostic et perspectives. 5^e Conférence régionale sur l'Environnement et l'Eau (Envirowater 2002), Ouagadougou, septembre 2002.

La situation de l'irrigation au Cap-Vert¹

Oumar Barry

INGRH

Abstract

The archipelago of Cape Verde is made up of 10 islands and 13 islets, located about 450 km off the coast of West Africa. The agriculture sector accounts for less than 10% of the country's gross domestic product (GDP), but is very important in terms of its contribution to food security and rural employment. Agricultural productivity is relatively low given the country's rather unfavorable hydrometeorological regime. Annual rainfall is as little as 60 mm in certain islands and 550 mm in some others, and there are limited groundwater reserves and few water storage facilities. The extent of arable land in the archipelago is about 39,000 ha (or 10% of its land area). Of this, the irrigable area is estimated at 3,350 ha, with the balance land considered to be more suited to rainfed agriculture (about 26,000 ha) and pasture (about 10,000 ha). Irrigated area is currently 2,732 ha and is concentrated in low-lying valley bottoms. The main crops are sugarcane, banana and vegetables. Irrigation development is being actively pursued by the Ministry of Rural Development and Marine Resources under the Strategic plan for agricultural development (PEDA) and the National agricultural investment plan (PNIA). A program of dam construction is considered as a strategic priority for improving irrigated agriculture, together with special emphasis on the promotion of drip irrigation, with a target of 2,000 ha of micro-irrigation out of a total 3,000-ha irrigated area in 2015.

Introduction

Au Cap-Vert l'augmentation de la population, le développement urbain, et la croissance des besoins pour l'irrigation, le tourisme et l'industrie ont entraîné des situations de carence qui tendent à s'aggraver avec le temps si des mesures urgentes ne sont pas prises. A la différence des autres ressources, l'eau ne peut pas être substituée facilement dans la plus part de ses utilisations. Ainsi l'eau devient une ressource, aussi bien par sa quantité que par sa qualité, une condition du développement économique et du bien-être social du Cap-Vert.

Les problèmes actuels qui se posent dans le domaine des ressources hydriques, imposent le besoin de chercher à éviter que la rareté croissante de l'eau puisse constituer un obstacle au développement socio-économique souhaité. En dehors de la recherche croissante de moyens pour mobiliser des nouvelles ressources, il faut définir tous les moyens possibles pour rationaliser l'utilisation de l'eau pour le bonheur de la population capverdienne.

¹Ce document est extrait du Plan National de l'Investissement Agricole (PNIA) et de la Vision Nationale de l'Eau

Un réel développement socio-économique du pays ne peut pas se faire sans une attention particulière prêtée à la problématique des ressources en eau où une augmentation considérable de l'utilisation et de la consommation de l'eau sera inévitablement confrontée à une diminution des disponibilités naturelles de cette ressource. Il est donc urgent d'adopter une politique adéquate de gestion de l'eau visant non seulement une meilleure planification et utilisation des ressources déjà disponibles mais aussi de trouver des moyens pour mobiliser et stocker d'autres quantités pour le développement des secteurs d'activités économiques et sociales notamment l'agriculture, l'industrie, le commerce, l'assainissement de base, l'environnement, les ouvrages publics, le tourisme etc.

Contexte physique et socio-économique du Cap-Vert

L'archipel du Cap-Vert est constitué de dix îles et de treize îlots, situé à environ 450 Km de la côte occidentale africaine. D'après l'exposition aux vents du N.E. les îles se divisent en deux groupes: Groupe de Barlavento formé des îles de Santo Antão, S.Vicente, Santa Luzia, S.Nicolau, Sal et Boavista et le Groupe de Sotavento qui lui est constitué des îles de Maio, Santiago, Fogo et Brava.

Les îles sont d'origine volcanique, dans l'ensemble elles occupent une superficie émergée totale de 4.033 km² et une zone économique exclusive de 734.265 km². Le climat de l'archipel est du type subtropical sec, se caractérisant par une courte saison des pluies (juillet à octobre) avec des précipitations irrégulières, mal distribuées dans l'espace et dans le temps, à caractère parfois très torrentiel constituant la principale cause de l'accélération de l'érosion des sols.

D'après le recensement de 2000, la population résidente totalisait 434.625 habitants dont 51,5% de femmes. La population est très jeune avec environ 68% personnes âgées de moins de 30 ans et 42% de la population ayant entre 0 et 14 ans. Santiago est l'île la plus peuplée, avec près de 54% de la population totale, IL est suivie de Sao Vicente et Santo Antão avec 15% et 11% respectivement.

Le taux d'urbanisation qui était de 28,6% dans la décennie de 1980 est passé à 44% dans la décennie de 1990. En 2000, ce taux a augmenté à 53,7% et en 2002 à 55,1%. La population agricole totalisait en 2000, 199.842 personnes représentant 46% de la population. La croissance accélérée de l'urbanisation a eu des conséquences négatives sur les secteurs de l'éducation, de la santé, de l'assainissement, de l'habitation et de l'emploi d'autant plus que les infrastructures sociales n'ont pas accompagné l'évolution de la croissance des centres urbains.

La densité de la population était de 108 hab/km² et le taux de croissance moyen annuel de la population dans la dernière décennie de 2,4%. La population active était approximativement de 166.000 personnes, desquelles 46% de sexe féminin, le chômage évalué à 17,3% de la population active atteignait de façon plus sévère les femmes et les jeunes de 15 à 24 ans. D'après les données des enquêtes sur l'emploi de 2006 et 2008, la population active était respectivement de 183.254 et 198.855 et les taux de chômage observés ces années-là étaient de 18,3% et 17,8% respectivement.

L'économie du Cap-Vert est majoritairement celle de services, c'est-à-dire que le secteur tertiaire produit l'essentiel de la richesse nationale. En effet le secteur des services représente environ 72% du PIB avec le secteur du tourisme et le commerce connaissant une forte expansion. Le secteur secondaire représente environ 20% du PIB (il emploie environ 20% de la population

active), principalement dans le bâtiment et les industries légères d'exportation lancées sur la base d'investissements externes. La contribution du secteur primaire à la formation du PIB est faible, placée entre 10% et 12% pendant la décennie de quatre-vingt-dix.

Le PIB par habitant en 2008 dépassait US\$ 3000, l'indice de développement humain (IDH) est de 0,736 (en 2005) et l'indice de pauvreté humaine (IPH) est inférieur à 15% (en 2005). Pour cette raison, le pays est classé aujourd'hui, par la Banque Mondiale, comme pays à revenu moyen.

Cependant et malgré les progrès et des performances réalisés au niveau de l'économie et des indices de développement, le pays continue à présenter des vulnérabilités structurelles dictées essentiellement par la dimension réduite territoriale, l'insularité, la fragilité des écosystèmes, la pénurie de ressources naturelles, la forte pression de la population sur les ressources, les sécheresses prolongées, la localisation géographique en marge des courants principaux du commerce international, l'exiguïté du marché de travail et la pauvreté.

Pluviométrie et Ressources Hydriques

Le relief est un des principaux facteurs climatiques et la précipitation est plus élevée dans les îles montagneuses (Fogo, Santiago, Brava, Santo Antão e S. Nicolau). La précipitation moyenne annuelle varie en générale de 60 mm dans les îles sans relief à 240 à 550 mm dans les îles montagneuses. Certains endroits peuvent avoir à peine deux jours de pluie au cours de toute la saison. Les sécheresses fréquentes combinées avec les pratiques agricoles non adaptées, ont contribué à l'appauvrissement des sols qui sont dans la majorité squelettiques, avec des horizons pédologiques peu profonds et non différenciés et surtout très pauvres en matière organique.

Dans tout l'archipel, il n'y a pas de capacités suffisantes pour capter et stocker les eaux des pluies qui présentent une forte variabilité interannuelle avec un coefficient de variation de 50%. Certaines parties du Cap Vert sont parfois confrontées à des pluies intenses² qui peuvent provoquer des inondations sur les estuaires de certains bassins versants et des dégâts graves à l'amont.

L'analyse des données des différents documents officiels, notamment le Plan Stratégique pour le Développement Agricole avec le Plan d'action à l'horizon 2015 (PEDA), le Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) et de plusieurs autres sources (ex., PNUD, Plan directeur de l'irrigation, BURGEAP (Bureau de Géologie Appliquée), Coopération japonaise) indique que les eaux d'écoulement superficiel sont en quantité supérieure aux eaux souterraines et cela pour des raisons qui sont liées aux sols, à la roche mère, à l'orographie, à l'érosion et à d'autres facteurs.

Il faut souligner que seulement 13% d'eau des pluies s'infiltrent dans les sols et alimentent les aquifères tandis que 87% s'écoulent sous forme d'eau superficielle et se perdent dans la mer pouvant provoquer des dégâts énormes sur les habitats, les routes et les périmètres agricoles.

²Les épisodes des pluies qui sont violentes et de courte durée mais aussi les pluies torrentielles provoquent des transports importants de matériel organique et inorganique (5000 à 6000 t/km²/an au Cap Vert), entraînant des pertes énormes des récoltes, de la terre arable et aussi des pertes significatives d'eau qui se jette à la mer (estimées à 181 millions de m³/an).

D'après les documents et plans stratégiques cités ci-dessus, les eaux superficielles sont estimées à 181.000.000 m³/année. Une grande partie (87%) de cette eau se jette à la mer à cause des conditions orographiques et des faibles dispositifs de captage et de stockage de l'eau. Les eaux souterraines quant à elles sont estimées à 124.000.000 m³/année dont 65 millions sont techniquement exploitables. Mais pendant les années de sécheresse, cette quantité est évaluée à 44.000.000 m³/année.

Le premier effort pour changer la situation de perte des eaux superficielles a été la construction en 2007 du premier barrage du Cap-Vert situé à Poilão dans l'Île de Santiago.

On rappelle qu'un peu plus de 25% de la population a accès à l'eau potable de qualité et que la plupart s'approvisionnent à partir des fontaines et d'autres utilisent des eaux des sources parfois non recommandées. La consommation dans ces conditions est de 14 litres/personne/jour tandis que dans les zones urbaines avec l'accès à l'eau du réseau d'adduction urbain, cette consommation tourne autour de 47 litres/personne/jour.

Compte tenu de la limitation des ressources souterraines dans toutes les Îles du pays et pour faire face aux besoins croissants de la population et de l'agriculture ; des recherches sont en cours pour analyser les possibilités d'exploiter d'autres ressources alternatives, notamment, le dessalement de l'eau de mer, la mobilisation et le captage des eaux superficielles à l'aide de la construction des barrages, des digues de captage et des réservoirs pouvant faire la collecte et le stockage des eaux pluviales.

Le dessalement de l'eau pour la consommation a pris un rythme progressif dans les Îles de S. Vicente, Sal, Boavista, Maio, Santiago et Santo Antão qui disposent des unités de désalinisation qui produisent des quantités représentant 11% du total de la consommation humaine.

La technique de dessalement de l'eau par voie de l'osmose inverse n'a pas produit jusqu'à présent, de l'eau pour l'irrigation de façon significative. Cela est dû au coût élevé de la production (\$150/m³) qui a une conséquence sur le prix de vente qui varie entre \$200 et \$250/m³. Les perspectives de dessalement de l'eau en utilisant des énergies renouvelables et des technologies autres que l'osmose inverse classique peuvent amener l'eau de dessalement à être utilisée dans l'irrigation à un prix de vente accessible.

Mais actuellement l'accent est mis sur la mobilisation et le captage à grande échelle des eaux superficielles par la construction des barrages qui est devenue la stratégie prioritaire pour la modernisation de l'agriculture dans le pays.

La question de la qualité de l'eau est partiellement règlementée. Le Décret-loi n° 8/2008 du 23 février établit les critères et les normes de qualité de l'eau pour la consommation humaine et sa classification et qui a aussi l'objectif de protéger le milieu aquatique et améliorer, en général, sa qualité pour répondre aux recommandations de l'OMS. L'évaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation se définit essentiellement par les caractéristiques physico-chimiques des sels qui sont dissouts. La qualité des quantités d'eaux destinées à l'irrigation dépend de la zone climatique, de la source d'eau, du trajet parcouru, de la période de l'année et de la géologie de la région.

L'agriculture pluviale

Pratiquée dans des conditions de grands risques agro-météorologiques et de vulnérabilité élevée, le secteur agricole est un secteur peu productif contribuant en moyenne avec 10 à 12% à la formation du PIB durant la décennie des années quatre-vingt-dix. Cependant, d'après les données de l'Institut National des Statistiques (INE) le poids des sous-secteurs agriculture, élevage, sylviculture et pêche, dans la formation du PIB pour la période 2000 à 2004 a enregistré un ralentissement, passant à 7 à 9%. Le secteur de la pêche a contribué au cours de la même période avec un taux de moins de 1% à la formation du PIB. Le taux de croissance annuelle du PIB agricole met en évidence le caractère aléatoire de la production surtout celle du système des cultures pluviales.

A la suite de l'introduction de nouvelles technologies dans les pratiques agricoles notamment celles de l'irrigation et des variétés améliorées et mieux adaptées aux conditions agro-climatiques, le secteur des cultures maraichères a enregistré une grande évolution, avec des profits visibles dans l'augmentation de la production et de la productivité tout en motivant un changement graduel dans la structure du secteur primaire et en jouant un rôle économique de plus en plus important. La mise en place d'un système de statistiques pour le maraicher permettra de donner une plus grande visibilité au sous-secteur au niveau des comptes nationaux.

Les exportations agricoles sont pratiquement nulles, à l'exception des produits de la pêche (9.815 tonnes dans 2007) et les exportations sporadiques de produits typiques tel est le cas du grogue (eau de vie faite à partir de la canne à sucre) et des liqueurs.

Malgré la faible participation au produit intérieur brut du pays, la production agricole et halieutique jouent un rôle social important traduit principalement dans la garantie de la sécurité alimentaire et dans le bien-être des familles rurales, dans la génération de l'emploi en milieu rural. Le secteur agricole emploie directement ou indirectement plus de 50% de la population rurale. Il joue aussi un rôle dans la stabilisation des prix dans le marché, particulièrement ceux des biens alimentaires.

L'agriculture pluviale est pratiquée dans des exploitations agricoles du type familial avec une surface moyenne qui est à peine de 1.19 ha. Ce type constitue le régime d'exploitation prédominante et ayant comme principales cultures l'association maïs-haricots sur les 95% des terres cultivées. La production de maïs, seule céréale produite au Cap-Vert, peut couvrir à peine en moyenne 10% des besoins de consommation en céréales. Les productions annuelles sont très aléatoires parce que leur réussite dépend de la tombée ou non des précipitations et présentent une grande fluctuation. Les rendements moyens sont trop faibles, de l'ordre de 300 kg/ha et de 90 kg/ha pour le maïs et les haricots respectivement.

Dans la structure agraire, et d'après les données de la RGA-2004, l'exploitation directe des terres par ses propriétaires (compte propre) est la forme d'exploitation dominante représentant 54% des terres en culture pluviale. Ensuite vient le partenariat ou société (23%), le Bail (14.6%), de l'usufruit 5.3%.

Le niveau d'utilisation des intrants (fumier, pesticides, semences améliorées) est négligeable dans la pratique de la culture pluviale (23% des exploitations agricoles).

Les cultures sont pratiquées sur des terres marginales et dans des zones agro-climatiques sans aptitude culturale, notamment dans les zones arides et semi-arides et zones à pente très accentuée, pauvres en éléments nutritifs et avec une faible capacité de rétention d'eau ce qui accentue l'érosion des sols, la dégradation des écosystèmes et, par conséquent, entraîne

l'accélération du processus de la désertification. Les effets de l'érosion hydrique et éolienne avec des pratiques culturelles inadaptées diminuent le potentiel des terres cultivables tandis que les besoins en produits agricoles augmentent avec la croissance de la population.

Cette situation explique l'introduction d'innovations dans la pratique agricole en culture pluviale pratiquées dans les zones subhumides et humides d'altitude, telles que l'intégration de la pratique des cultures maraîchères, de la culture des tubercules et des racines et de la plantation des d'arbres fruitiers dans ces zones.

Cette amélioration a eu comme effet une sensible augmentation des revenus des agriculteurs impliqués dans cette nouvelle pratique. Il faut aussi noter que les agriculteurs individuels, les associations des agriculteurs et les privés ont assumé les responsabilités de multiplication et d'importation d'une grande partie des semences, de boutures, des arbres fruitiers et de facteurs de production nécessaires, en remplacement de l'État qui assurait ce rôle auparavant.

L'agriculture irriguée

Les terres arables représentent environ 10% de la surface de l'archipel et sont d'environ 38.969 ha dont 25.828 ha destinés à l'agriculture pluviale, 3.350 ha aux cultures irriguées et 9.791 ha aux pâturages

Les zones irriguées occupent à l'heure actuelle une surface totale d'environ 2.732 ha (RGA 2004). Le nombre d'exploitations en régime de culture irriguée a été évalué en 2004 à environ 7.593 avec une surface moyenne de 0,5 ha.

L'agriculture irriguée est pratiquée principalement au fond des vallées et dans la partie la plus basse des versants. Les principales cultures sont la canne à sucre, les bananes et les produits maraîchers.

Les formes d'exploitation de la terre est à peu près la même qu'en culture pluviale, la plupart de la surface est exploitée en compte propre (62%). Le partenariat ou société se maintient aussi dans la culture irriguée comme étant la seconde forme d'exploitation de la terre (21%), suivie du bail (10%) dans une proportion inférieure à celle de la culture pluviale, l'usufruit (6%) légèrement supérieur à celle de la culture pluviale.

L'utilisation des intrants indique que le fumier est le plus utilisé (66%), suivi des semences améliorées (44%), des engrais et de pesticides 38%.

Les eaux d'irrigation proviennent principalement des sources et des puits. Ces eaux des sources et des puits sont utilisées dans les parcelles des terres irriguées à 44% et 26% respectivement. L'eau des forages gagne une plus grande expression dans l'utilisation en couvrant 18% des parcelles et l'eau des « Ribeiras » sur 8% des parcelles.

La distribution d'eau d'irrigation se fait par des canaux à ciel ouvert ou des tuyaux de polyéthylène. Dans 50% des exploitations agricoles la distribution d'eau est effectuée par des canaux en ciment à ciel ouvert, 41% par des canaux en terre battue à ciel ouvert et environ 8 à 10% par tuyaux.

L'irrigation par inondation prédomine, couvrant 82% de la surface totale des terres irriguées. Le système d'irrigation goutte-à-goutte qui a été introduit en 1993 intéresse de plus en plus les producteurs. Il couvrait en 2004 une surface d'environ 350 ha, correspondant à environ 10% de la surface du secteur irrigué national.

Le tableau 1 montre l'évolution des volumes d'eau mobilisés pour les deux types d'irrigation de 2002 à 2006. Il met en évidence le pourcentage toujours croissant des volumes d'eau mobilisés par l'irrigation goutte-à-goutte.

Tableau 1 : Volumes d'eau d'irrigation mobilisés au Cap-Vert – en million m³

	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Irrigation traditionnelle	2,2	1,6	1,8	1,7	1,5	9,0
Irrigation Goutte-à-Goutte	0,9	1,0	1,3	1,4	1,7	6,3
TOTAL	3,1	2,7	3,1	3,1	3,3	15,3

Source: PEDa repris par le PNIA

Les données les plus récentes des productions maraîchères³ se rapportent à l'année 2000 où l'on a atteint un total estimé à 18.500 t dont 10.700 t de racines et de tubercules, principalement la patate douce, le manioc et la pomme de terre.

Le document stratégique d'agriculture indique que le secteur maraîcher constitue le seul qui, à l'intérieur de l'agriculture, a une croissance continue et durable depuis le début des années 90. Il représente 8,5% du PIB national et pratiquement 2/3 du PIB agricole, contribue à l'équilibre de la balance commerciale et en même temps à l'amélioration du régime alimentaire des populations.

L'utilisation croissante de nouvelles technologies (espèces et variétés améliorées) et la mise en place des systèmes de micro irrigation, principalement celui du système d'irrigation goutte-à-goutte, ont eu des effets assez positifs sur la production agricole, en réduisant les pertes d'eau et permettant d'augmenter substantiellement les surfaces irriguées et, par conséquent la production.

La mise en œuvre des projets intégrant des volets de la recherche appliquée et l'introduction du système d'irrigation goutte-à-goutte avec la formation des agriculteurs visent non seulement la maîtrise des techniques de micro-irrigation par les agriculteurs et les cadres d'encadrement ; mais aussi les moyens et les techniques de mobilisation, du stockage et de la gestion de l'eau ainsi que sa distribution à la parcelle.

La superficie agricole irriguée correspond à environ 8,56% de la superficie totale cultivée au Pays. Et cela dans un contexte d'extrême fragilité de l'écosystème. La petite dimension des exploitations dans une agriculture de micro-propriétaires, principalement en culture irriguée alliée à la faible productivité fait que la production agricole capverdienne n'est pas capable de garantir la sécurité alimentaire aux populations. Aux limitations ci-dessus mentionnées, s'ajoute la fragilité du système de financement et l'accès aux marchés agricoles.

Au vue de ces difficultés les actions de changements ont été entreprises et aussi projetées par le Plan Stratégique du Développement Agricole (PEDA) avec le Plan d'action national à l'horizon 2015 et le Plan National de l'Investissement Agricole (PNIA) qui a été présenté dans le cadre de la Politique du Développement Agricole (PDA) de la CEDEAO. Ces actions portent notamment sur :

³Plan Directeur d'Horticulture 2001

- La modernisation des technologies d'irrigation avec l'introduction et la diffusion de la micro irrigation, l'expérimentation sur les cultures maraichères et les arbres fruitiers et la diffusion des variétés ayant un plus grand potentiel productif.
- Les changements de technologies de production horticole et fruitière avec la pratique de la fertilisation, le combat contre les ravageurs et les maladies et de la mécanisation.
- Une amélioration de la collecte et la diffusion des prix au producteur et au consommateur et, par conséquent, les informations les plus réussies au niveau du producteur en matière des cultures pratiquées et aussi à l'échelonnement de la production qui est rendu possible par l'inventaire des semences et des matériels végétaux disponibles en fonction du temps de production.

Dans ce cadre, des changements à caractère qualitatif sont en train de se mettre en place en milieu rural, notamment :

- Le changement de mentalité sur la gestion de l'eau d'irrigation avec l'adoption de la micro irrigation qui est une réalité actuelle sur plus de 600 ha.
- La participation des jeunes agriculteurs qui sont les premiers à adhérer aux nouvelles technologies (les semences améliorées, l'irrigation goutte-à-goutte et la production tournée vers le marché) et aux formations sur la pratique de ces technologies et à chercher à utiliser des lignes de crédit pour investir dans la modernisation de leurs parcelles.
- L'émergence d'une nouvelle génération d'agriculteurs avec la qualification et la prédisposition à profiter des investissements dans les infrastructures hydro-agricoles en vue de la pratique d'une agriculture modernisée.

Les défis à surmonter

Il existe encore quelques appréhensions relatives à l'adoption et l'application des technologies disponibles ailleurs dans le monde au contexte du Cap-Vert, notamment le captage, le stockage et la distribution des eaux superficielles et souterraines. Mais aujourd'hui le premier barrage du pays (le barrage de Poilão) constitue une ouverture et une expérience à élargir avec des investissements certains dans les autres régions et îles du Pays.

L'écosystème fragile du Cap-Vert, le relief très accidenté avec des sols fragiles et nus des versants constitue un handicap pour le choix des sites des infrastructures de mobilisation et de stockage de l'eau, la construction des infrastructures d'adduction et de distribution. La discontinuité du territoire du pays constitué des îles ne facilite pas la commercialisation des produits périssables tels les produits maraichers et les fruits.

Les défis analysés sont intrinsèques aux transformations et changements suivants:

- Les investissements croissants en matière de mobilisation et de distribution de l'eau d'irrigation
- L'introduction des nouvelles technologies d'irrigation localisées avec recours aux investissements publics dans des travaux hydro agricoles
- La définition et la mise en œuvre de politiques de recherche tournées vers la résolution des problèmes identifiés, avec la capacité de promouvoir le développement et la modernisation de l'agriculture y compris des mesures de rationalisation et d'optimisation de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation

- La promotion des programmes de recherche et de spécialisation dans le domaine des ressources hydriques
- La mise en œuvre d'un système approprié de promotion de la modernisation et de l'adoption de nouvelles techniques de mobilisation d'eau à faible coût
- La création des systèmes de promotion de l'utilisation des énergies renouvelables dans la production et la distribution de l'eau
- L'utilisation du bilan hydrique comme instrument de base de gestion des ressources hydriques, en particulier dans les bassins versants
- L'incitation des jeunes détenteurs de parcelles irrigables, y compris des femmes chefs de famille ayant accès à de nouvelles parcelles irriguées, à investir dans l'agro-négoce et la formation professionnelle de jeunes maraichers dans la gestion de l'agro-business/l'agro-négoce
- La promotion de technologies pour garantir une intensification de la production et une efficacité élevée de l'irrigation et d'autres techniques comme l'hydroponie
- L'amélioration des circuits de commercialisation y compris l'adoption de nouvelles stratégies de commercialisation de produits d'origine horticole et fruitière qui passent par la qualité des produits, triage, emballage, transport et marques certifiées de qualité locale ou régionale ainsi qu'un système d'information des prix qui appuie le producteur et le consommateur dans leurs décisions
- L'appui technique et incitations au développement d'unités de démonstration de transformation agroalimentaire pour apporter une valeur ajoutée aux légumes et fruits et encourager la création d'emploi, particulièrement pour les jeunes et les femmes.

Politique et stratégie de développement de l'irrigation

Dans le cadre du développement du secteur agricole en générale et celui de l'irrigation en particulier, le Cap Vert a traduit sa vision du développement à long terme en plusieurs plans nationaux qui seront cités ici mais ne seront pas présentés en détails sauf le plus récent portant sur l'investissement agricole élaboré en 2010 dans le cadre de la Politique du Développement Agricole dont nous passons en revue le sous-programme Amélioration de la gestion d'eau. Il s'agit des plans suivants :

- Le Plan stratégique de développement agricole avec le plan d'action national à l'horizon 2015
- La Vision nationale de l'eau
- Le Plan d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau (PAGIRE)
- Le Plan national de l'investissement agricole (PNIA)

Les institutions du Ministère de Développement Rural et des Ressources Marines qui sont chargées de la mise en œuvre de ces plans dans un objectif commun qui est celui de la mobilisation, la valorisation et la gestion de l'eau pour le développement économique et social du pays en général et le secteur agricole en particulier.

Le sous-programme Amélioration de la gestion d'eau du PNIA

L'horizon de l'exécution du sous-programme est de cinq ans, de 2010 à 2015. Il est issu du bilan des réalisations dans le cadre de la mise en œuvre du Plan Stratégique de Développement de l'Agriculture et du plan d'Action 2005-2008. Les axes prioritaires du sous-programme portent sur :

1. La planification et la mobilisation des eaux superficielles et souterraines et aussi des eaux issues du dessalement de l'eau de la mer;
2. L'appui technique et économique à la mise en valeur des surfaces agricoles irriguées en horticulture et arboriculture fruitière en incluant la recherche appliquée et l'assistance technique aux producteurs des cultures irriguées;
3. La formation des ressources humaines pour profiter de l'application des nouvelles technologies en vue d'accroître la production et les revenus et réduire la pauvreté ;
4. Le développement des marchés et l'accès aux financements pour la modernisation de la culture irriguée ;
5. Les systèmes d'information des prix aux producteurs et consommateurs ;
6. La modernisation du transport entre les îles pour la commercialisation des produits irrigués.

Il y a déjà un certain nombre de projets et de programmes relatifs à la conservation des ressources naturelles, la mobilisation et le transport de l'eau pour la mise en œuvre des nouvelles zones irriguées et l'introduction de technologies d'irrigation. Le tableau 2 représente les efforts actuels réalisés pour la mise en place à partir de 2010 des nouvelles parcelles irriguées sur un total de 409 ha devant bénéficier 2.091 de producteurs en 2015.

Tableau 2 : Quantités d'eau à mobiliser, superficies irriguées et bénéficiaires

Projets	Volumes d'eau annuels à mobiliser (m ³)	Superficie à irriguer (ha)	Superficie moyenne (ha)	Nombre de bénéficiaires
1 Santiago	2.565.396	268		1425
2 São Nicolau	386.400	43		286
3 Maio	292.800	27	0,8	33
4 Santo Antão	218.250	24		146
5 Fogo	420.000	47	0,4	233
TOTAL	2.633.370	409		2091

Source: PNIA

En plus des efforts actuels de mobilisation de l'eau, le PNIA prévoit à mobiliser 20.456.300 m³ pour irriguer environ 2.220 ha dans les différentes îles du pays (voir Tableau 3).

Tableau 3: Projets de Développement Hydro-agricole ; Mobilisation d'Eau 2010-2015

Projets	Débit Annuel (m ³)	Surface à Irriguer (ha)	Surface Moyenne (ha)	Bénéficiaires
1 – Santiago	8.965.800	996	0,2214	5223
2 – Fogo	363.000	70	0,2000	350
3 – Brava	465.000	52	0,2000	260
4 – Ilha do Maio	1.690.000	161	0,4250	364
5 – Boavista	1.830.000	174	0,3750	634
6 – Sal	182.500	17	0,2500	68
7 – São Nicolau	1.202.000	130	0,2000	655
8 – São Vicente	888.000	79	0,2500	316
9 – Santo Antão	4.870.000	541	0,1375	3204
TOTAL	20.456.300	2220	0,2510	11074

Source: PNIA

Objectif spécifique du sous-programme Amélioration de la Gestion de l'eau

La promotion de la gestion améliorée et durable des ressources naturelles locales (sols et eaux) par (a) le captage, stockage et distribution d'eau d'irrigation ; (b) l'augmentation de la surface irriguée ; (c) l'augmentation de la production maraîchère et fruitière et du revenu des agriculteurs.

Le sous-programme vise directement l'aménagement de plus de 600 ha de nouvelles surfaces irriguées par an, moyennant la construction d'infrastructures hydro-agricoles, de captage d'eaux superficielles et d'exploitation d'eaux souterraines et encore des projets pilotes de dessalement d'eau pour l'irrigation en utilisant les énergies renouvelables et les technologies de pointe.

En termes d'intensification des cultures et de l'exploitation des parcelles irriguées dans un ratio de 2 cultures par année en fonction des précipitations, la surface cultivée/année moyennant la rotation, la surface irriguée pourra atteindre 5.000 ha. Mais pour des raisons liées à la variabilité des précipitations l'objectif à atteindre sera de 3.036 ha dont 2.000 ha sous la micro-irrigation (ef. tableau 4).

Le sous-programme vise encore l'organisation et l'analyse du suivi et de l'évaluation participative au niveau local régional et national et la capitalisation des bonnes pratiques et des expériences acquises. La coordination des actions transversales et intersectorielles avec d'autres intervenants en milieu rural notamment l'éducation et la formation professionnelle, la santé et le secteur financier et l'intégration de l'aspect genre et jeunesse.

Tableau 4: Prévision de l'évolution des surfaces irriguées à l'horizon 2015

	Prévision 2015	Progression annuelle de nouveaux secteurs	Agriculteurs bénéficiaires
2.400 ha dont 800 ha micro- irrigation	3.036 ha dont 2.000 ha en micro- irrigation	120 ha en micro irrigation	1.860 nouveaux agriculteurs soit au total 7.644 parcelles familiales

Source: PNIA

Les mesures à entreprendre pour le renforcement de l'irrigation.

On note en particulier que l'irrigation localisée à l'horizon 2015 devra atteindre les 2.000 ha, résultat des mesures suivantes :

- Toutes les nouvelles surfaces irriguées mises en place par l'intervention de l'État pour la mobilisation des eaux superficielles, la création des nouveaux forages et autres captages soit sur les terres de l'État exploité par le privé, soit sur les terrains privés doivent être cultivée sous un régime d'irrigation dont l'efficacité est supérieure à 75% (goutte-à-goutte ou la micro-aspersion).
- Des actions spéciales pour stimuler l'adoption de nouvelles technologies d'irrigation seront développées, à commencer par la construction des infrastructures d'irrigation (ex. têtes de réseaux), l'assistance technique et la formation.
- Les nouvelles technologies d'irrigation, plus précisément en ce qui concerne l'efficacité d'irrigation goutte-à-goutte en général, des équipements et des matériels d'irrigation, feront l'objet de recherche appliquée en station et chez les agriculteurs.
- Les investissements à réaliser à l'horizon 2015 seront accompagnés par les activités telles que la multiplication et la production de semences de base, la multiplication végétative des espèces et l'introduction et l'expérimentation de nouvelles espèces et des variétés.
- La formation des techniciens et des agriculteurs, y compris la formation professionnelle des acteurs économiques notamment les jeunes agriculteurs impliqués dans la modernisation de technologies de production horticole et fruitière et dans l'agro-négoce; et les femmes chefs de famille et bénéficiaires des nouvelles parcelles irriguées.

Rapport sur la situation de l'irrigation en Côte d'Ivoire

Djanhan Patrice Kouassi

Office National de Développement de la Riziculture (ONDR)

Abstract

Agriculture and agro-industry contribute nearly 30% to the gross domestic product (GDP) of Cote d'Ivoire and account for nearly two-thirds of its export earnings. Its agricultural potential is estimated at 7.2 million hectares, of which about 2.5 million hectares are cultivated with a range of food (rice, yams, tubers) and commercial crops, notably cocoa and coffee, Cote d'Ivoire being the world's largest cocoa producer and the fourth largest coffee exporter. By contrast, the irrigation sector is relatively modest. About 55,000 ha have been developed (out of an irrigable potential of nearly 400,000 ha), of which only 32,500 ha are in actual operation. Half this area is cultivated with sprinkler-irrigated sugarcane, while rice (gravity-fed) is grown on 12,000 ha, with bananas and pineapples grown on the remaining 4,000 ha (irrigated either via sprinkler or gravity). The National Water Policy (2010), focused on the implementation of integrated water resources management (IWRM), the National Plan for Agricultural Investment, PNIA (2010), and the Irrigation Development Plan of 2004 are among the relevant agriculture and water policy instruments currently in force. The latter Plan foresees the development of about 180,000 ha of irrigation, involving rehabilitation and extension of existing schemes as well as the construction of new ones. New construction will, however, account for about 80% of the targeted area. The Plan also provides strategic orientation in terms of the type of irrigation schemes to be developed (run of river, reservoir-based and pump-based in decreasing order of priority), the crops to be grown (emphasis on rice to reduce the country's increasing dependence on imports), and the management arrangements among the farmer-producers, the landowners and the state.

I. Généralités

1.1 Contexte physique

Située entre le tropique du cancer et l'équateur, la Côte d'Ivoire est un pays de l'hémisphère nord avec une ouverture sur l'océan atlantique sur 515 km dans le golfe de guinée. Le pays s'étend sur 322 462 km² entre le 4° et le 10° de la latitude nord et 0° et le 10° de la longitude ouest. En plus de l'océan atlantique au sud, ce pays d'Afrique occidentale fait frontière avec cinq pays : le Libéria au sud-ouest ; la Guinée au nord-ouest ; le Ghana à l'est ; le Burkina Faso et la Mali au nord (voir la figure 1 ci-dessous) :

Figure 1 : Localisation géographique du pays



Le pays se situe dans la zone de transition entre le climat équatorial humide et le climat tropical sec. Du nord au sud, la Côte d'Ivoire est traversée par quatre zones climatiques : au sud le **climat attiéen**, au centre le **climat baouléen**, au nord le **climat soudanien**, et à l'ouest le **climat de montagne**. Le climat est façonné par le mouvement du Front Intertropical qui lui fait subir, tour à tour, le régime océanique et très humide des alizés du sud, puis le régime saharien des alizés du nord (Harmattan), plus secs.

Très humide, le territoire ivoirien est traversé par quatre grands fleuves avec d'innombrables ruisseaux et rivières. Les quatre principaux fleuves sont les suivants: le Bandama (1050 km); la Comoé (900 km) ; le Sassandra (650 km) ; le Cavally (700 km).

On y rencontre également dans la partie centrale, d'est en ouest, de nombreux lacs qui sont principalement : le lac d'Ayamé à l'est ; le lac de Kossou et les lacs de Yamoussoukro au centre ; le lac de Buyo à l'ouest.

Limité par l'océan atlantique, le sud ivoirien est caractérisé par de grandes lagunes découpant de nombreuses petites îles. Ces lagunes bénéficient d'un important apport d'eaux douces par les rivières débouchant, particulièrement en saison des pluies et d'important apport d'eaux salées par l'océan à certains endroits.

1.2 Contexte humain

Selon les projections de l'Institut National de Statistique (INS), la population est passée de 15,4 millions d'habitants en 1998 à près de 20,8 millions en 2008, et atteindra près de 27 millions en 2018. Le taux d'accroissement démographique annuel moyen est passé de 3,8% entre 1975 et 1988, à 3,3% entre 1988 et 1998 et est estimé à 2,85 % entre 1998 et 2007. A ce rythme, la population doublerait en 24 ans. Cette croissance démographique rapide repose

sur un croît naturel élevé et une immigration d'établissement très massive qui s'est atténuée depuis la crise des années 1980. C'est une population extrêmement jeune avec 59% ayant l'âge compris entre 0 et 25 ans. Elle est inégalement répartie sur le territoire national avec près de 78% en zone forestière contre 22% en zone de savanes. Elle s'urbanise rapidement avec 43% de citadins en 1998 et 48% en 2007. L'armature urbaine comprend 127 villes dont 8 ont plus de 100 000 habitants. Elle est dominée par la mégapole d'Abidjan qui concentre plus de 44 % de la population urbaine. La proportion de la population féminine en âge de procréer dans la population totale ne varie que faiblement : 24,2 % en 1998 à 25 % en 2018. Le nombre de ménages atteint 3,6 millions en 2008 et passera à 4,6 millions en 2018.

1.3 Contexte économique

L'agriculture constitue un secteur clé de l'économie ivoirienne, et sa principale source de croissance. Cet important secteur (y compris l'élevage, la pêche et les forêts) occupant 60% de la population active, représente 27% du PIB et 2/3 des ressources d'exportation. En outre le secteur des industries agricoles et alimentaires contribue pour sa part à hauteur de 4,7% du PIB. La branche agro-alimentaire représente 22% des investissements nets, 33% des chiffres d'affaires et 24% de la valeur ajoutée du secteur secondaire. L'agro-alimentaire est la branche la plus dynamique de l'industrie ivoirienne et surtout celle dont les perspectives d'avenir correspondent à un développement concerté avec l'agriculture. Les produits traditionnels d'exportation, le café et le cacao occupent toujours la première place des cultures de rente en Côte d'Ivoire placée au 1^{er} rang mondial pour le cacao et au 4^e rang pour le café.

L'agriculture vivrière permet d'atteindre l'autosuffisance dans les domaines de l'igname, du manioc, de la banane plantain et des cultures fruitières de manière générale. Ce qui n'est toujours pas le cas pour des denrées pourtant largement consommées par les Ivoiriens tel que le riz que la Côte d'Ivoire importe encore dans des proportions importantes (750 000 tonnes en moyenne par an) le poisson, la viande et les produits laitiers. Les femmes sont fortement présentes dans le secteur vivrier qui occupe 85% de la population active agricole dont 90% sont des femmes.

La production vivrière, estimée à 9.000.000 de tonnes en 2006, occupe une superficie de 2.448.000 ha. Elle est essentiellement réalisée par de petits agriculteurs utilisant du matériel rudimentaire et enregistre des rendements très faibles. La production nationale de riz ne couvre que 50% des besoins de consommation. La production vivrière (sans le riz) connaît une progression moyenne de 3,8% par an grâce à un accroissement des surfaces cultivées et non du fait de l'intensification. Le système de production n'a pas subi d'amélioration majeure.

L'économie ivoirienne, basée essentiellement sur l'agriculture a connu trois phases d'évolution successives :

1. la première phase (1960 à 1980), caractérisée par une forte croissance économique avec un taux annuel de 7%, a enregistré un développement remarquable par l'acquisition de positions importantes sur des produits comme le café, le cacao, bois, l'huile de palme, le caoutchouc naturel, le coton, l'ananas et la banane ;
2. la seconde phase (1981 à 1993), est marquée par une baisse significative du taux de croissance de l'économie. Des Programmes d'Ajustement Structurel visant à relever le taux de croissance ont été mis en œuvre. Mais les résultats sont restés mitigés. Au niveau du secteur agricole, pour inverser les tendances observées de la pauvreté en

milieu rural, l'Etat a entrepris d'importantes réformes agricoles dont le désengagement des filières de production, la dissolution des sociétés de développement et un appui à l'encadrement et à la commercialisation. Aussi un document de stratégie intitulé « Plan Directeur de Développement Agricole 1992-2015 » a été élaboré. Ce plan adopté en 1993 a pour objectifs : (i) l'amélioration de la productivité et de la compétitivité, (ii) la recherche de l'autosuffisance et de la sécurité alimentaire, (iii) la diversification des productions agricoles, (iv) le développement des pêches maritimes et lagunaires et (v) la réhabilitation du patrimoine forestier ;

3. la troisième phase, amorcée après la dévaluation du franc CFA en 1994, est caractérisée par un taux de croissance également de l'ordre de sept pour cent par an. Malheureusement, au-delà de 1997, la baisse des prix à l'exportation du cacao et du coton et la faiblesse du recouvrement des recettes n'a pas permis une amélioration des performances économiques du pays, ce qui a eu des répercussions négatives sur l'agriculture.

II. Climat et répartition de la pluviométrie

Comme cela a déjà été indiqué, du nord au sud, la Côte d'Ivoire est traversée par quatre zones climatiques caractérisées par une pluviométrie abondante :

1. Le **climat attiéen**, localisé entre la côte et la ligne Abengourou-Toumodi-Soubré, s'étend sur la majeure partie de la forêt méridionale. Il est caractérisé par quatre saisons (deux saisons des pluies et deux saisons sèches ;
2. Le **climat soudano-guinéen** règne dans le Nord du pays et est typiquement tropical. Il ne comprend que deux saisons (humide et sèche). La saison sèche s'étend d'octobre à juin avec de fortes températures (37°C), notamment le jour et une faible humidité (70%). La saison des pluies se situe de juillet à septembre.
3. Le **climat baouléen** s'étend sur le Centre de la Côte d'Ivoire. Il est caractérisé par une première saison de pluies de mars à juin; un ralentissement des précipitations en juillet-août ; une seconde saison de pluies en septembre et octobre, et enfin, une saison sèche très marquée de novembre à février.
4. Le **climat de montagne**, caractérisé par deux saisons, est localisé dans l'Ouest du pays où la température diminue avec l'altitude (jusqu'à 8°C en janvier) et les précipitations augmentent. Septembre est le mois le plus arrosé. La saison sèche est bien tranchée et courte (janvier à février).

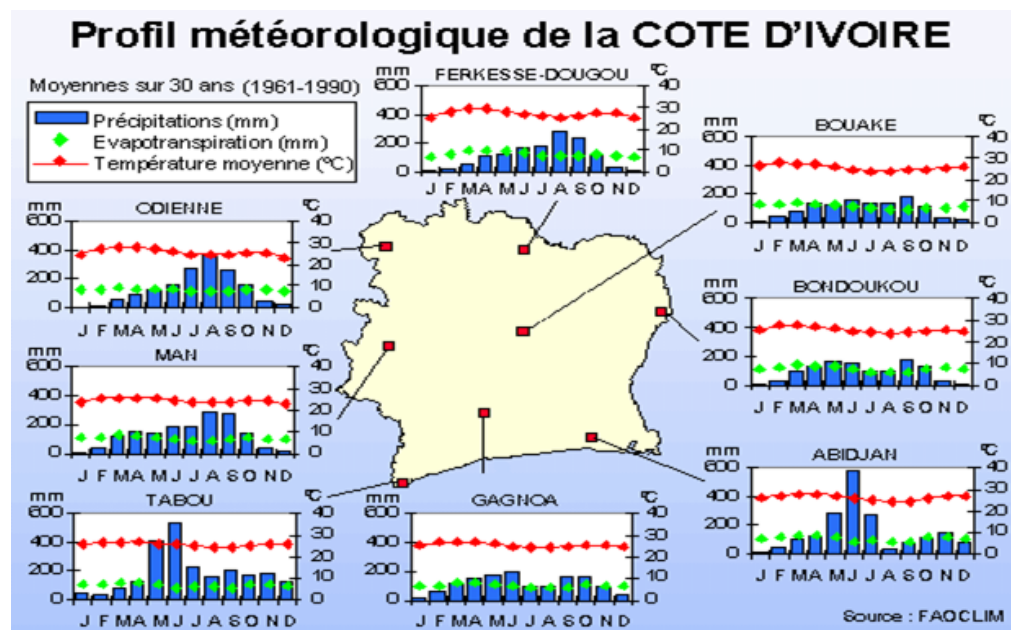
Le tableau 1 et la figure 2 donnent la répartition de quelques paramètres météorologiques:

Tableau 1: Répartition des précipitations annuelles suivant les zones climatiques

Type de climat	Précipitations annuelles (mm)	Caractéristiques des saisons
Soudano-guinéen	1 000 – 1 700	2 saisons (sèche, pluvieuse)
Baouléen	1 000 – 1 600	4 saisons (2 sèches, 2 pluvieuses)
Attiéen	1 300 – 2 400	4 saisons (2 sèches, 2 pluvieuses)
Montagne	1 500 – 2 200	2 saisons (sèche, pluvieuse)

(Source: Ministère des eaux et forêts, Octobre 2003, Gestion intégrée des ressources en eau, Bilan et Perspectives)

Figure 2: Profil météorologique de la Cote d'Ivoire



III. Les ressources en eau en Côte d'Ivoire

a) Eaux de Surface

Les eaux de surface se composent de cours et de retenues d'eau réparties sur l'ensemble du territoire ainsi que les lagunes situées dans la zone côtière. Le réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire comprend principalement :

- Quatre bassins majeurs que sont, d'Ouest en Est, (i) le Cavally, (ii) la Sassandra, (iii) le Bandama et (iv) la Comoé ;
- De petits cours d'eau côtiers dont les plus significatifs sont le Tabou, le San-Pedro, le Niouniourou, le Boubo, l'Agneby, la Mé et le Tanoé ;
- Des affluents du Niger, notamment le Gbanhala (Kouroukélé), le Baoulé, le Dégou, le Kankélaba et la Bagoué ;
- Quelques affluents de la Volta Noire dont une partie du cours principal constitue la frontière Nord-Est entre la Côte d'Ivoire et le Ghana, à savoir le Koulda, le Gbanlou, le Gougoulo et le Kohodio.

Il n'existe pas de lacs et d'étangs particulièrement remarquables en Côte d'Ivoire. Toutes les grandes surfaces de stockage d'eaux à l'intérieur des terres sont des réservoirs créés artificiellement.

Ainsi, on dénombre environ 572 retenues d'eau à vocation agricole et/ou hydroélectrique, dont la capacité de stockage est d'environ 37,2 milliards de m³ avec 36,8 milliards de m³ pour la production d'électricité et 0,4 milliards de m³ pour les autres utilisations. (Source : Inventaire et diagnostic des barrages, DCGT-juin 1996).

La formation des lagunes est l'un des éléments les plus caractéristiques de la topographie de la Côte d'Ivoire, qui possède un littoral d'environ 550 km de long. La superficie des lagunes est approximativement de 1 200 km² avec plus de 1 500 km de rivages.

Ainsi, d'Ouest en Est, on distingue :

- La lagune de Grand-Lahou, la plus petite de toutes les lagunes avec une longueur de 50 km et une superficie de 190 km² ;
- La lagune Ebrié, la plus étendue avec en moyenne, 566 km² de superficie, une largeur de 7 km, une longueur de 150 km et une profondeur de 4 m ;
- La lagune Aby, d'une superficie de 427 km², s'étend sur 56 km de largeur et 24 km de long. C'est un complexe de trois lagunes (Tendo, Aby et Ehy).

b) Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont disponibles partout en Côte d'Ivoire, mais dans des conditions très variables de stockage et d'accessibilité. Les trois principales formations hydrogéologiques sont :

- Le socle granito-gneissique dont la partie altérée est caractérisée par une profondeur moyenne de 57,2 m, une épaisseur de 21,3 m ; un niveau d'eau statique de 10,5 m et un rendement moyen par forage de 3 m³/h ;
- Le sédimentaire ancien métamorphosé (à dominante schisteuse) pour lequel la profondeur, l'épaisseur de la petite altérée, le niveau d'eau statique et le rendement moyen sont respectivement de 36 m; 28,4 m; 17,4 m et 3,3 m³/h ;
- Le bassin sédimentaire côtier ou aquifère général est lithologiquement divisé en sable argileux, sable moyen, sable grossier et sable fin dans l'ordre descendant. La profondeur de l'aquifère, le niveau d'eau statique et le rendement moyen sont respectivement de 50,1 m; 21,7 m et 9,6 m³/h. L'épaisseur de l'aquifère varie de 50 à 150 m sous la zone de plateau et plus de 200 m sous la lagune Ebrié et la zone côtière.

Le « socle » couvre 97% du territoire. Les nappes d'altération ou d'arènes et les nappes de fissures sont les deux types d'aquifères qui peuvent y être exploités.

c) Bilan global des ressources en eau

Le bilan hydrologique moyen d'ensemble de la Côte d'Ivoire est présenté dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 2 : Bilan hydrologique du pays

Paramètres	Volume (milliards de m ³)	% du volume de pluie
Précipitation (1425 mm)	459	100
Evapotranspiration	339	74
Ruissellement	39	8,4
Infiltration	81	17,6
Total volume mobilisable	77	16,6
Ressources en eau de surface	39	8,3
Ressources en eau souterraines	38	8,3

Source: Plan Directeur de Gestion Intégrée des ressources en Eau, janvier 2001.

Le volume d'eau mobilisable (ressources en eau renouvelables globales) se compose en :

- 39 milliards de m³ d'eaux de surface dont environ 1 milliard de m³ généré hors du pays ;
- 38 milliards de m³ d'eaux souterraines.

IV. Le développement et l'importance de l'irrigation en Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire est un pays de grande tradition agricole avec une superficie cultivable de 7 248 430 ha (1995), soit 22,5% de la superficie du territoire. L'agriculture y occupe une place prépondérante. Le secteur agricole contribue pour près du quart au PIB, génère plus de la moitié des recettes d'exportation et occupe environ 7 004 000 habitants soit 60% de la population active. Les cultures pluviales prévalent largement, en particulier les cultures de rente dominées par le cacao et le café, qui participent à près de 50% de la valeur ajoutée agricole du pays.

Malgré l'existence de réserves foncières considérables en bas-fonds et plaines alluviales, le pays se trouve confronté depuis 1990 à un problème d'approvisionnement en produits alimentaires, notamment le riz dont les importations ne cessent de croître, passant de 79.000 tonnes en 1970 à 404.000 tonnes en 1995, et 641 000 tonnes en 2001.

Le secteur de l'irrigation a bénéficié de multiples actions engagées par l'Etat dans la mise en place des infrastructures et des équipements. Mais ces actions apparaissent souvent isolées dans le temps et dans l'espace, d'où leur faible impact au plan local et national. Les perturbations climatiques observées ces dernières années ont accru la précarité de l'agriculture pluviale, du fait de l'irrégularité et de l'insuffisance des pluies dans une grande partie du pays. Cette instabilité des saisons climatiques ne permet pas l'instauration d'un système intensif de cultures sans maîtrise partielle ou totale de l'eau. C'est pourquoi il est apparu nécessaire au le Gouvernement Ivoirien qui s'est résolu en 1996, à solliciter l'appui de la Banque Africaine de Développement (BAD) en vue de l'élaboration d'un plan de développement de l'irrigation.

Cette élaboration du plan de développement de l'irrigation s'est faite en deux étapes : le bilan diagnostique et le plan de développement à proprement dit. Démarrée en 2001, elle s'est achevée en 2004. Le rapport diagnostique du potentiel des ressources naturelles, ressources en eau et des cultures dans le cadre de l'élaboration du plan de développement de l'irrigation indique le potentiel de terres irrigables inscrit dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Potentiel des terres techniquement irrigables en Côte d'Ivoire

Caractéristiques des sites	Terrains potentiellement irrigables pouvant être aménagés (ha)
Aménagements existants	47 729
sites exploités sous barrages	26 554
sites exploités sous seuil ou PFE [*] ,	11 728
sites avec seuil ou PFE, non exploités à réhabiliter	4 163
sites en cours d'aménagement (projets en cours avec PFE)	4 284
sites avec barrages hydro-électriques (San-Pédro, projet en cours)	1 000
Nouveaux aménagements à développer	158 798
sites avec barrages, extensions	10 798
sites avec nouveaux barrages	34 400
sites avec seuil et prise en rivière	95 200
sites avec PFE	9 600
sites avec barrages hydro- électriques existants	7 300
sites avec barrages hydro-électriques prévus	1 500
TOTAL GENERAL	206527

Source : Experco International, diagnostic du potentiel, 2003

* PFE = prise au fil de l'eau

Selon Experco International (Diagnostic du potentiel, 2003), le potentiel irrigable (206 527 ha) est sensiblement inférieur à la disponibilité des terres les plus favorables à l'irrigation en raison des limites imposées par la disponibilité de l'eau. Le potentiel favorable à l'irrigation identifié sur la base de l'analyse des sols et des pentes est estimé à 390 712 ha¹.

D'après les données de la FAO, Aquastat, le potentiel des terres irrigables est évalué à 475 000 ha, répartis en 175 000 ha de bas-fonds, 200 000 ha dans les grandes plaines et 100 000 ha de marais côtiers.

L'étendue des terres humides est estimée à 7 millions d'hectares, dont 500 000 ha seraient constitués de bas-fonds aptes à l'aménagement. La superficie avec contrôle de l'eau portait globalement sur 89 000 ha en 1994, soit 18,7 pour cent du potentiel identifié. L'irrigation à maîtrise totale de l'eau représente 47 750 ha. L'aspersion est pratiquée sur les périmètres sucriers qui sont au nombre de six et qui totalisent 36 000 ha approvisionnés par de l'eau de surface; la Société de développement du sucre (SODESUCRE) assure l'exploitation de six complexes sucriers, dont deux (totalisant 11 750 ha) ont été reconvertis en périmètres semencier et vivrier (la canne à sucre n'occupant que 18 118 ha en 1995). Les périmètres gravitaires par pompage réalisés sur plaines alluviales de cours d'eau généralement permanents se composent d'aménagements fruitiers (6 000 ha), de périmètres maraîchers (4 000 ha) et de petits périmètres rizières (1 750 ha).

On en rencontre dans les zones de Tiassalé, M'Bahikro et Yamoussoukro pour la production rizicole, et dans le sud forestier pour la production de bananes et d'ananas. La

¹ La superficie obtenue dans le tableau 1 est le résultat de l'analyse des superficies (390 712 ha) identifiées comme favorables à l'irrigation sur la base de l'analyse des sols et des pentes d'une part et des limites imposées par la disponibilité de l'eau, d'autre part.

superficie moyenne de ces périmètres varie de 10 ha à quelques centaines d'hectares. Les périmètres gravitaires (pompage et aval de barrage) ont été mis en place par des sociétés étatiques aujourd'hui liquidées; leur exploitation se fait tant bien que mal par des organisations paysannes faiblement structurées, appuyées techniquement par l'ANADER. L'irrigation à maîtrise partielle de l'eau couvre 25 000 ha. Les aménagements de bas-fonds comportent des prises au fil de l'eau qui dérivent l'eau de petites rivières (bassin versant limité à 50 km carrés pour une meilleure maîtrise des crues), et des canaux latéraux d'alimentation des parcelles. Des interventions sur les marais visent à résoudre le problème du contrôle de la nappe phréatique par un réseau approprié de drains munis d'équipements de régulation.

Ces estimations ne prennent pas en compte les eaux souterraines.

Le rapport diagnostic des terres irrigables existant dans le cadre de l'élaboration du plan de développement de l'irrigation indique que : 362 périmètres hydro-agricoles dont 184 avec barrage et 178 sans barrage ont été identifiés sur l'ensemble du pays, pour une superficie exploitée de 32 500 ha (respectivement 21 900 ha et 10 600 ha). La superficie irriguée par pompage représente la plus forte proportion en Côte d'Ivoire (65 % des superficies totales irriguées). Une vingtaine de sites sont à usage mixte et servent en plus de l'agriculture, aux besoins en eau de la population ou du bétail. Environ 82 % des sites sont exploités, le reste ayant été abandonné pour diverses raisons.

Si la riziculture occupe la majorité des sites encore en exploitation, la situation est très différente en termes de superficie. Sur les 32 500 ha exploités, la canne à sucre occupe presque la moitié, le riz 37 %, la banane et l'ananas le reste. Le potentiel irrigable sur l'ensemble des 362 sites est estimé à 54 457 ha. La superficie abandonnée est estimée à 22 000 ha (environ 40 %) dont 15 000 ha irrigués de deux complexes sucriers (Sérébou et Katiola) des six complexes ont été supprimés et reconvertis, l'un pour la production semencière (riz et maïs notamment) et l'autre pour la production vivrière, ont été par la suite abandonnés. Environ 7 000 ha de périmètres irrigués rizières sont abandonnés à cause du retrait des organismes publics chargés de la gestion et de l'entretien des périmètres. Cette responsabilité a été donc transférée aux exploitants souvent laissés à eux-mêmes, sans une formation appropriée, ni encadrement suffisant et ni moyens nécessaires. Cette situation a donc favorisé l'abandon d'importantes superficies.

Les tableaux 4 et 5 donnent la répartition bilan des terres aménagées irriguées et les différents types d'irrigation employés en Côte d'Ivoire :

Tableau 4 : Bilan des terres aménagées irriguées en Côte d'Ivoire

Caractéristiques du site	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Potentiel aménagé irrigable	54 457	100
Superficie abandonnée	22 000	40
Superficie exploitée	32 500	60
Canne à sucre	16 250	50
Riz	12 025	37
Banane et ananas	4 225	13

Source : Experco International, Diagnostic de l'existant, 2002

Tableau 5 : Différents types d'irrigation employés en Côte d'Ivoire

Superficie irriguée	Superficie (ha)	Types d'irrigation
Canne à sucre	16 250	Aspersion
Riz	12 025	Gravitaire
Banane et ananas, cultures maraîchères	4 225	Aspersion et/ou Gravitaire
TOTAL	32 500	

Les fortes importations de riz qui ne cessent de croître (passant de 79.000 tonnes en 1970 à 404.000 tonnes en 1995 et à 641 000 tonnes en 2001) ont eu pour conséquence l'adoption d'une stratégie de relance de l'activité rizicole en juin 2008 pour assurer l'autosuffisance en riz. Cette stratégie s'appuie sur le développement de la riziculture irriguée et a pour objectif d'accroître les superficies irriguées de bas-fonds. Ainsi, l'irrigation gravitaire aura tendance à augmenter si cette stratégie est mise en œuvre.

V. Politiques de l'eau et de l'irrigation en Côte d'Ivoire

5.1 Politique de l'eau en Côte d'Ivoire

Les 25 et 26 mai 2010, la Côte d'Ivoire a, au cours d'un atelier, validé le document de Politique Nationale de l'eau (Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, Direction des Ressources en eau, mai 2010). Les grandes orientations de la nouvelle politique de l'eau tiennent compte non seulement des insuffisances du système actuel de gestion des ressources en eau, mais surtout des objectifs que la Côte d'Ivoire s'est assignés et en particulier dans le cadre de la réduction de la pauvreté. Ces orientations s'appuient donc sur les principes essentiels régissant la répartition et l'exploitation de l'eau par des mesures réglementaires appropriées et appellent à un changement de mentalité et de comportement à tous les niveaux. Elles se résument en deux points majeurs:

- L'approche intégrée dans la gestion des ressources en eau ; cette approche est basée sur les principes suivantes : équité, subsidiarité, développement harmonieux des régions, la gestion par bassin hydrographique, information et participation, la gestion équilibrée des ressources en eau, la planification et la coopération, la précaution et la préservation, pollueur-payeur, usager-payeur ;
- La mise en place de mécanismes de financement optimal du secteur de l'eau. Les investissements dans le secteur de l'eau notamment en hydraulique humaine et agricole, l'hydroélectricité et dans l'assainissement étant très élevés, la mise en œuvre de la GIRE, axe principal de la politique nationale de l'eau, nécessite un engagement des pouvoirs publics, du secteur privé, des usagers et des partenaires au développement pour le financement des activités du secteur de l'eau. Ainsi le fonds national de la GIRE prévu par la loi 98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'eau, mérite d'être activé de même que les paiements des services environnementaux.

Dans la définition des objectifs et stratégies sectoriels, le document de politique nationale a souligné que l'agriculture irriguée s'avère aujourd'hui indispensable au regard des perturbations climatiques observées ces dernières années et qui rendent aléatoire les résultats de l'agriculture pluviale, notamment des cultures vivrières et légumineuses. La maîtrise de l'eau considérée comme l'un des éléments de la modernisation des exploitations doit faire partie intégrante de la politique nationale de gestion des ressources en eau.

5.2 Politiques de l'irrigation en Côte d'Ivoire

La Loi 98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'eau assure: i) la préservation des écosystèmes aquatiques et des zones humides; ii) la protection, la mobilisation et la gestion des ressources en eau; iii) le développement et la protection des aménagements hydrauliques; iv) la valorisation de l'eau et sa répartition entre les divers usages. Elle prévoit, en outre, la création d'un fonds de gestion des ressources en eau (FNE) destiné à assurer le financement des activités de gestion intégrée de ces ressources, leur inventaire, leur protection, ainsi que le développement, l'entretien et exploitation des aménagements hydrauliques. Les décrets d'application sont en cours d'établissement depuis mai 2010.

La Loi 96-766 du 3 octobre 1996 portant Code de l'environnement comprend de nombreux articles relatifs à la gestion de l'eau qui diffèrent parfois de ceux du Code de l'eau.

La Loi 98-750 du 23 décembre 1998 sur la législation foncière instaure une procédure temporaire pendant 10 ans, destinée à accélérer la transformation de certains droits coutumiers en droits de propriété immatriculés de façon à établir, d'ici une dizaine d'années, une situation claire des terres rurales.

VI. Programmes et stratégies de développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire

6.1 Programme et stratégie de développement agricole

Différents Plans et Programmes élaborés dans le cadre des politiques de développement agricole, prennent en compte le développement de l'irrigation. Il s'agit des grandes décisions de développement agricole à travers les éléments suivants :

Le Plan Directeur de Développement Agricole 1992-2015 (PDDA, adopté en 1993) qui a pour premier objectif majeur l'amélioration de la productivité et la compétitivité, par:

- la modernisation des exploitations ;
- une meilleure préparation et un bon conditionnement des produits pour créer des labels de qualité, sauvegarder les parts de marché et maintenir les rangs occupés dans le commerce mondial ;
- des mesures d'allègement fiscal destinés à faire baisser les prix des produits à la consommation et à promouvoir les exportations, la concurrence interne et externe.

Dans sa politique de modernisation des exploitations, le PDDA préconise que la maîtrise de l'eau soit considérée comme une opération prioritaire. Elle devra faire partie intégrante d'une politique nationale de gestion des eaux.

Le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (DSRP, adopté en janvier 2009) préconise que la création des conditions favorables pour l'amélioration de la productivité et la compétitivité des produits agricoles passe par la promotion d'une agriculture intensive et mécanisée utilisant rationnellement les ressources en eau et les techniques culturales modernes. A cet effet, la maîtrise de l'eau à usage hydro-agricole, piscicole et pastoral nécessitera :

- le renforcement des capacités et la sensibilisation des acteurs du secteur en matière de gestion rationnelle de l'eau ;
- la réhabilitation et l'aménagement des périmètres irrigués.

Le Programme National d'Investissement Agricole (PNIA) adopté le 26 Juillet 2010 qui s'inscrit dans le cadre régional ECOWAP/PDDAA pour les processus impulsés au niveau des Pays. On retient les indications suivantes au niveau du Programme d'Amélioration de la productivité et de la compétitivité des productions agricoles;

- améliorer l'utilisation des intrants agricoles et vétérinaires ;
- promouvoir la mécanisation des exploitations agricoles et des petites unités de transformation des productions agricoles ;
- renforcer les services de conseil agricole, de recherche-développement et de formation
- améliorer la maîtrise de l'eau ;
- gérer durablement les terres.

6.2 Plan de développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire

Le plan de développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire adopté en février 2004, a pour objectif spécifique de doter le pays d'un outil de planification et de gestion rationnelle de l'irrigation, afin de garantir l'accroissement et la diversification de la production agricole, tout en assurant une gestion durable des ressources, notamment des ressources en eau.

Il a été cofinancé par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire et la Banque Africaine de Développement (BAD) et a coûté un (1) milliard cent vingt-cinq millions de francs CFA (2,05 millions de dollars US). Son élaboration a été confiée au bureau d'études Experco International du Canada qui a travaillé sous la supervision d'une cellule de coordination technique du Ministère de l'Agriculture composée d'experts ivoiriens.

Les études réalisées dans le cadre de l'élaboration du plan de développement de l'irrigation sont présentées en plusieurs documents :

- un rapport du bilan diagnostic de l'existant
- un rapport du bilan diagnostic du potentiel des ressources naturelles et des cultures
- un document annexe qui présente en détails les caractéristiques techniques de tous les aménagements hydro- agricoles existants, des aménagements proposés et du potentiel irrigable
- un rapport du plan de développement de l'irrigation

En plus de ces documents écrits, un Système d'Information et de Planification des Aménagements (SIPA) a été élaboré et est disponible sur deux CD-ROM qui contiennent les principales données cartographiques (orographie, sols, hydrologie...).

Le plan de développement de l'irrigation contient les orientations stratégiques suivantes, proposées pour assurer la mise en valeur du potentiel hydro-agricole existant:

● Types d'aménagements à privilégier

Si les conditions techniques et le régime des cours d'eau le permettent, les nouveaux aménagements proposés seront privilégiés dans l'ordre suivant :

- Les PFE (prise au fil de l'eau) sans seuil en rivière, ni barrage en amont ;
- Les seuils sans barrage amont, ni pompage ;
- Les barrages sans pompage avec irrigation gravitaire ;
- Les seuils sans barrage amont avec pompage et sans aspersion ;
- Les seuils sans barrage amont avec pompage et aspersion ;
- Les barrages avec pompage.

● Cultures à promouvoir

La mise en place des cultures potentielles doit tenir compte de leur adaptation aux conditions climatiques et édaphiques des zones agro-climatiques définies et de leur intérêt commercial dans le contexte de la Côte d'Ivoire. De façon générale, la priorité sera accordée à la riziculture eu égard, au déficit croissant de la production nationale dans la satisfaction des besoins du pays.

● Approche d'intervention

Tenant compte des expériences passées, il est indispensable de revoir sensiblement les approches d'intervention en matière de mise en valeur des potentialités hydro-agricoles afin de réunir les conditions propices à l'exploitation optimale des aménagements réalisés. Il s'agit de :

- La gestion foncière des aménagements ;
- La gestion des périmètres ;
- La gestion et l'organisation des exploitants.

L'Etat (ou les collectivités territoriales) doit définir les règles et toutes les conditions permettant de clarifier les relations entre les trois groupes d'acteurs principaux que sont les propriétaires terriens, les exploitants et l'Etat.

● Superficies à développer

Les aménagements hydro-agricoles sont classés en cinq catégories, selon la nature des travaux à réaliser :

- Aménagements existants ne nécessitant aucune réhabilitation (en exploitation et fonctionnant normalement) ;
- Aménagements existants en cours de réhabilitation ;
- Réhabilitation des aménagements existants, en raison de sérieuses défaillances techniques rendant l'exploitation impossible en partie ou en totalité ;
- Extension des aménagements ;
- Nouveaux aménagements à développer avec des nouveaux barrages, seuils en rivière ou PFE. Il s'agit de projets hydro-agricoles complexes, avec irrigation gravitaire ou avec pompage, permettant de mettre en valeur le potentiel irrigable du pays non encore exploité.

Les nouveaux aménagements représentent près de 80% du potentiel total et leur taille moyenne est beaucoup plus importante que les aménagements existants. Les aménagements à réhabiliter représentent moins de 2% du potentiel total, si l'on exclut ceux en voie de réhabilitation dans le cadre de divers projets, tandis que les extensions représentent des superficies marginales. Le tableau 6 ci-après présente les superficies proposées :

Tableau 6: Répartition des superficies irriguées à développer

Aménagements hydro-agricoles	Nombre de Sites	Superficies (ha)
Aménagements existants ne nécessitant aucune réhabilitation	111	23 604
Aménagements existants en cours de réhabilitation	172	13 215
Réhabilitation des aménagements existants	75	3 071
Extension des aménagements existants	13	335
Nouveaux aménagements proposés	187	139 204
Total	558	179 429

Source: Experco International

Le coût total des aménagements hydro-agricoles prévus s'élèvent à 910 milliards de FCFA, coût qui s'applique en presque totalité au développement de nouveaux aménagements. Les aménagements à réaliser dans les quinze années à venir vont concerner les superficies suivantes (cf. tableau 7):

Tableau 7: Coûts des aménagements hydro-agricoles à réaliser

Aménagements hydro-agricoles	Superficies (ha)	Coûts (millions de F CFA)
Réhabilitation et extension	3 406	8 500
Réhabilitation des aménagements	3 071	4 100
Extension des aménagements	335	700
Réhabilitation des barrages		2 900
Augmentation des retenues des barrages		800
Nouveaux Aménagements	139 204	903 000
Aménagements	139 204	680 000
Barrages et réservoirs spécifiques		112 000
Barrages régulateurs de bassins		111 000
Total	142 610	912 000

Source: Experco International, 2004 : Plan de développement de l'irrigation

VII. Cadre institutionnel et gestion de l'eau en Côte d'Ivoire

7.1 Cadre Institutionnel²

Vingt (20) ministères ont une certaine attribution dans le secteur de l'eau selon le Décret N°2010-32 du 04 mars 2010 portant nomination des membres du gouvernement. Cependant,

² Cette section décrit la situation existante en Novembre 2010; il est possible qu'elle ait évoluée depuis le changement du gouvernement intervenu en 2011

les principales institutions les plus actives en matière de gestion de l'eau et des terres sont :

- Le Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts à travers sa Direction des Ressources en eau est chargé de la politique nationale du secteur de l'eau et son rôle est de mettre en place un cadre institutionnel adéquat apte à prendre en charge les problèmes spécifiques de l'eau et de l'assainissement et d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. La Direction des ressources en eau reprend donc les missions du Haut-Commissariat à l'hydraulique (HCH), créé en 1996 sous la tutelle du Cabinet du Premier Ministre, qui a été responsable de la restructuration institutionnelle du secteur qui a eu lieu en 1998. Le Ministère est chargé de proposer une politique des rives, du littoral et des plans d'eaux, de la mettre en œuvre et d'en coordonner l'exécution.
- Le Ministère de l'Agriculture (MINAGRI), avec sa Direction Générale du Développement Rural (DGDR), est chargée d'élaborer la politique agricole et agro-industrielle, par le biais notamment de la Direction des aménagements ruraux et de la Modernisation des Exploitations (DARME), qui a pour but de participer à l'élaboration des politiques d'aménagement de l'espace rural et d'utilisation rationnelle des ressources en terres et en eau. Le Programme National Riz (PNR) crée en 1996 et qui a pour mission l'élaboration des politiques rizicoles et la mise en œuvre des programmes et projets pour la production de riz. Depuis septembre 2010, le PNR est dissout et remplacé par l'Office National de Développement de la Riziculture (ONDR), rattaché à la Présidence de la République. L'Agence nationale d'appui au développement rural (ANADER) a pour mission la professionnalisation des producteurs agricoles par l'encadrement ;
- Le Ministère des infrastructures économiques participe à l'élaboration de la politique en matière d'hydraulique et d'hydrologie. Il a comme responsabilité la maîtrise d'ouvrage, le suivi de la conception et de la réalisation des adductions d'eau publiques, des points d'eau villageois et des systèmes d'hydraulique villageoise améliorée ainsi que leur entretien et la réglementation de leur gestion ;
- Le Ministère d'Etat, Ministère du Plan et du développement ;
- Le Ministère de la santé et de l'Hygiène publique ;
- Le Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques a la responsabilité de l'aménagement et la gestion des infrastructures de pêche et d'aquaculture, la promotion de la pêche maritime et fluvio-lagunaire, la promotion des organisations professionnelles d'élevage, d'aquaculture et de pêche, et la formation professionnelle initiale dans le secteur des productions animales et des ressources halieutiques ;
- Le Ministère de l'Industrie et de la promotion du Secteur Privé ;
- Le Ministère de la Construction, de l'Urbanisme et de l'Habitat ;
- Le Ministère de la Famille, de la Femme et des Affaires Sociales ;
- Le Ministère de l'Economie et des Finances exerce la Tutelle financière de tous les établissements publics nationaux, les sociétés d'Etat et les Entreprises à participation financière publique, notamment la Banque Nationale d'Investissement (BNI) où est logé le Fonds National de l'Eau (FNE).

Il faut ajouter à ces Ministères les Collectivités territoriales et Association de Collectivités locales, les ONG, le Bureau national d'études techniques et de développement (BNETD), les partenaires au Développement. Il convient de noter également, l'implication des acteurs

suivants : Bureaux d'études, les Associations de Producteurs et des Consommateurs, les Entreprises Privées, les Universités et Grandes Ecoles, les EPN, les Chambres de Commerce et d'Agriculture.

La Société de distribution de l'eau de Côte d'Ivoire (SODECI), qui est l'unique société de services concessionnaire pour l'exploitation des infrastructures d'adduction d'eau sur tout le territoire, ne s'occupe que du réseau d'assainissement de la ville d'Abidjan.

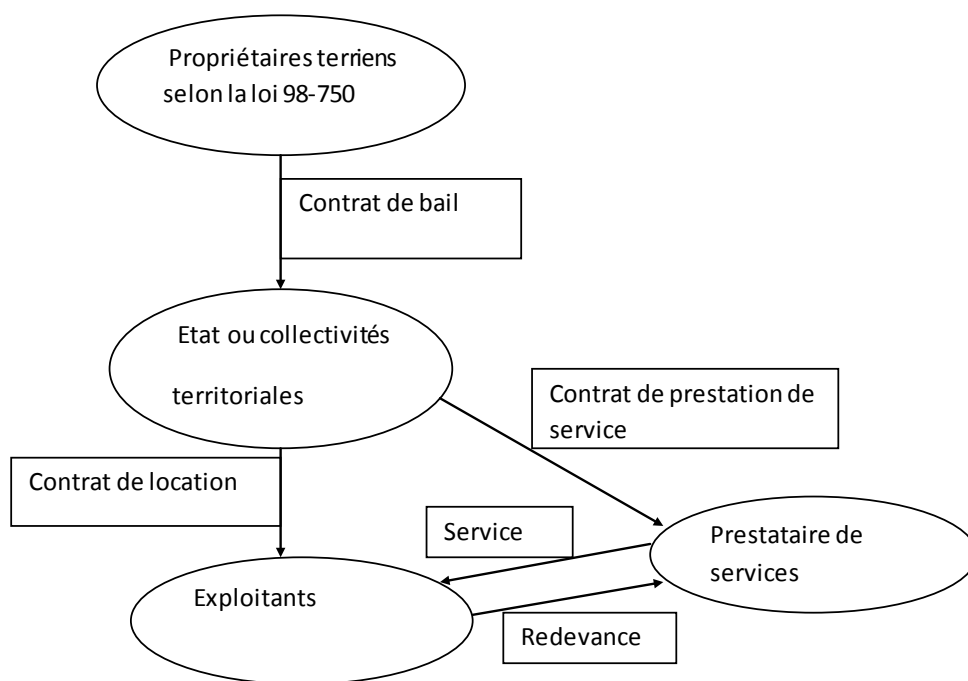
Institué par Décret N° 2006-274 du 23 Aout 2006, l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) est une Société d'Etat régie par la loi n°97-519 du 4 septembre 1997, au capital de 150 millions de FCFA et soumis à l'Acte uniforme portant organisation des sociétés commerciales et groupement d'intérêt économique de l'OHADA. L'ONEP a pour objet d'apporter à l'Etat et aux collectivités Territoriales son assistance en vue d'assurer l'accès à l'eau potable à l'ensemble de la population ainsi que la gestion du patrimoine public et privé de l'Etat dans le secteur de l'eau potable. Il est placé sous la tutelle technique du Ministère des Infrastructures Economiques et la tutelle financière du Ministère de l'Economie et des Finances.

7.2 Gestion de l'eau

Les conflits fonciers observés sur les périmètres hydro-agricoles constituent une des principales contraintes dont il faut tenir compte pour le développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire. C'est dans ce cadre, que le Plan de développement de l'irrigation propose le schéma général suivant de mise en valeur (voir figure 3 ci-dessous) :

- Identifier les propriétaires terriens selon la loi foncière 98-750 ;
- Etablir un contrat de bail ou de vente entre l'Etat ou les collectivités territoriales et les propriétaires terriens ; l'Etat négociera avec les détenteurs des droits coutumiers et les conditions (indemnisation, redevances) qui permettent de purger les terres de ces droits ;
- Etablir un contrat de location entre l'Etat qui exerce désormais l'autorité sur les terres à exploiter ou son prestataire de services et les exploitants. L'établissement d'un intermédiaire entre les propriétaires terriens et les exploitants des parcelles permet d'éviter les contacts directs entre ces deux groupes ; contacts qui sont souvent sources des conflits.

Figure 3: Schéma de mise en valeur des terres irriguées



Pour le cas de la gestion des périmètres irrigués rizicoles, les riziculteurs sont organisés en Comités de Gestion sur chaque périmètre (CGA) et en Coopératives Départementale ou Régionale:

• au niveau des périmètres: (CGA)

Le CGA regroupe tous les producteurs appartenant à un même périmètre. Il gère les fonds d'entretien du périmètre, des intrants (ex. NPK, urée, semences) et des matériels agricoles (motoculteurs, batteuses) et doit veiller à l'application du règlement intérieur essentiellement centré sur la fourniture équitable de l'eau à chaque Unité de Production. A ce niveau l'organisation poursuit avant tout un objectif de production. L'adhésion au CGA est libre et indépendante de l'organisation mise en place à l'intérieur du périmètre. Ceci signifie que sur un même périmètre on peut aussi bien trouver des riziculteurs adhérents au CGA comme d'autres qui ne souhaitent pas devenir membre et pour lesquels bien évidemment, les services ne sont pas fournis. Le CGA est composé de Comités Techniques : approvisionnement en intrant, gestion du matériel agricole, gestion de l'eau et entretien du périmètre, commercialisation.

L'Etat à travers l'Office Nationale de Développement de la Riziculture (ONDR) (ex-Programme National Riz) met à la disposition des CGA des intrants, matériels agricoles. Le CGA cède les intrants agricoles à titre onéreux à ses membres et constitue un fonds pour le renouvellement des intrants.

Dans le but de pérenniser la mécanisation des périmètres, un mécanisme de gestion de ces matériels est mis en place selon le principe d'une autogestion des matériels par les organisations de producteurs au niveau de chaque périmètre et un amortissement en vue de renouvellement desdits matériels. L'appui-conseil est assuré par l'ANADER.

- **en dehors des périmètres : Coopérative**

Les activités de collecte du paddy, de transformation et de commercialisation sont transférées à un niveau supérieur : la Coopérative régionale ou départementale. La Coopérative régionale ou départementale regroupe plusieurs CGA et constitue une unité économique. Les coûts de fonctionnement de ces coopératives sont largement supportés par les activités de transformation et de commercialisation du riz blanchi. En effet, en vue de sécuriser la production nationale de paddy, l'ONDR assure la collecte des récoltes par l'achat du paddy à travers les coopératives. Il s'agit de doter chaque coopérative d'un fonds de roulement lui permettant d'acheter la production auprès de ses membres et d'une unité de transformation notamment un décortiqueur afin de transformer le paddy en riz blanchi.

VIII. Contraintes au développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire

Les problèmes qui entravent la bonne exploitation des aménagements hydro agricoles et le développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire sont liés à deux principales sources, à savoir les facteurs naturels et les facteurs humains :

8.1 Facteurs naturels

En dépit d'une pluviométrie relativement abondante et d'un réseau hydrographique assez dense, l'eau demeure le principal facteur limitant pour le développement de l'irrigation dans le pays. Même si le volume d'eau transporté dans les rivières est important, les précipitations sont très irrégulières dans le temps et dans l'espace et de nombreux cours d'eau ont un caractère semi-permanent. De ce fait, le débit disponible pour l'irrigation durant la saison sèche diminue drastiquement; ce qui réduit d'autant l'étendue des superficies potentielles irrigables. La seule solution pour augmenter la disponibilité de l'eau de surface est de l'accumuler dans des réservoirs grâce à des barrages. Cependant, la configuration générale du terrain n'est pas très propice au stockage de l'eau. De plus, les bas-fonds et les vallées sont souvent étroits, ce qui a un impact à la hausse sur les coûts d'aménagement.

Les meilleurs terrains à irriguer sont situés dans les plaines majeures et mineures des rivières, dont la largeur est limitée à quelques centaines de mètres. Les plaines du fleuve Comoé et de la rivière N'Zi, l'affluent principal du Bandama, font exception : leur largeur dépasse le kilomètre et elles sont plus élevées que le niveau normal d'inondation. De manière générale, l'aptitude des sols à l'irrigation et la pente du terrain ne posent pas de contraintes majeures pour le développement de l'irrigation. Par conséquent les superficies potentiellement irrigables sont essentiellement déterminées par le régime hydrologique des rivières et les possibilités de réservoirs, plutôt que par le potentiel des sols et la configuration du terrain.

8.2 Facteurs humains

Depuis le début des années 1970, l'Etat a consacré des sommes importantes à la mise en valeur du potentiel hydro-agricole en vue de réduire les disparités régionales, notamment à travers la

SODESUCRE pour le développement de la filière sucre et la SODERIZ pour le développement de la filière rizicole.

De nombreux investissements ont ensuite été consacrés au développement de périmètres hydro-agricoles, pour l'essentiel rizicoles, soit dans le cadre de projets de développement rural. Plusieurs de ces aménagements sont sous-exploités ou ont été tout simplement abandonnés depuis, dont les anciennes plantations de canne à sucre de Katiola –Marabadiassa et Serebou.

Si les plantations industrielles de canne à sucre et de banane sont relativement mieux exploitées, l'exploitation des aménagements hydro-agricoles par les paysans laisse à désirer. Les problèmes rencontrés sont importants et multiples, allant des insuffisances techniques au manque de motivation de la part des exploitants en passant par les conflits fonciers et l'absence d'organisation sur les périmètres.

Sur le plan technique, la conception de certains ouvrages comporte des lacunes importantes. Quelques petits barrages sont trop en amont dans le bassin versant et de ce fait, laissent passer trop d'eau par leur déversoir. Certains ont des évacuateurs de surface sous dimensionnés. Par ailleurs la capacité des ouvrages est parfois inférieure aux besoins ou au contraire, les cultures n'exploitent pas le plein potentiel des réservoirs.

Enfin au niveau du bassin versant, les barrages sont souvent réalisés de manière anarchique, avec pour conséquence que certains barrages en amont interfèrent avec ceux en aval. De même, les PFE (prise au fil de l'eau) sont dans la majorité des cas, installées sur des cours d'eau semi-permanents, avec le risque que l'eau ne soit pas disponible pour toute la durée du cycle.

Par ailleurs, les ouvrages manquent sérieusement d'entretien, mis à part les barrages hydro-électriques et quelques gros barrages agro-industriels (Morisson, au complexe sucrier de Ferké 1). Il faut dire que depuis le retrait des organismes publics chargés de la gestion et de l'entretien des périmètres, les paysans sont le plus souvent laissés à eux-mêmes, sans formation appropriée, ni encadrement suffisant, ni moyens nécessaires pour assumer cette responsabilité. La conséquence directe de ce transfert de responsabilité de facto aux exploitants mal préparés à prendre la relève a été la détérioration rapide des aménagements réalisés et, dans certains cas, leur abandon pure et simple.

Au-delà des problèmes de conception et d'entretien, la faible performance de l'irrigation paysanne s'explique par l'absence quasi-totale de gestion de l'eau.

- Les organisations paysannes, là où elles existent, sont laissées à elles-mêmes; elles n'ont ni le niveau d'organisation, ni les compétences techniques nécessaires pour exploiter efficacement les barrages et les PFE sans un encadrement serré ;
- Les superficies exploitées sont toujours moindres que celles aménagées au départ. Cela en raison, dans la plupart des cas, d'une détérioration des réseaux d'irrigation et d'une utilisation anarchique de l'eau sur le périmètre ;
- Les aménagements ne possèdent pas d'ouvrage de contrôle de débit sur les canaux d'irrigation, ce qui conduit à une irrigation incontrôlée et donc à un éternel conflit entre l'amont et l'aval ;
- L'ANADER dont la principale mission est de favoriser le professionnalisme des producteurs agricoles et d'améliorer leurs compétences techniques, ne prend pas suffisamment en compte l'irrigation dans l'encadrement des paysans.

Bien que dans la plupart des cas, les déficiences techniques soient à l'origine du faible niveau d'exploitation des périmètres hydro-agricoles, les problèmes rencontrés et non des moindres, relèvent aussi de facteurs socio-économiques. Le foncier joue souvent un rôle central

dans la mise en valeur des périmètres, car les exploitants ne sont pas toujours les détenteurs des droits fonciers.

L'insécurité foncière et les multiples conflits sur les périmètres hydro-agricoles ont également un impact négatif important sur la dynamique paysanne et la capacité endogène de mobilisation du milieu. Dans un tel contexte, il est difficile pour la majorité des exploitants de s'investir dans la mise en place d'une organisation paysanne, organisation qui serait en mesure de leur offrir divers services, tels que la gestion de l'eau et l'entretien des ouvrages, l'approvisionnement en intrants, la mise à marché etc.

L'absence d'une politique clairement définie en matière d'irrigation, l'éparpillement des responsabilités au sein du Ministère de l'Agriculture (MINAGRI) en ce domaine et l'insuffisance de coordination entre les différents acteurs institutionnels (DPPD, les Directions Générales et ONDR (ex-PNR)) favorisent l'anarchie et la mauvaise gestion du sous-secteur.

IX. Moyens mis en œuvre pour le développement de l'irrigation en Côte d'Ivoire

Aujourd'hui, l'importance de l'irrigation pour la diversification et l'accroissement de la production agricole en Côte d'Ivoire n'est plus à démontrer, notamment avec les perturbations climatiques de ces dernières années qui accroissent la précarité de l'agriculture pluviale. Il importe donc de prendre les dispositions idoines pour une planification optimale et une exploitation efficiente des aménagements hydro-agricoles. Pour ce faire, il convient de :

- s'assurer de trouver des solutions à tous les problèmes évoqués avant d'investir des fonds additionnels dans la réhabilitation des sites existants ou dans l'aménagement de nouveaux sites ;
- développer, auprès des exploitants, des programmes de sensibilisation et de formation sur les aspects techniques et ceux liés à la vie associative, et renforcer sensiblement les organisations paysannes ;
- renforcer les activités de planification, de mise en œuvre et de suivi technique des programmes et des projets d'irrigation en les regroupant dans une même structure, structure qui serait dotée des ressources humaines et financières adéquates.

A cet effet, il est important de renforcer le rôle joué par l'Etat, et mettre en place l'autorité chargée de la gestion des bassins versants tel que prévu dans la loi portant Code de l'eau.

Les coûts des aménagements hydro-agricoles étant très élevés, il s'avère nécessaire d'en assurer une mise en valeur optimale, notamment en ce qui concerne la gestion du foncier. Dans ce cadre, l'Etat, après avoir réalisé les aménagements à grands frais, ne peut laisser aux seuls détenteurs des droits coutumiers la mainmise sur l'exploitation des périmètres. Des mécanismes doivent être mis en place de façon à intéresser les propriétaires terriens et garantir les droits des exploitants à court, moyen et long terme.

En somme, il est important de mettre en œuvre le Plan de développement de l'irrigation qui a été adopté en 2004 par les acteurs techniques. Il est souhaitable que son adoption soit faite par le gouvernement afin de trouver les moyens nécessaires pour sa mise en œuvre.

L'on assiste avec l'adoption, en conseil des ministres du 19 juin 2008, de la stratégie de relance de l'activité rizicole, un début de mise en œuvre du plan de développement. En effet, cette stratégie prévoit de réaliser à l'horizon 2018, 50.000 hectares de riz irrigués en double

culture annuelle dont 30 000 ha de périmètres existants et 20 000 ha de nouveaux sites à aménager, 30.000 hectares de riz inondé et 1.300.000 hectares en riz pluvial.

Références

- FAO, 2003. Aquastat. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexfra.stm>
- FAOCLIM. 2001. Les données agro-climatiques mondiales de la FAO.
- Cabinet du Premier Ministre, Haut-Commissariat à l'Hydraulique. 1999.Loi n°98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'eau.
- Ministère de l'Agriculture, Experco International.2002. Etude relative à l'élaboration d'un plan de développement de l'irrigation, Phase 1, volume 1 : Bilan diagnostic de l'existant.
- Ministère de l'Agriculture, Experco International.2003. Etude relative à l'élaboration d'un plan de développement de l'irrigation, Phase 1, volume 2 : Bilan diagnostic du potentiel.
- Ministère de l'Agriculture, Experco International.2004. Etude relative à l'élaboration d'un plan de développement de l'irrigation, Phase 1, volume 3 : Plan de développement de l'irrigation.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts, Direction de ressources en eau. 2010. Politique Nationale de l'eau de la Côte d'Ivoire.
- Ministère des eaux et forêts. 2003. Gestion intégrée des ressources en eau en Côte d'Ivoire : bilan et perspectives.
- République de la Cote d'Ivoire. 1993. Plan directeur de développement agricole de la Côte d'Ivoire (PDDA 1992-2015)
- République de la Cote d'Ivoire. 2009. Stratégie de Relance du Développement et de Réduction de la Pauvreté en Côte d'Ivoire (DSRP)
- République de la Cote d'Ivoire. 2010. Programme National d'Investissement Agricole (PNIA 2010-2015) de la Côte d'Ivoire.

Etat actuel des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'ouest : Cas de la République de Guinée

N'Famara Conté

Direction Nationale du Génie Rural

Abstract

The paper presents the status of irrigation development in the Republic of Guinea, a country with a land area of 245,857 km² and a population of 9.3 million people (2005 estimate). Guinea has relatively abundant surface water and groundwater resources. It has 1,165 watercourses in 23 river basins (9 national and 14 international) and notably contributes to the flow of the Niger, Gambia and Senegal rivers. A large part of its territory receives up to 5,000 mm of annual rainfall during a 5 to 8 month long rainy season, with just the arid zones of the northeast and northwest having an annual rainfall of around 1,100 mm. At first sight, depending solely on rainfed agriculture would appear adequate to meet Guinea's food requirements and even generate an exportable surplus. However, it is feared that clearing the wooded hill slopes, where most arable land is located, could accelerate erosion. Hence, irrigation development becomes a viable alternative for making productive use of the country's natural resources to meet its requirements of rice, tubers and horticultural products. The Ministry of Agriculture and its national directorate for rural engineering (DNGR) are responsible for developing the country's irrigation potential of 364,000 ha. Among the actions planned is the construction of dams around the country to harness its considerable water resources and the construction of total water control irrigation systems, estimated to cost about USD 9,000/ha, but expected to be more durable than the simple systems developed up to now that are less costly and apparently do not last longer than 1 to 2 years. A strategy and guidelines are being put in place as part of an overall framework to ensure sound technical and economic decision-making related to irrigation development, including the participation of farmer-beneficiaries who have not played a major role in irrigation planning, and operation and maintenance up to now.

I. Climat, Ressources Hydriques et Nécessité de l'Irrigation

La République de Guinée couvre une superficie de 245.857 km² pour une population estimée à 9 276 000 habitants en 2005. Elle est divisée en quatre (4) régions naturelles (la Guinée maritime ou Basse Guinée, la Moyenne Guinée ou Fouta-Djalon, la Haute Guinée et la Guinée forestière). La population rurale représente 80% de la population totale et tire 79% de ses revenus des activités agricoles.

Climat:

Le climat de la Guinée est marqué par des disparités régionales relativement marquées. Chacune des régions naturelles a ainsi ses caractéristiques propres dont l'influence est sensible sur les conditions du milieu et les systèmes agropastoraux, ainsi que sur les conditions environnementales.

Le climat est composé de deux (2) saisons dont une saison des pluies variant de 5 à 8 mois (de mai à novembre voir décembre) suivant les régions. Les zones fortement arrosées pour environ 4200 mm par an et 5 000 mm pour la zone de Conakry (Guinée Maritime et Guinée Forestière) sont sujettes à des ruissellements intensifs favorisant l'érosion (érosion laminaire sur versants à pente modérée ou faible, érosion localisée en griffes et ravines sur versants à pente forte). Les zones plus sèches des régions du nord-ouest pour 1100 mm par an, (Moyenne Guinée) et du nord-est (Haute Guinée) sont sujettes à des risques de déficit pluviométrique par rapport aux besoins en eaux pendant les périodes de pointe, avec des effets défavorables sur le couvert végétal et les productions agricoles ou pastorales.

Ressources hydriques :

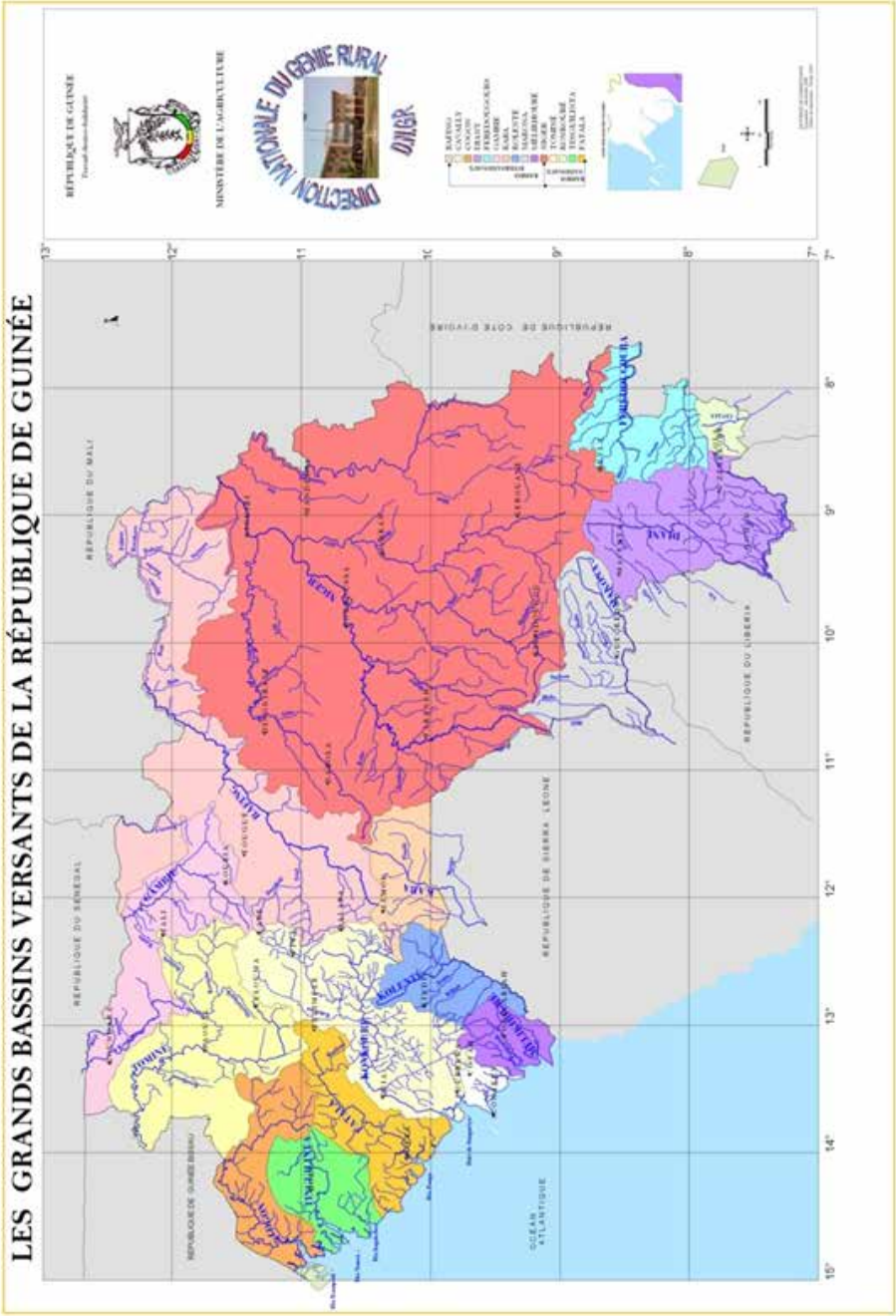
Le réseau hydrographique guinéen est très dense, 1165 cours d'eau inventoriés, regroupés en 23 bassins fluviaux dont 9 nationaux et 14 internationaux (Figure 1). La Guinée jouit ainsi d'une situation particulière en Afrique de l'Ouest, contribuant pour une part importante à l'hydrologie des bassins du Niger, de la Gambie et du Bafing/Sénégal. Les prélèvements d'eau liés aux aménagements hydro-agricoles peuvent être estimés à 6 milliards de m³/an sur 364 000 ha de terre irrigables, pour un volume d'eau mobilisable de l'ordre de 350 milliards de m³/an, ce qui implique un impact négligeable sur la ressource en eau et le régime des cours d'eau. Les eaux souterraines sont estimées à 72 milliards de m³.

La nécessité du développement de l'irrigation :

L'agriculture irriguée constitue un des principaux instruments de mise en œuvre de la stratégie de croissance accélérée que requiert une stratégie adéquate de lutte contre la pauvreté. Il existe de fortes potentialités de croissance du secteur rural, notamment pour les cultures maraîchères comme la pomme de terre, mais aussi pour le riz dont plus de 70% de la production doit relever du domaine irrigué.

A première vue, la Guinée semble dotée d'un potentiel suffisant en cultures pluviales qui lui permettrait de couvrir ses besoins alimentaires et même d'entreprendre l'exportation du surplus commercialisable. La pluviométrie est en effet très abondante (entre 1100 et 4200 mm par an en moyenne) et le réseau hydrographique très dense constituant un facteur de bonne répartition spatiale de la ressource. Les eaux de pluie sont ainsi estimées globalement à 400 km³/an et celles qui sont renouvelables annuellement représenteraient 226 km³ environ. Les eaux souterraines sont quant à elles évaluées à 72 km³ sur lesquels 38 km³ sont renouvelés en année de pluviométrie moyenne et les ressources en eau de surface sont très importantes (188 km³).

Figure 1 : Réseau hydrographique de la Guinée



Cependant, la configuration géomorphologique de la Guinée fait que la majorité des terres cultivables en pluviale est constituée de coteaux boisés dont le défrichement ouvre la voie à une érosion accélérée. Cette situation s'aggrave au fil du temps avec le fort taux d'accroissement démographique qui réduit de plus en plus les temps de jachère qui permettaient naguère une régénération relativement satisfaisante de la fertilité de ces sols.

Dans ce contexte particulier, le recours à l'irrigation trouve toute sa justification, car il offre à la Guinée une alternative de durabilité dans l'exploitation des ressources naturelles productives. L'irrigation permettrait, par l'intensification optimale et la diversification, d'accroître la production alimentaire pour contribuer davantage à la satisfaction des besoins nationaux sur des superficies réduites, mais surtout pour desserrer l'emprise des agriculteurs sur les terres de versant dont l'exploitation dans les conditions actuelles conduira à une dégradation accélérée de l'environnement et une perte irrémédiable du capital productif.

A terme, ce développement pourrait permettre au pays d'améliorer significativement la disponibilité des produits agricoles de base dont les populations ont besoin (riz notamment), mais aussi de diversifier la production (légumes tubercules, etc.) pour lutter contre la malnutrition. Par la suite, une partie importante des excédents dégagés pourrait être destinée à l'exportation dans la sous-région.

Le développement de l'agriculture irriguée serait ainsi à même de contribuer significativement à l'accroissement de la valeur ajoutée agricole et des revenus selon une démarche de pérennisation du capital productif et de préservation des écosystèmes.

II. Situation Actuelle des Aménagements Hydro-agricoles

Potentiel irrigable

Le potentiel irrigable de la Guinée est décrit dans le tableau 1.

Tableau 1: Potentiel irrigable de la Guinée

POTENTIEL	Superficies irrigables (ha)
1. Petites et moyennes plaines d'arrière mangroves	50 000
2. Petites et moyennes plaines fluviales	20 000
3. Jardins maraîchers	>2000
4. Plainnes maraîchères	10 000
5. Bas-fonds à double campagne rizicole	22 000
6. Bas-fonds avec riz d'hivernage et maraîchage de contre-saison	20 000
7. Grandes plaines rizicoles de front de mer	150 000
8. Grandes plaines rizicoles alluviales et fluviales	90 000
TOTAL	364 000

Source : FAO/CP : Stratégie nationale et plan d'action pour le développement de la petite irrigation (1996-1997)

Les interventions en matière d'aménagement ont porté sur 162 556 ha. Ces interventions ont concernées les grandes plaines de mangroves et les moyennes plaines d'arrière mangrove

en Basse Guinée, les plaines alluviales de la Haute Guinée, les bas-fonds du Fouta et de la Guinée Forestière. (cette superficie est celle aménagée aussi bien pour le pluvial que pour l'irrigation).

Les typologies qui ont été développées en Guinée sur ces catégories à travers différents programmes et projets ont privilégié la riziculture qui demeure une priorité pour le Gouvernement.

Les schémas d'aménagement ont de ce fait été calés par rapport à l'impératif rizicole (l'irrigation s'identifiant à la riziculture dans la mentalité des pouvoirs publics) ; les paysans qui veulent faire autre chose que le riz, pour une question de rentabilité financière et d'opportunité de marché, ont dû essayer de s'adapter à la trame d'aménagement, ce qui a posé beaucoup de problèmes dans nombre de cas.

En fonction des écosystèmes cités ci-haut, la typologie suivante se dégage :

Des plaines de mangrove

La mangrove se définit comme un écosystème intermédiaire entre l'océan et le piedmont. En Guinée, elle concerne une bande de 30 km de large étalée sur 300 km de côtes. La superficie de la mangrove est estimée à 385 000 ha. Cette superficie inclue aussi bien les 200 000 ha de mangrove en front de mer et d'arrière mangrove que les 185 000 ha non exploitables en riziculture, occupés par les forêts de palétuviers, dont 56 250 ha de rizières (superficie actuellement cultivée en mangrove).

Ce mode de riziculture très original est rendu possible par des conditions topographiques et climatiques très particulières : la forte pluviométrie saisonnière (de juin à septembre) permet la submersion temporaire par l'eau douce de vastes plaines côtières. L'entrée de cette eau douce lessive le sel résiduel et permet alors la mise en culture des parcelles de riz inondé (plutôt qu'irrigué à proprement parlé). En saison sèche, sous l'influence des marées, l'eau de mer submerge à nouveau les champs, le sel et la sédimentation contribuant à éliminer les adventices et à régénérer la fertilité des sols. Un nouveau cycle cultural peut désormais reprendre sans aucun apport d'engrais, faisant de la riziculture de mangrove un mode de mise en valeur aussi durable qu'écologique.

On peut subdiviser les plaines de mangroves en 4 types :

- T1 avec présence des marées et risque de salure pendant la saison de production (correspond au système бага côtier) : obligation de protéger la rizière contre l'intrusion d'eau de mer par la construction de digues de ceinture et d'ouvrages de régulation.
- T2 avec présence des marées sans risque de salure pendant la saison de production (correspond au système бага plaine) : nécessité d'un système de drainage bien calibré et d'ouvrages de régulation.

Les plaines d'eau douce (sur sols de mangrove) :

- T3 plaine d'eau douce avec submersion de longue durée (correspond au système mixte plaine – plateau) : nécessité d'un système de drainage calibré, d'ouvrages de régulation et de digues de rétention.
- T4 plaine d'eau douce avec submersion de courte durée (correspond au système plateau) : réalisation de diguettes en courbes de niveau de 0,5 m de hauteur munis de déversoirs en matériaux locaux.

Cette typologie se base sur la présence de l'eau douce et de l'eau salée et est étroitement liée aux systèmes de production.

Les principales contraintes techniques qui ont entravé le développement de la riziculture dans cette zone sont : i) la difficulté dans la conception et la réalisation d'infrastructures durables en zone littorale, la mangrove étant un milieu particulièrement instable et dynamique , ii) le faible niveau d'équipement des exploitants pour les aménagements, la mise en valeur (travail du sol notamment) et les aspects de post-récolte, iii) les difficultés multiples pour structurer et fédérer les agriculteurs autour de l'entretien durable des aménagements réalisés (analphabétisme, incertitudes foncières, individualisme...) iv) la pluriactivité des agriculteurs de la zone et les difficultés à mobiliser de la force de travail sur une activité à forte pénibilité et à rémunération différée, et v) la complexité du sol de mangrove qui évolue à chaque changement hydrologique.

En effet, de façon générale la texture et la lithologie des sols de mangrove est homogène et argilo-limoneuse. Les horizons tourbeux sous-jacents se comportent comme des éponges et les teneurs en eau s'élèvent alors à 300%. La teneur en eau est plus élevée en profondeur qu'en surface. Cette forte teneur en eau des sols constitue la meilleure protection contre leur acidification et la meilleure garantie de préservation de la fertilité.

Un dessèchement par abaissement du niveau d'inondation de quelques décimètres provoque dans les sols chargés de tourbe fibreuse de *Rhizophora* une acidification drastique. Un assèchement dans un sol de mangrove développé sans *Rhizophora* peut entraîner une sur-salure de surface par remontée capillaire des eaux salées sous-jacentes. Les sols des plaines de mangroves ne sont qu'une croûte qui repose sur un épais manteau de vase marine à salinité constante proche de celle de la mer (35 g/l).

Un assèchement, par sur-drainage peut entraîner une minéralisation de la matière organique et une perte pratiquement complète de fertilité. La régénération d'un sol de mangrove ne peut à l'état naturel qu'être assuré par un limonage marin s'il est encore submersible ou par le tapis herbacé s'il n'est plus submersible.

La modification artificielle de ces caractéristiques hydrologiques par aménagement inadapté peut développer des risques de stérilisation des terres. De nombreux exemples d'aménagements du passé en témoignent.

Le principe de gestion durable de ce milieu est donc :

- de ne pas entraver les échanges hydrologiques et sédimentaires qui président à son auto-enrichissement ;
- de ne pas s'opposer aux évolutions morphologiques, de les connaître pour les anticiper et ainsi projeter des aménagements adaptés et durables.

En saison des pluies, toutes les superficies sont emblavées en riz et, durant la saison sèche, en plus de la culture du riz, une partie des surfaces est consacrée aux cultures maraîchères et la saliculture. Les paquets technologiques, pourtant connus par les producteurs, ne sont toutefois pas suffisamment mis en œuvre, et les rendements ne sont pas à leur optimum.

Le développement rapide de ces périmètres peut s'opérer à des coûts d'aménagement qui, actualisés récemment (projet DNGR AFD 2007), varient autour de 2500 € par hectare, selon la taille et les caractéristiques spécifiques des sites et des systèmes de mobilisation de l'eau. Ces coûts d'aménagements sont raisonnables comparativement aux augmentations de rendements qui peuvent en résulter : une moyenne de 1,2 tonnes de paddy à l'ha actuellement qui peut facilement dépasser 3,5 tonnes ha après aménagement.

Ces dernières années, les services techniques de l'agriculture et du génie rural en

collaboration avec la recherche nationale et des bureaux d'études locaux ou des ONG intervenants en Guinée Maritime, ont développé une connaissance de plus en plus fine de la riziculture de mangrove et des contraintes liées aux aménagements dans la zone. Il apparaît clairement que le potentiel reste toujours aussi attractif.

Par contre, les enjeux s'articulent de moins en moins autour des aspects techniques liés aux aménagements de grande envergure, mais de plus en plus autour d'une prise en considération renforcée des savoirs faire locaux et des contraintes liées aux aspects sociaux et environnementaux :

- la mangrove est une réserve de biodiversité qui contribue au maintien des réserves halieutiques qu'il convient de préserver ;
- la conception des aménagements doit aller au-delà du primaire mais considérer les aménagements secondaires et tertiaires en allant jusqu'à la prise en considération de la gestion de l'eau au niveau de la parcelle individuelle ;
- la prise en considération dans la conception de l'aménagement des intérêts de tous (y compris de la pluriactivité des exploitants) et des savoirs faire locaux doit aboutir à un consensus qui facilite d'autant mieux son appropriation donc sa durabilité.

L'expérience prouve que la gestion optimale de l'eau et l'entretien des grands aménagements, laissés, avec le désengagement de l'Etat, aux mains des organisations de producteurs insuffisamment préparés et fédérés souffrent: (i) de l'inorganisation des structures d'entretien perçues comme illégitime et des insuffisances des services de tutelle désengagés en matière de programmation et de mise en œuvre des règles de gestion et des travaux de maintenance; (ii) du dimensionnement insuffisant et de la mauvaise utilisation de la redevance. Il en résulte de fortes dégradations des réseaux et des équipements qui compromettent, à plus ou moins long terme, la durabilité des investissements.

Des grandes plaines alluviales

Depuis des millénaires sur les plaines alluviales, les agriculteurs (riziculteurs) ont adapté leurs cultures (variétés, date de semis etc...) aux conditions naturelles des crues. En Haute Guinée, la pluviométrie moyenne est supérieure à 1.000 mm, le climat ne constitue pas un obstacle à la riziculture dans la mesure où les conditions socio-économiques permettent de respecter un calendrier strict avec des semences adaptées d'une part, et d'autre part les ressources en eau de surface permettent de résoudre les principales contraintes liées à la pluviométrie pour l'agriculture. Ces contraintes sont :

- diminution de la pluviométrie à long terme ;
- faux départ de la saison (pluies abondantes en début de saison humide, arrêtées brusquement pour une période de plus de 10 jours consécutifs) ;
- retard de la saison des pluies (plus fréquent vers le Nord) ;
- arrêt des pluies en pleine saison de croissance des végétaux pour plus de 10 jours consécutifs ;
- arrêts précoces des pluies en fin de saison.

Les sols alluviaux en Guinée sont en quantité très suffisante et très largement supérieure aux possibilités d'irrigation. Cependant, deux obstacles doivent être signalés :

- Au nord de la Haute Guinée (plaine du Niger), les sols sont très lourds et difficiles

à travailler en culture attelée. La rigueur du climat ne laisse que des plages de temps très courtes pour le labour et le semis au moment des premières pluies ;

- La perméabilité des sols de plaines de la Haute Guinée a été démontrée par certaines études réalisées dans la région (projet «eau-sol-plante» au Sud du Mali). Ces perméabilités sont dues probablement aux fentes de retrait. Cet obstacle rend très difficile l'irrigation avec le drainage concomitant (maîtrise totale de l'eau). Dans la plaine de Bankalan par exemple le phénomène a été estimé à 35 cm/jour, soit 1,5 cm/heure. Le même phénomène doit se présenter dans les plaines de la Banié et les bas-fonds du Sud, mais à ce niveau on y manque de mesures.

La faible fertilité des sols du Sud de la Haute Guinée peut s'expliquer par la forte perméabilité. Ceci constitue une raison de plus pour y préconiser les aménagements peu coûteux.

La Haute Guinée est arrosée principalement par le fleuve Niger et les affluents : Milo, Sankarani, Tinkisso, Niandan. Seul l'extrême Nord-Ouest appartient au bassin du fleuve Sénégal.

Toutes les rivières de la Haute Guinée sont de type tropical à crue en saison des pluies et étiage en fin de saison sèche. Il existe toujours un léger décalage entre le démarrage des écoulements et les pluies, dû à la nécessité de saturer les sols après la saison sèche. Actuellement avec l'action de la sécheresse, la plupart des rivières s'assèchent désormais après la saison des pluies.

Compte tenu de ce qui précède, plusieurs systèmes d'aménagement se sont développés au fil du temps pour supprimer totalement ou partiellement ces contraintes physiques. Ainsi aujourd'hui on peut distinguer 3 systèmes d'aménagement des terres dans cette zone. Ce sont :

a) La riziculture traditionnelle :

Les grandes zones de riziculture traditionnelle dans le Nord de la Guinée sont :

- Les vallées des grands fleuves (plaines du Niger, du Milo et Sankarani) ;
- Les lits majeurs des petites et moyennes rivières petites et moyennes (Banié), eux aussi soumis à des crues très irrégulières ;
- Les bas-fonds sans lit mineur où les crues passent doucement.

Les risques hydrauliques que présente ce type de riziculture sont les suivantes :

- Les premières pluies sont insuffisantes ou trop fortes pour permettre une préparation correcte du sol avant le semis ;
- Elles sont également insuffisantes ou trop fortes pour assurer correctement la première phase de végétation ;
- La crue est trop précoce et le riz est noyé avant son tallage ;
- La crue monte trop rapidement et le riz est également noyé ;
- La crue est trop faible et le riz n'est pas submergé ;
- La décrue est trop précoce et le riz se dessèche avant la récolte ;
- La décrue est trop tardive et il faut récolter dans l'eau ;
- Les eaux de ruissellement sauvage noient le riz pendant son cycle végétatif.

b) Les aménagements de submersion contrôlée primaire :

Les aménagements de submersion contrôlée ont pour but de supprimer une partie des risques cités plus haut, en particulier les risques 3 et 4 et partiellement les risques 5,6,7 et 8, ceci sans atteindre la complexité et les coûts d'un aménagement habituel pour l'irrigation.

Dans cette famille, les aménagements primaires à partir d'un seuil en rivière sont les plus répandus dans la zone. On les rencontre tant à Siguiri (Togui-Oulè) que dans la vallée de la Banié ou le long du Niger (plaines de Kobané et Yara-Doura) à Kouroussa.

c) Les aménagements secondaires :

Dans l'aménagement secondaire, on divise les plaines en secteurs où la hauteur d'eau sera réduite et compatible avec la culture du riz dressé, tout au moins ses variétés rustiques qui supportent jusqu'à 90 cm de hauteur d'eau.

Le découpage de l'aménagement primaire en secteurs indépendants même de plusieurs dizaines d'hectares, suppose la réalisation de digues secondaires suivant le tracé de courbes de niveau à l'intérieur de la digue périphérique. Des canaux d'irrigation et des ouvrages de prise de second ordre mettent en communication contrôlée les secteurs et le canal principal.

Des petits périmètres ou bas-fonds

En Guinée, on rencontre plusieurs zones qui recèlent d'importantes potentialités en bas-fonds. La plupart des bas-fonds subissent l'inondation pendant l'hivernage. Ceci conduit, au regard des caractéristiques du terrain aux typologies suivantes :

L'expérience fait prévaloir deux types principaux d'aménagement de bas-fonds.

- **Les aménagements de contrôle de nappes** qui ont pour objectif de retenir dans les parcelles l'eau s'écoulant dans le bas-fond. Ce sont des aménagements de surface qui favorisent et augmentent la durée de submersion par la réalisation des diguettes en courbes de niveau et des diguettes perpendiculaires délimitant les parcelles. Le passage d'eau d'une parcelle à l'autre se fait à l'aide d'un bambou ou d'un tuyau PVC.
- **Les aménagements d'irrigation** qui ont pour objectif d'amener l'eau à partir d'un ouvrage de dérivation du lit mineur d'un cours d'eau ou d'un barrage de retenue d'eau.

a) Aménagement de contrôle de la nappe : Comme son nom l'indique, ce type d'aménagement est proposé pour tout bas-fond dont l'aménagement exige uniquement la mise en place d'un dispositif en vue de mieux contrôler la nappe existante sur le périmètre et le rendre plus utile pour l'exploitation. En effet, les sites qui se prêtent à ce type d'aménagement font l'objet d'inondation pendant l'hivernage, sans cours d'eau nettement marqué.

La technique préconisée consiste à découper le périmètre concerné en casiers, chacun étant entouré de diguettes en terre dont la hauteur par rapport au terrain naturel varie entre 30 et 40 cm.

Les diguettes ainsi conçues, sont disposées en courbes de niveau, avec une dénivelée comprise entre 20 et 25 cm. Cette disposition particulière a pour objectif de faciliter le planage manuel des casiers réalisés et de retenir l'eau de pluie dans le périmètre. Dans ces conditions,

la circulation de l'eau d'un casier à l'autre est facilitée grâce à l'existence de tuyaux (PVC de diamètre 110 cm et une longueur de 90 cm) ou de bambou évidés placés à travers les diguettes de séparation, facilement manipulables par les exploitants agricoles (fermeture par simple bouchage à l'aide de mottes de terre).

Il est souvent utile d'aménager des seuils transversaux pour améliorer l'infiltration sur le périmètre.

Deux variantes composent ce type d'aménagement :

- contrôle de la nappe sans drainage (type 1)
- contrôle de la nappe avec drainage (type 2)

La différence entre les deux variantes réside dans le fait que dans la deuxième, l'aménagement dispose d'un drain central en plus. Cette disposition supplémentaire par rapport à la première variante permet d'une part d'évacuer les eaux excédentaires en période de crue et de faciliter, d'autre part, l'inondation des casiers avoisinants par rehaussement du niveau d'eau dans le drain grâce à de petits ouvrages régulateurs (barrages) idéalement placés le long de celui-ci. Le drain central se conçoit en procédant au recalibrage de la rivière existante ou thalweg existant.

b) Aménagement d'irrigation : Dans ce type d'aménagement, l'aménagement de contrôle de la nappe est complété par un réseau d'irrigation, ce qui assure une certaine maîtrise de l'eau en ce qui concerne l'apport au niveau des cultures. Ce type d'aménagement est le type 3.

Lorsque qu'il existe en tête de réseau un ouvrage de retenue d'eau, qui permet un stockage en amont pour assurer l'alimentation en eau des canaux d'irrigation, on parle d'un aménagement du type 4.

Les propositions d'aménagement des bas-fonds sont fonction des conditions topographiques, pédologiques et de la disponibilité en eau des différents sites retenus, comme précisé dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Superficies aménagées en Guinée (ha)

Potentiels	Superficies aménagées		
	Maîtrise totale de l'eau	Maîtrise partielle de l'eau	Total
1. Petites et moyennes plaines d'arrière mangroves	3 500	35 500	40 000
2. Petites et moyennes plaines fluviales	-	6 000	6 000
3. Jardins maraîchers	500	-	500
4. Plainnes maraîchères	2 000	-	2 000
5. Bas-fonds à double campagne rizicole	-	5 778	5 778
6. Bas-fonds avec riz d'hivernage et maraîchage de contre-saison	6 250	-	6 250
7. Grandes plaines rizicoles de front de mer	16 250	-	16 250
8. Grandes plaines rizicoles alluviales et fluviales	-	4 000	4 000
9. Aménagements agro-industriels			
TOTAL	28 500	52 778	81 278

Source : FAO/CP : Stratégie nationale et plan d'action pour le développement de la petite irrigation (Document de travail 3)

L'autre fait marquant de l'irrigation au niveau technique, notamment en matière d'aménagement de bas-fonds, a été l'absence d'intégration du versant dans le plan d'aménagement. Les interactions en matière de mécanismes de fertilisation des bas-fonds, mais aussi de leur comblement lié à l'effet érosif sur les versants n'ont pas été suffisamment prises en compte. Cette situation a eu des conséquences négatives par rapport aux objectifs d'exploitation durable des investissements.

C'est pourquoi il a été proposé des modèles d'aménagement adaptés aux divers contextes agro-climatiques du pays, et qui soient chaque fois que ce sera le cas, intégré à la topo séquence générale (complexe bas-fonds) pour une maîtrise totale de l'eau.

Ces modèles prennent en compte, l'exploitation des aménagements qui comprend la fonction « gestion de l'eau » (mobilisation, transport et distribution en réseau) et celle de « maintenance » des installations (ouvrages et équipements).

III. Coût estimatif des aménagements et niveaux de mise en valeur

En ce qui concerne les coûts d'aménagement, ils ont variés entre 1,5 et 3 millions GNF/ha pour les petits et moyens périmètres. Ce coût particulièrement bas est imputable à la trop grande simplicité dans la conception des aménagements, avec parfois comme résultat la destruction des aménagements après 1 à 2 ans d'exploitation. Avec la nouvelle tendance (maîtrise totale), le coût des aménagements avoisinerait les 45 000 000 GNF/ha soit US\$ 9 000/ha.

En Guinée l'analyse comparée des expériences montre que la qualité des aménagements déjà réalisés et les performances de mise en valeur qui en résulte sont très variables, mais en général se situent en deçà des attentes. La meilleure performance d'ensemble revient aux petites et moyennes plaines maraîchères de Moyenne Guinée (de l'ordre de 2000 ha), même si des efforts restent à faire au niveau de l'organisation du fonctionnement des stations de pompage et la redéfinition de la redevance eau pour tenir compte des coûts d'amortissement des équipements d'exhaure.

Pour certains aménagements de plaines d'arrière mangrove, on estime à 80 et 90% le taux d'exploitation des terres protégées par les techniques d'endiguement et de contrôle après réhabilitation et extension récente.

En ce qui concerne les bas-fonds, le niveau d'exploitation est considéré comme bon sur 30% de la superficie et pour les deux saisons, sur 30% seulement en contre-saison (mauvaise maîtrise du drainage), et mauvaise sur 40% des deux campagnes à la fois (avec des cas fréquents d'abandon).

IV. Politique de l'irrigation et perspectives

La responsabilité en matière de développement de l'irrigation demeure dans une large mesure du ressort exclusif du Gouvernement à travers la DNGR qui dispose d'effectifs importants. Le rôle joué par les organisations paysannes bénéficiaires dans la planification des investissements a été mineur jusqu'à présent, expliquant par la même la très faible performance dans la gestion agricole et la maintenance des infrastructures d'irrigation quel que soit l'échelle considérée.

A la concentration des rôles entre les mains de l'Etat s'ajoute en corollaire un déséquilibre dans la répartition des capacités opérationnelles au détriment du secteur privé, notamment dans

des domaines vitaux comme la maîtrise d'œuvre (études techniques et économiques, surveillance des travaux, appui à la mise en valeur agricole, etc.).

Cependant un pas décisif a été accompli en matière de réalisation des travaux d'irrigation, en particulier dans le cadre du PNIR 1 qui a permis de former des tâcherons aménagistes capables d'intervenir sur de petits ouvrages. Toutefois, pour l'exécution d'ouvrages plus importants (endiguements, déversoirs, terrassements primaires, etc.), les entreprises qui en ont la capacité restent en nombre très faibles.

Actuellement, le scénario est le suivant :

- Les études et la gestion des aménagements qui comprennent : (a) l'élaboration et diffusion de l'information technique de base pour l'orientation de la planification des investissements, (b) la conduite du processus de mise en place des investissements structurants (grands ouvrages), (c) la conduite du processus de mise en place des investissements productifs, (d) l'organisation de la gestion hydraulique et de la maintenance des aménagements structurants, sont de la charge de l'Etat ;
- La gestion hydraulique et la maintenance des aménagements dans les périmètres individuels sont à la charge des exploitants qui n'ont pas la formation, les moyens et l'organisation nécessaires pour faire face à ces activités, la maintenance des infrastructures structurantes dans les grands périmètres aménagés (ouvrages et digues de protection, canaux d'irrigation et drains principaux) ;
- L'établissement d'un environnement économique et financier favorable qui comprend : (a) le contrôle et la diffusion de statistiques agricoles sur la production, (b) l'élaboration et le suivi de la politique économique pour le sous – secteur, est à la charge de l'Etat. Aucun organisme privé n'existe pour se substituer ou pallier aux carences de l'Etat. Les OP et les unions de producteurs ne sont jusqu'à présent, ni outillés ni préparés pour jouer ce rôle ;
- La production se fait par les exploitants sur les périmètres aménagés, ils sont responsables de la commercialisation de leur production ;
- Dans le cadre de la sécurisation foncière sur les périmètres aménagés, il existe des textes et des codes dont l'application requiert encore de la sensibilisation et de la vulgarisation au niveau du monde paysan. Par contre des plans locaux de développement sont élaborés par les communautés et prennent de plus en plus en compte ces aspects de sécurisation;
- Il existe, surtout dans la zone du bassin, des organisations paysannes qui se sont professionnalisées dans la production de certaines filières (l'oignon et la pomme de terre) ;
- Des projets de développement existent dans certains périmètres aménagés et les services techniques du Ministère de l'agriculture et de l'élevage encadrent et appuient les groupements de petits irrigants du secteur collectif. Les irrigants individuels peuvent être appuyés et encadrés à leur demande par les services techniques ;
- Des organisations de gestion de l'eau et des infrastructures sur les périmètres aménagés sont créés à certaines occasions par les projets, mais elles ne sont ni formalisées ni suivies.

Depuis 1993, le Gouvernement a décidé d'accorder une place prioritaire à la gestion des eaux de ruissellement. C'est dans ce cadre qu'avec l'appui de la Banque Islamique de Développement (BID), il a été envisagé de mettre en place un Projet de construction de petits barrages à buts multiples sur toute l'étendue du territoire national.

En 2007, le Ministère de l'agriculture a décidé d'accorder une place prioritaire :

- au programme d'aménagement hydro-agricole avec maîtrise totale de l'eau sur 364 000 ha du potentiel irrigable par la réalisation: (a) des infrastructures d'exhaure d'eau pour des fins d'irrigation des plaines ; (b) des nouvelles infrastructures appropriées pour la rétention des eaux de ruissellement ; (c) des prises au fil de l'eau et des puits améliorés ;(d) des réhabilitations des barrages de dérivation des anciens aménagements et des ouvrages de protection des bassins versants ; (e) du renforcement des capacités des acteurs concernés par la gestion des infrastructures
- au programme de construction d'infrastructure rurale à des fins agricoles et agropastorales, notamment la construction de divers types d'ouvrages de stockage des eaux pour leur valorisation : (a) retenues collinaires, (b) approfondissement et creusement des mares, (c) ouvrages connexes pour l'irrigation et l'intensification de la mise en valeur, (d) digues filtrantes.
- à l'élaboration d'un Schéma Directeur d'aménagement des plaines permettant désormais de disposer d'un outil essentiel de prise de décision aussi bien technique qu'économique en vue d'aménager et mettre en valeur son potentiel agricole. Ce schéma devra définir le cadre global dans lequel s'inscriront toutes les actions futures relatives au développement agricole.

Sigles et abréviations

AFD	: Agence Française de Développement
BE	: Bureaux d'Etudes
BID	: Banque Islamique de Développement
DNGR	: Direction Nationale du Génie Rural
FAO	: Fonds des Nations Unies pour l'Alimentation
MPF	: Ministère du Plan et des Finances
MCI-PME	: Ministère du Commerce, l'Industrie, des Petites et Moyennes Entreprises
OMVS	: Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
OP	: Organisation Paysanne
OPIP	: Office pour la Promotion de l'Investissement Privé
PACV	: Programme d'Appui aux Collectivités Villageoises
PME	: Petites et Moyennes Entreprises
PNIR	: Programme National d'Infrastructures Rurales

Current Status of Irrigation Development in Ghana

Damien Amoatin

Agricultural Economist, Ghana Irrigation Development Authority (GIDA)

Abstract

Ghana is well endowed with water resources, but the amount of water available changes markedly from season to season, from year to year and within a year. The availability of water is decreasing due to rainfall variability (climate change), rapid population growth, increased environmental degradation, river pollution and draining of wetlands.

In the dry season, no agricultural operations are possible without irrigation in the North of Ghana. Even in the rainy season, rainfall may be unfavorably distributed or scanty and supplementary irrigation is sometimes necessary to save the green crops from the damage caused by droughts and to ensure adequate yields. The total area under irrigation stands at 29,772.0 ha. This represents 0.22% of the total agricultural land area and 0.41% of the total area under cultivation. Irrigated production is, therefore, very insignificant, both in terms of area and crop production.

The irrigated sub-sector is not performing to expectations, despite a firm commitment from the government since the 1960s. Formal public schemes are operating at approximately half their design capacity (low yields/low cropping intensity) linked to inadequate cost recovery and insufficient attention given to post-harvest processing and marketing strategies. The informal sector is not sufficiently recognized and serviced to contribute at full potential. Inappropriate and inaccessible credit products coupled with limited tenure security set a severe limit on small-scale private initiatives.

There is a role for a much more consistent approach to irrigation development, in which both public and private agencies can participate in an enhanced institutional framework. The development of the Irrigation Policy represents a shift in focus that will ensure sustainable performance and growth, socioeconomic inclusion, responsible production and provision of enhanced services.

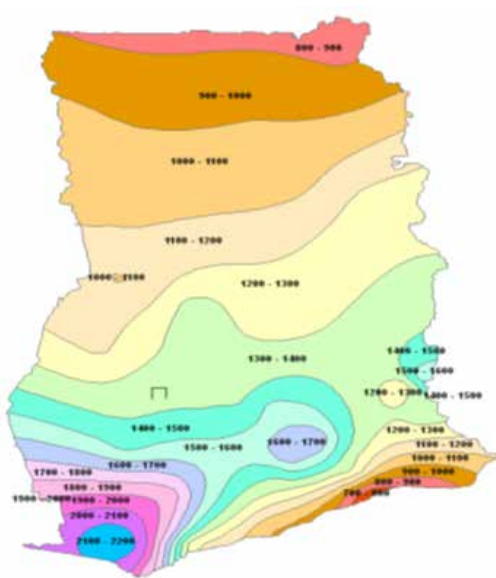
Background

According to the 2000 census, Ghana's population is estimated at 18.9 million, with a growth rate of 2.7% per annum. The country is located at latitude 4° 44'N and 11° 11'N and longitude 3° 11'W and 1° 11'E. It has a 550-km long coastline. Principal agricultural and aquacultural exports are cocoa, timber, horticultural products, fish/seafood, and game and wildlife. The principal mineral resources are gold, bauxite, manganese, and diamond. The contributions of different activities to agricultural gross domestic product (GDP) are as follows: Crops (61.8%), Fisheries (12.4%), Cocoa (11.5%), Forestry (9.3%) and Livestock (5%).

Rainfall Pattern

The climate varies from bimodal rainfall or equatorial in the south to tropical mono-modal monsoon in the north (Figure 1). In both areas, there are dry periods – a short and a long period in the bimodal area and a rather long one, exceeding six months, in the uni-modal area, whose severity is exacerbated by high temperatures. Rainfall generally decreases from south to north and from west to east. The Southwest is very wet, with over 2,000 mm per year, while the Northeast receives only 1,000 mm of rainfall per year. In the extreme north, there is almost no rainfall from late October or early November to mid-March or later. Mean annual temperature averages about 27 °C over most of the country.

Figure 1. Rainfall isohyets of Ghana.

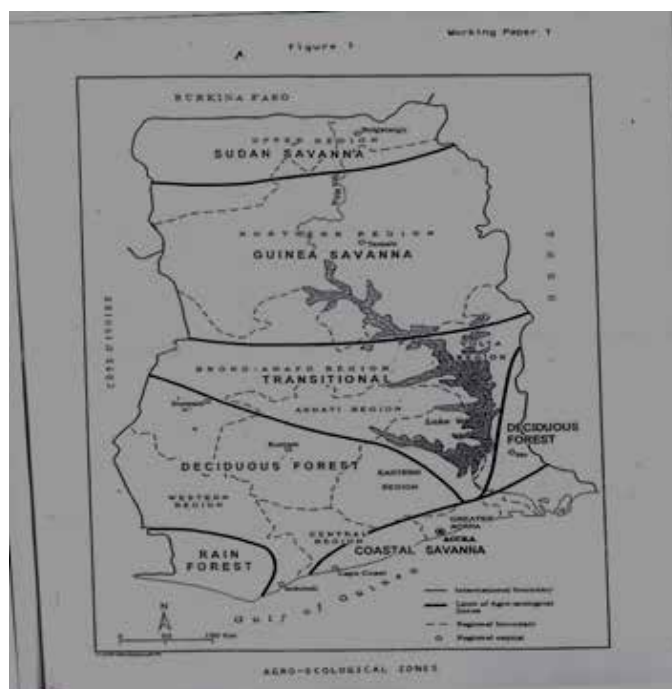


Source: Namara et al. 2011.

Agroecological Zones

Based on climate, soil, water availability, vegetation type, and other physical and biotic factors, Ghana may be divided into five major agroecological zones (Figure 2). Each zone differs by economic activity, population density and other socioeconomic attributes, cropping patterns, and livestock numbers and distribution. The rainfall characteristics of these zones are summarized in Table 1.

Figure 2. Agroecological zones.



Source: Ghana Irrigation Development Authority (GIDA).

Table 1. Agroecological zones of Ghana.

Agroecological zone	Arable area (% of total)	Rainfall (mm)
Coastal savannah	3.5	800
Deciduous forest	48.5	1,500 - 2,200
Transitional zone	10	1,300
Guinea savannah	29	1,100
Sudan savannah	9	1,000

Water Resources Potential

River Systems and Surface Water Resources

Ghana is well endowed with water resources, but the amount of water available changes markedly from season to season as well as from year to year. Also, the distribution of water within the country is far from uniform, with the southwestern part of the country having more water resources than the coastal and northern regions. However, the availability of water is decreasing due to rainfall variability (climate change), rapid population growth, increased environmental degradation, river pollution and draining of wetlands. All of Ghana's rivers drain

southwards to the Gulf of Guinea. The Volta River, with a catchment area within Ghana of nearly 70% of the country, is by far the largest river draining the entire north, center and east of the country. The remaining rivers, all in the south and southwest, drain about 30% of the country.

The major sub-basins of the Volta include the Black and White Volta rivers, the Oti River and the Lower Volta, including Lake Volta. The Southwestern river system comprises the Bia, Tano, Ankobra and Pra rivers, while the coastal river system comprises the Ochi-Amissah, Ochi-Nakwa, Ayensu, Densu and Tordzie/Aka rivers. The Volta River Basin is shared with Cote d'Ivoire, Burkina Faso, Togo, Benin and Mali. The Bia River is shared with Cote d'Ivoire, while the lower reaches of the Tano River also form part of the boundary with Cote d'Ivoire.

Impoundments and reservoirs have been constructed for hydropower generation, water supply and irrigation. At Akosombo, 100 km from the mouth of the Volta, the first Volta Hydroelectric Dam was constructed in 1964, which has created one of the largest man-made lakes in the world, covering an area of about 8,300 km². A smaller impoundment, the Kpong Headpond, covering an area of about 40 km², was completed in 1981, when another hydroelectric scheme was commissioned at Kpong, 20 km downstream of Akosombo. Other important impoundments are the Weija and Owabi reservoirs on the Densu and Offin rivers, respectively. In addition to these, the only significant natural freshwater lake in Ghana is the meteoritic crater lake, Lake Bosumtwi.

Groundwater

The occurrence of groundwater in Ghana is associated with three main geological formations. These are the basement complex, comprising of crystalline igneous and metamorphic rocks; the consolidated sedimentary formations underlying the Volta Basin (including the limestone horizon); and the mesozoic and cenozoic sedimentary rocks. The basement complex and the Voltain formation cover 54% and 45% of the country, respectively.

The remaining 1% consists of mesozoic and cenozoic sediments. Groundwater occurrence in the basement complex is associated with the development of secondary porosity as a result of jointing, shearing, fracturing and weathering. The depths of aquifers are normally between 10 m and 60 m, and yields rarely exceed 6 m³ per hour. In the mesozoic and cenozoic formations occurring in the extreme southeastern and western part of the country, the aquifer depths vary from 6 m to 120 m. There are also limestone aquifers, some of which are 120 m to 300 m in depth. The average yield in the limestone aquifers is as high as 180 m³ per hour.

The quality of groundwater resources in Ghana is generally good except for some cases of localized pollution and areas with high levels of iron, fluoride and other minerals. Salinity in certain groundwater occurrences is also found, especially in some coastal aquifers.

The Importance of Water

Climate change variability is already affecting Ghana's water resources. Warmer temperatures, altered patterns of precipitation and runoff, and rising sea levels are increasingly compromising the effective management of water supplies, floods, agricultural production systems and natural resources, such as forests, savannahs and biodiversity. Adapting water management systems in response to climate change entails significant challenges as shown below:

- Precipitation and runoff patterns are changing, increasing the uncertainty of water supply and quality, flood management and ecosystem functions.

- There is the need to understand the connection between a changing and varying climate, water resources and the environment.
- Extreme climatic events will become more frequent, necessitating improvements in flood protection, drought and emergency response (e.g., 2007 northern floods in Ghana).

The Need for Irrigation Development

Justification of Irrigation

The average annual precipitation in the north of Ghana ranges between 1,000 and 1,250 mm. These high yearly values are sufficient for rainfed farming. The yearly precipitation is, however, very unevenly distributed. From November to March, there is practically no rainfall. From April to October, rain may fall in heavy storms. Thus, there are only two seasons in the North: the dry and the rainy season. In the dry season, no agricultural operations are possible without irrigation. Even in the rainy season and during any month, the precipitation may be unfavorably distributed or scanty.

From the climatic, economic and social viewpoints, irrigation development can be justified for the following reasons:

- In the dry season, agriculture can be practiced only with the help of irrigation. In the north where the farming population is quite large, these farmers would have remained idle in the dry season for about 100 days – a loss of several millions of working days without irrigation.
- In the rainy season, supplementary irrigation is sometimes necessary to save the green crops from the damage caused by droughts and to ensure adequate yields.
- Even though the country remains heavily reliant on rainfed production for its food supply, the rainfall pattern is deteriorating over time, leading to greater food insecurity. Irrigation helps to sustain commercial production of cash crops and livestock products for sale and import substitution.
- Provided it is economically viable, increased irrigation aids agricultural growth and contributes to poverty alleviation of farmers who would otherwise unduly depend on low and erratic rainfall.
- Irrigation helps to improve the productivity of land through higher cropping intensities, reducing, to a limited extent, the need for extending cultivated areas for feeding the rapidly growing population. This also helps in protecting soils, forests and the environment.
- It improves the quality of crops produced, taking into account the crop water requirements.
- Achievable yields in crops are more likely to be met under irrigated conditions.
- where there is controlled application of water to crops as against rainfed conditions.

Ghana's Irrigation Development Potential

Ghana has a huge potential for various types of irrigation development: micro-scale irrigation, valley bottom and medium- to large-scale irrigation development.

Micro-scale Irrigation

There is considerable scope for the development of micro-scale irrigation and drainage systems in the river floodplains, using river supplies and small lakes combined with groundwater on small areas of land where shallow aquifers exist (*fadama* areas). Schemes combining drainage, flood protection and irrigation are also considered to be promising, especially in the wetter southwest. Following a survey financed under a World Bank-sponsored Demonstration Tube well Development Program, carried out by the Ghana Irrigation Development Authority (GIDA) in 1991/1992, there is sufficient water to supply the above types of micro-scale irrigation and drainage systems - totaling 32,000 ha as summarized in Table 2 below. In addition, it has been estimated that there are at least another 20,000 ha with high, but unverified, probability of being irrigated.

Table 2. Areas with assured water resources for micro-scale irrigation by region.

Region	Main location	Area (ha)
Upper East	White Volta, Sisili and Wiasi inland valleys	5,000
Upper West	Black Volta	3,000
Northern	White Volta, Kunpaw	4,000
Brong Ahafo	Tano, Volta Kwasur	3,000
Ashanti	Odaw	4,000
Eastern	Various river inland valleys	1,500
Western	Various river inland valleys	1,500
Greater Accra	Volta river estuary, Nsakyi	1,500
Central	Ayensu, Densu, Nsakyi	2,500
Volta	Volta, Tordzie, Koloe	6,000
Total		32,000

No comprehensive assessments of land under irrigation and drainage potential have been undertaken. Preliminary estimates indicate that the scope for the development of medium- to large-scale irrigation schemes in the southern sector of the country lies between 150,000 and 200,000 ha. Much of this area would involve the development of the Accra Plains using tailwater from the Akosombo Dam.

For long-term irrigation developments in Ghana, water must be drawn from the Volta River. The Volta River Basin, which includes neighboring countries such as Cote d'Ivoire, Togo and Burkina Faso, occupies about 70% of the country.

About 75% of the country's total surface runoff is created in the catchment of the Black, White and Lower Volta, and the Oti rivers. Their runoff is harnessed at Akosombo and Kpong dams for hydroelectricity. Downstream of the dam, substantial potential exists for irrigation after comprehensive feasibility studies are carried out. One of the major strategies to increase the area

under irrigation is the canalization of the Accra Plains, using water downstream of the Volta River at Akuse. Feasibility studies were completed for the Accra Plains Project in early 2010.

Many watersheds have been identified in the Northern and Upper East regions with water resources that can be harnessed for domestic purposes, watering animals and dry-season farming. The list of potential medium-sized irrigation schemes in the Northern and Upper East regions are shown in Table 3. For some of these schemes, pre-feasibility studies have been conducted.

Table 3. Potential medium-sized irrigation schemes.

Watershed	Scheme	Estimated area of watershed (ha)	Possible area for irrigation (ha)
Black Volta	Kamba	136,752	2,743
Black Volta	Pale	103,082	1,445
Black Volta	Gbalon	148,407	2,113
Black Volta	Kobi	251,230	2,915
Black Volta	Sorri	288,785	4,640
White Volta	Tamne	89,355	1,849
White Volta (Kulpawn)	Dieguoro	143,227	2,915
White Volta	Kulpawn	97,125	1,895
White Volta	Bojoli	101,789	2,099
White Volta	Degbegli	171,717	2,837
White Volta (Sissile)	Kunkwaltio	191,660	3,792
White Volta (Sissile)	Benapasit	60,606	1,243
White Volta (Sissile)	Tenebeno	59,829	1,134
Nasia	Duakuluga	59,052	892
White Volta (Ndugo)	Nabogo	138,565	2,041
White Volta (Mole)	Mole	176,097	2,563
White Volta (Mole)	Lovi	107,744	2,269
Total		2,222,043	39,385

Source: Ghana Irrigation Development Authority (GIDA).

The State of Formal and Informal Irrigation in Ghana

Formal Irrigation

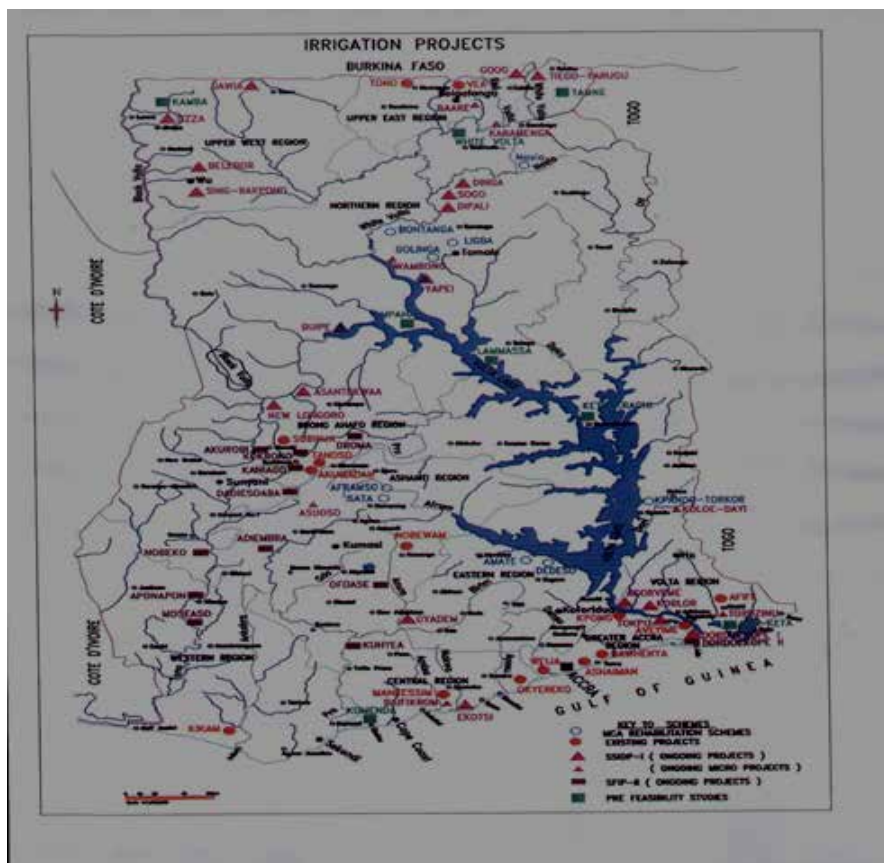
Currently, there are 22 irrigation projects constructed by GIDA, covering a total irrigable area of 10,067 hectares (Figure 3). These projects were supply-driven and beneficiaries of these schemes are mainly indigenous small-scale farmers with holdings of up to one hectare. Since all these projects were supply-driven, the low level of beneficiary involvement in the operation and maintenance rendered most of the schemes unproductive. Most of the schemes are suffering from low productivity due to the deterioration of irrigation infrastructure and poor support services. The unavailability of markets, improved seeds, storage, farm machinery and processing facilities also contribute to the low productivity of the existing schemes.

With the objective of improving the productivity of land under irrigation, nine distressed schemes have been rehabilitated. Despite some difficulties faced in the implementation, the prospects for increased production are promising.

In addition to the 22 existing schemes, new schemes have been developed on 2,069 ha over the past 2 years (Small-scale Irrigation Development Project and the Small Farms Irrigation Project). Other studies on micro-scale irrigation and drainage, surface water extraction and valley bottom schemes have been carried out for construction. Additionally, studies have been completed on the Accra Plains Irrigation Project (200,000 ha) and are due for implementation from 2011, when funding arrangements are completed.

Since the early 1960s, several small dams and dugouts have been constructed by the government to enhance agricultural production in Ghana. Even though some of these dams and dugouts were built purposely for water and soil conservation, many of them have been used for watering of livestock, fish culture and crop production. A few of these breached dams and dugouts have recently been repaired. The rest are in various stages of disrepair and are in need of some improvement and rehabilitation before they can be fully utilized for the suggested purposes.

Figure 3. Public/Formal irrigation schemes in Ghana.



Source: Ghana Irrigation Development Authority (GIDA).

Informal Irrigation

Informal irrigation constitutes the schemes developed and managed by the private sector. In the north of Ghana, where a large part of the population is not agriculturally productive during the dry season, communities have relied on shallow wells, dugouts and dams to irrigate their lands. Urban and peri-urban irrigation has played a significant role in the cultivation of vegetable crops through the use of water from shallow wells. In a recent survey of dams and dugouts in the country, conducted by GIDA (2008-2009), a total area of 17,636 ha was identified as being under informal irrigation. These are mainly schemes that are producing vegetables in the dry season.

The total area under irrigation, formal and informal, as indicated in Table 4 below, stands at 29,772.0 ha. This represents 0.22% of the total agricultural land area and 0.41% of the total area under cultivation. Irrigated production is, therefore, very insignificant, both in terms of area and crop production. Almost all irrigated production relies on surface water.

Table 4. Total area under irrigation (2009).

Formal irrigation	Area (ha)
Existing irrigation schemes	10,067
Small-scale Irrigation Development Project	1,483
Small Farms Irrigation Project and Mico-scale Irrigation Development	618
Subtotal	12,168
Informal irrigation	
Area under cultivation	17,636
Grand total	29,804

Type of Irrigation Systems in Use

The type of irrigation systems developed for the existing schemes are either flood irrigation using gravity or pump or sprinkler irrigation. The crop grown in a particular scheme is fixed. The current paradigm of crop diversification and value addition may be elusive to these schemes, because farmers may not be able to take advantage of high-value crops that are not prescribed for their scheme.

Rehabilitation of existing schemes has not considered modernizing systems to improve irrigation efficiency and allow for the inclusion of other crops. Other irrigation schemes, such as drip and center pivot systems that are more water efficient and cost-effective, have not been introduced under the public schemes, even though they have been informally developed in Ghana.

Water Policy

Ghana has a National Water Policy, which provides a framework for the development of Ghana's water resources. It was prepared by the Water Resources Commission and submitted

to the Ministry of Works and Housing in January 2002. The document, completed in 2005, includes policies concerning urban water supply, and community water and sanitation services. The water resources management part of the National Water Policy is guided by the following:

The Vision

The policy aims at achieving an efficient and effective management system for the sustainable development of water resources in Ghana to assure full socioeconomic benefits for present and future generations.

The Target

It is targeted at all water users, viz., water managers and practitioners, decision makers, policymakers, nongovernmental organizations (NGOs) and international organizations.

The Foundation

The policy is based on the nation's aspirations as reflected in the following core documents:

- Constitution of the Fourth Republic.
- National Development Framework.
- Ghana Water Vision 2025.
- National Environmental Action Plan.
- Ghana Poverty Reduction Strategy.
- International Agreements and Conventions.

The Guiding Principles include:

- The fundamental right of all people to safe and adequate water to meet basic human needs.
- Recognizing water as a finite and vulnerable resource given its multiple use.
- Integrating water resources management and development with environmental management in order to ensure the sustainability of water resources in both quantity and quality.

Irrigation Policy

Ghana has prepared an Irrigation Policy through GIDA. The policy has gone through several stages and has been presented to the Cabinet and is pending its final ratification.

Goal: To achieve sustainable growth and enhanced performance of irrigation, thereby fully contributing to the goals of the ‘Ghana Agriculture Sector’ as outlined in the Development Plan Framework of the National Development Planning Commission (NDPC) and anchored in the Medium Term Agriculture Sector Investment Plan (METASIP).

The Irrigation Policy emphasizes intra-sectoral collaboration and coordination and the growing need for integrated water resources management (IWRM), and recognizes the various cross-sectoral issues related to water use and the role of agricultural water management in the country. Effective implementation can lead to the sustainable growth in incomes and poverty alleviation.

Policy Objectives

The irrigation policy identifies four development paths to provide an enabling environment for beneficiary farmers to improve profitability, provide alternatives to informal irrigation, rehabilitate existing assets and make new investments. To ensure the implementation of these paths, the irrigation policy will pursue the following objectives:

i. Performance and growth

This policy will realize the productive capacity of the informal sector, and existing public and private assets, and respond to new demands for irrigated production through a mix of well-coordinated public and private initiatives.

ii. Socioeconomic inclusion

The strategy will be driven by GIDA and Women in Agricultural Development (WIAD), as key implementing units within the Ministry of Food and Agriculture (MOFA) to facilitate women’s access to irrigation water. Supporting regulations, particularly with respect to the legitimization of water user associations, will be instrumental in clarifying access.

iii. Responsible production

This policy will ensure that the irrigated sub-sector is capable of environmentally responsible production, both compliant with Ghana’s environmental legislation and regulation and also up-to-date with international norms and practices in minimizing the sub-sector’s hydrological footprint on the environment and human health.

iv. Enhanced services

This thrust will underpin policy implementation and is the ‘bedrock’ component of the strategy. Irrigation services will be enhanced through GIDA as a champion of irrigation service delivery.

These policy objectives are expected to lead to the achievement of the vision of modernized agriculture, improved food security, increased employment and income earning opportunities, significantly reduced poverty, and accelerated growth and development.

Recommended Course of Action

For greater effective, sustainable and equitable impacts of the medium-term irrigation development plan, the new direction will focus on the following key areas:

- Raising the productivity of irrigation water.
- Enhancing the production potential of ongoing irrigation activities.
- Developing new irrigation areas according to demand and feasibility.
- Establishing appropriate funding mechanisms for public irrigation.
- Increasing private sector investment in irrigation.
- Developing well-focused and service-oriented public institutions.
- Providing cost-effective, demand-driven irrigation support services available to both public and private irrigators through public-private partnerships.
- Developing appropriate human resource capacities.
- Inclusivity whereby all operators are reached with services.
- Irrigated agriculture under a sustainable environment.

Implementation Plan

The Policy has an **Implementation Plan** under which the following issues are considered:

- An irrigation development plan which aims at putting 500,000 ha of cultivable land under irrigation in the next five years, under the country's METASIP.
- Pursuing a stronger partnership between all ministries, departments and agencies, (MDAs) and the private sector for improved response to the sub-sector policy.
- Provision of necessary budgetary resources for extensive public sensitization and awareness creation to generate demand for irrigation by communities that are not aware of the benefits of irrigation and their obligations as users of public sector infrastructure.
- The need for district plans to be guided by the objectives of the irrigation policy to achieve its implementation.
- Adherence to the principle of subsidiarity in relation to management responsibilities of public infrastructure devolved to users to the greatest practical extent by all stakeholders, within the framework of the government's commitment to the ongoing decentralization process across the board.

Financial Impact

The Government of Ghana is expected to fund the provision of irrigation facilities for 500,000 ha over the next five years under the METASIP, which is also in line with the Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP) Pillar 1, *Sustainable Development and Management of Land and Water Resources*.

Communication

The goal of the communications strategy is to promote nationwide knowledge about irrigation development, as well as participation in the National Irrigation Policy, Strategies and Regulatory Measures (NIPSRM).

Irrigation Development Plan (Medium-term)

Under its medium-term irrigation development plan, MOFA intends to put 500,000 ha under irrigation from the following:

- Rehabilitation (modernization and expansion) and revival of financially stalled projects – 70,000 ha.
- Surface water extraction – 30,000 ha.
- Rainwater harvesting – 200,000 ha.
- New projects including Accra Plains and Bui irrigation projects.

In the long-term, the government plans to develop the medium- to large-scale irrigation projects listed in Table 1.

Management of Irrigation Systems

The first irrigation schemes were established by the Land Planning and Soil Conservation Unit of the then Ministry of Agriculture (MOA). In 1965, the Irrigation, Reclamation and Drainage Unit under the Ministry was formed to give the sub-sector added importance. The first significant canal schemes were initiated under government funding at this time. In 1974, the Unit was given full departmental status under the Ministry of Agriculture. Agricultural aspects, such as extension services under the responsibility of other MOA departments, were weak, leading to poor performance of the schemes.

The **Ghana Irrigation Development Authority (GIDA)** was formed in 1977 as a semi-autonomous body reporting directly to the Minister of Agriculture. The idea was that working through a more independent constitution, it will be able to overcome the difficulties experienced by a line agency.

Mission Statement of GIDA

To formulate and execute plans to promote the development of land and water resources in Ghana for farmers in crop, livestock, aquaculture, and agriculturally related industries and institutions within a sustainable environment.

Goals of GIDA

The objectives of GIDA are as shown below:

- Formulate, in partnership with other stakeholders, plans for the development of water and related resources, and improve the management of existing water resources.
- Extend institutional support and strengthen the capacity of irrigation farmers and related industries.
- Provide efficient technical services to state agencies and other customers, with plans to establish irrigation, drainage and other related facilities.

- Strengthen institutional capacity, and retain and attract highly motivated staff in GIDA.
- Provide timely, accurate and useful information for efficient management.
- Facilitate access to credit, post-harvest processes and markets to irrigation farmers.
- Ensure in conjunction with the beneficiaries, reliability, safety and economic operation of public/private irrigation schemes in Ghana.
- Identify and prepare feasibility study reports on new irrigation schemes to meet the aspirations of the government's vision 2020 and beyond.

Board of Directors

A new Board of Directors was reconstituted and inaugurated in September 2009 after the mandate of the previous Board ended in June 2003.

GIDA Management

The day-to-day administration of GIDA is wheeled by Section 6 (1) of NRCD 85 as amended. This has been entrusted into the hands of the Chief Executive, aided by two Deputy Chief Executives, one in charge of Engineering and the other in charge of Agronomy.

Departments

1. Planning, Budgeting, Monitoring and Evaluation

This department is responsible for the following:

- Short-, medium- and long-term planning.
- Update of GIDA's irrigation development policies.
- Execution of both local and external training programs.
- Coordination of the preparation of annual budgets and studies of new and existing projects, including special studies.
- Monitoring and evaluation activities within GIDA.

2. Project Development

This department is responsible for the following:

- Engineering aspects of existing and new projects.
- Engineering surveys and design of works.
- Construction supervision of all GIDA projects.

3. Project Operations

This department is responsible for the following:

- Operation and management of GIDA schemes.
- Agronomic studies of existing, new and special projects.
- Coordination of farming activities on all schemes at the field level.
- Resolution of problems emanating from the operation and maintenance of schemes.
- Training of technical staff and irrigation farmers on project management.

4. The Finance and Administration

The department is responsible for the following:

- General administration.
- Stores management.
- Transport services.
- Public relations.
- Accounts and secretarial services, etc.

Regional Offices

GIDA operates regional offices in six (6) out of the ten (10) regions as shown below.

- a) Brong Ahafo Region – Techiman.
- b) Central Region - Cape Coast.
- c) Northern Region – Tamale.
- d) Upper East Region – Bolgatanga.
- e) Upper West Region – Wa.
- f) Volta Region – Ho.

The regional offices, managed by regional managers, officially represent GIDA in the regions and liaise with the respective MDAs in these regions on the performance of their duties. They are also responsible for the operation and maintenance of smaller schemes within the region. However, comparatively larger schemes are handled by a Project Manager, who reports through the Regional Manager to the Head Office.

In two large schemes in the Upper East region, namely Tono and Veia schemes (Irrigation Company of the Upper Region (ICOUR)), two in the south (Kpong Irrigation Project (KIP) and Weija irrigation company (WEICO Ltd.)), management companies were formed to carry out the roles of GIDA in a semi-autonomous manner, with GIDA remaining responsible for funding. However, these arrangements were time bound and gave way after the contracts of the management companies ended. At present, the management of WEICO is fully under GIDA, ICOUR still maintains a local management staff and operates as a semi-autonomous body, while KIP has reverted back to being under the management of GIDA.

Irrigation Sub-sector Developments and Challenges

Low Agricultural Productivity and Slow Rates of Growth

The irrigated sub-sector is not performing to expectations, despite a firm commitment from the government since the 1960s. Formal public schemes are operating at approximately half their design capacity (low yields/low cropping intensity), and the informal sector is not sufficiently recognized and serviced to contribute at full potential.

A prime factor for poor performance of formal irrigation schemes is poor operation and maintenance linked to inadequate cost recovery and insufficient attention given to post-harvest processing and marketing strategies. The high cost of irrigation infrastructure, which arises from the high cost of social connectivity, the use of expensive planning and design services,

and limited economies of scale result in the slow growth rate of the sub-sector.

For the informal sector, expensive, untimely, inappropriate and inaccessible credit products coupled with limited risk assessment capacity among formal credit service providers sets a severe limit on small-scale private initiatives. Limited tenure security is another key issue, especially in the urban and peri-urban areas.

Clearly, there is a role for a more consistent approach to both public and private irrigation development, in which both public and private agencies can participate in an enhanced institutional framework and improved information flows, technology transfer, economic incentives and financial services.

Constrained Socioeconomic Engagement with Land and Water Resources

Socioeconomic engagement with land and water is inhibited by the existing set of policies, legislation and supporting regulations. Water-use efficiency definitions, criteria and objectives, along with definitions of customary rights, are unclear. Both are of profound importance when allocating scarce water for economic growth, poverty alleviation and environmental sustainability. Equally, land tenure arrangements, especially in informal irrigation, do not encourage responsible management of land and deny an obvious source of collateral for seasonal and other credits.

Formal irrigation has been very much supply-driven with little regard being paid to stakeholder awareness and aspirations. This has become particularly apparent in relation to water user associations that are currently established under cooperative law in Ghana.

Irrigation habitually fails to take into consideration existing imbalances between men and women's ownership rights, division of labor and incomes. Water resources development programs have proven detrimental to women's land rights and, therefore, to sustainable management and use of water.

Environmental Degradation

Irrigated production without due regard to the environment will exacerbate degradation of land and water resources. The management of agricultural chemicals and drainage across irrigation schemes is of crucial importance in maintaining the productive services of the natural resource base. This is as much an economic opportunity as an environmental imperative. Also, human health has to be considered in the form of water-related diseases, for example, malaria.

Lack of Irrigation Support Services

Institutional mandates on irrigation development are unclear, especially in the areas of informal and commercial irrigation. Moreover, water service and allocation arrangements and ownership structures are unclear, which result in low service charges and low collection rates of service charges. The ultimate consequence of this situation is unsustainable service delivery.

There seems to be a lack of awareness of either the opportunities or the challenges that irrigation offers. Similarly, there seems to be no conception that with rights also come responsibilities.

MOFA's limited human and financial resources have severely compromised the extent and quality of delivery and constrained the development of the formal sector. Of particular concern

is GIDA's engineering bias as compared with the social mobilization and agronomic skills necessary for the sustainable and profitable operation and maintenance of the infrastructure.

Approaches to Challenges Faced by the Irrigation Sub-sector

The Government of Ghana has applied a number of ad hoc measures to address the constraints in the sub-sector. Irrigation strategies have been defined in the context of agricultural programs and projects that existed at different points in time. The thrust of the approaches has been public-led service delivery, complemented with stand-alone projects funded by donors. Project activities and impacts are seldom sustained because of inadequate plans for phasing out and mainstreaming project activities with budgetary support from the government. The development of the Irrigation Policy represents a shift in focus that will ensure sustainable performance and growth, socioeconomic inclusion, responsible production and provision of enhanced services.

The guiding principles are based on performance and sustainability of the infrastructure; responsible use of natural resources; ownership benefits that result from participation in capital cost recovery; women's rights in participating fully in activities and leadership of irrigation farmers' associations; and awareness and sensitization to create demand for irrigation infrastructure.

References

Namara, R.E.; Horowitz, L.; Nyamadi, B.; Barry, B. 2011. *Irrigation development in Ghana: Past experiences, emerging opportunities, and future directions*. Ghana Strategy Support Program (GSSP). GSSP Working Paper No.0027. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Irrigation and Agricultural Water Management Systems in Gambia

Kebba S. Manka

Principal Agricultural Officer

Soil and Water Management Services

Ministry of Agriculture, Yundum, Gambia

Abstract

Gambia is a small Sahelian country, where about one-third of the population lives below the international poverty line of USD 1.25 a day. Agriculture is one of the main sectors of Gambia's economy, accounting for 30% of the gross domestic product (GDP) and supporting about 77% of the active population. Crop production occupies half of the total cultivable land, with rice being the main staple crop.

Most crops are grown under rainfed conditions and rudimentary farming techniques. Frequent droughts, long dry spells and a downward trend in the rainfall pattern have increased the risk of crop failure. As a result, modern farming technologies and input use are not profitable, and investment in the agriculture sector remains low and unattractive. The rural population has declined from 91% in 1963 to 49% in 2003, and domestic cereal production only satisfies 50% of the country's food needs.

In this climatic and economic context, the development of irrigation is considered necessary to stabilize and increase yields, and reap higher returns from input and technological investments. Surface water is mainly used to irrigate rice, either with pumped schemes or by employing tidal irrigation. Additionally, the use of groundwater for horticultural production (drip and sprinkler irrigation) during the dry season is steadily expanding. However, only one-fifth of a potential 80,000 ha is being irrigated and this area is growing very slowly at an annual rate of 3.2%.

Some of the constraints for irrigation development are: (i) ad hoc, uncertain and unaffordable agricultural water; (ii) inadequate data and information on the nature, quantity and availability of water and mechanisms of delivery of the resource; (iii) no established structures (public and private) for timely delivery and monitoring; and (iv) lack of instruments of governance for the use and management of water resources. The 2006 National Water Policy (NWP) consolidated private sector participation, recognized the importance of decentralization, and advocated equitable resources management and efficient service delivery. However, to date, the NWP and other legislations are not harmonized, and its implementation is suspended due to low institutional capacity and the lack of a management framework.

Background

Gambia is a small Sahelian country with a total surface area of 11,300 km²; lying between latitudes 13 and 14° N and extending 12-15 km on either side of the Gambia River. It is almost completely surrounded by the Republic of Senegal, except for a short seaboard on the Atlantic Ocean. The Gambia River, which bisects the country and empties into the Atlantic Ocean, is a major factor in shaping the topography of the country. Almost 50% of the country's land area is 20 meters above sea level (masl) or less and just 3.8% in the hinterland is above 50 meters. The country is divided into seven administrative areas: two municipalities (Banjul City Council and Kanifing Municipal Council) and five provincial regions, namely West Coast Region, North Bank Region, Lower River Region, Central River Region and Upper River Region. Politically, Gambia is divided into eight local government areas (LGAs), 35 districts, 114 wards and 2,070 village development councils (VDCs).

At the last national population and housing census in 2003, Gambia had a population of 1.36 million people and was growing at 2.7% per annum. The population density was 128 persons per square kilometer. Overall, the population is predominantly young (42% under 15 years old), with a slightly higher proportion of females (50.8%). Gambia's economy largely relies on agriculture, which generates approximately 85% of export earnings and provides household income to 77% of the active population. However, the rural population has decreased from 91% in 1963 to 49% in 2003.

Economy, Agriculture and Food Security

Gambia follows a liberal trade policy regimen consistent with regional integration goals and economic globalization processes. Its principal exports are groundnuts and fishery products, whilst imports are dominated by food, machinery and transport equipment.

The country's domestic economy is dominated by three sectors: agriculture and natural resources (30% of GDP), services (65% of GDP) and industry (5% of GDP). In the last five years, GDP grew steadily but modestly from GMD 15,817 to GMD 21,606 million in 2007. Annual inflation dropped from 8% in 2004 to 1% in 2006 and now averages at 4.5%.

Crop production accounts for almost half (250,000 ha) of the total cultivable land area of 558,000 ha. Most crops are grown under traditional agricultural systems depending on extensive land use, intermediate farming technologies, few agricultural inputs and rainfed conditions. Almost half of the area cultivated by crops is allocated to groundnuts, mainly in upland fields under rainfed conditions. Additionally, 120,000 ha of upland areas are cultivated with pearl millet, maize and sorghum. The main staple crop, rice, occupies around 15,000 ha of lowland farms, both under rainfed and irrigated conditions. Also, under irrigation, horticultural production drawing on groundwater resources during the dry season is steadily expanding.

Domestic cereal production, an important indicator of food self-sufficiency, only satisfies 50% of the country's food needs. Thus, Gambia is a net food importer in a context of increasingly volatile food prices. This dependency on food imports particularly affects non-agricultural households, namely the urban poor, whose income is mainly spent on food.

National Development Strategies and Agriculture

The national development policy framework is shaped by two programs: Vision 2020 and the Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP)-II. Vision 2020 aims to transform the country into middle-income status by 2020. The PRSP-II aims to improve the welfare of all Gambians and eradicate poverty. PRSP-II has five pillars, ranging from creating an enabling policy environment to promote growth and reduce poverty to increasing the capacity and outputs of productive sectors such as agriculture, fisheries and industry. The PRSP-II also emphasizes building the productive capacities of the poor, as well as providing the poor and vulnerable populations with increased coverage of basic social services and social protection.

The agricultural policy sector has also undergone changes in the past few years. The Ministry of Agriculture and its components were reorganized, resulting in the creation of six Regional Directorates and nine Technical Services to revitalize the sector. In addition, an agriculture and natural resources policy was developed and validated, although it is yet to be formally adopted.

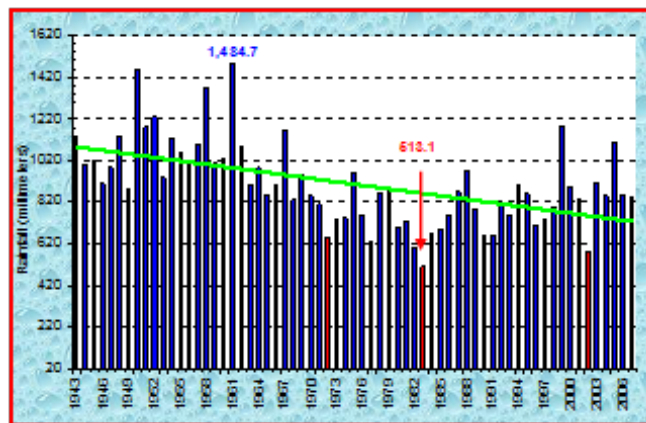
Analysis of Climate Variability

The climate is typically ‘Sudano-Sahelian’ characterized by a short mono-modal rainy season (June to October) followed by a long dry season (November to May). High temperatures, solar radiation and long sunshine hours throughout the year characterize the climate regime. Relative humidity is high (80%) during the wet season, but low (40%) during the dry season. Wind speeds are low inland, but moderate along the coast. For most part of the year, evaporation is high. The effects of climate change on rainfall, temperature and relative humidity are becoming apparent. Average annual rainfall is approximately 1,000 mm, but ranges between 850 mm-1,597 mm depending on the agroecological zone. Its poor distribution in the past decades has often resulted in drought spells, which have adversely affected crop and livestock production.

Inter-annual Rainfall Variability

Figure 1 shows the rainfall pattern in Gambia from 1943 to 2007. Rainfall has decreased 5.75 mm, on average, per year, amounting to about 368.0 mm in 64 years. The highest mean annual rainfall (1,484.7 mm) in Gambia was registered in 1961, whilst the lowest of 513.1 mm was recorded in 1983. This gives a high variable range of 971.6 mm and a referential mean (1971-2000) of 815.9 mm. From 1943, 32% of the time (21 years) rainfall was below normal and 68% of the time (33 years) rainfall was above normal.

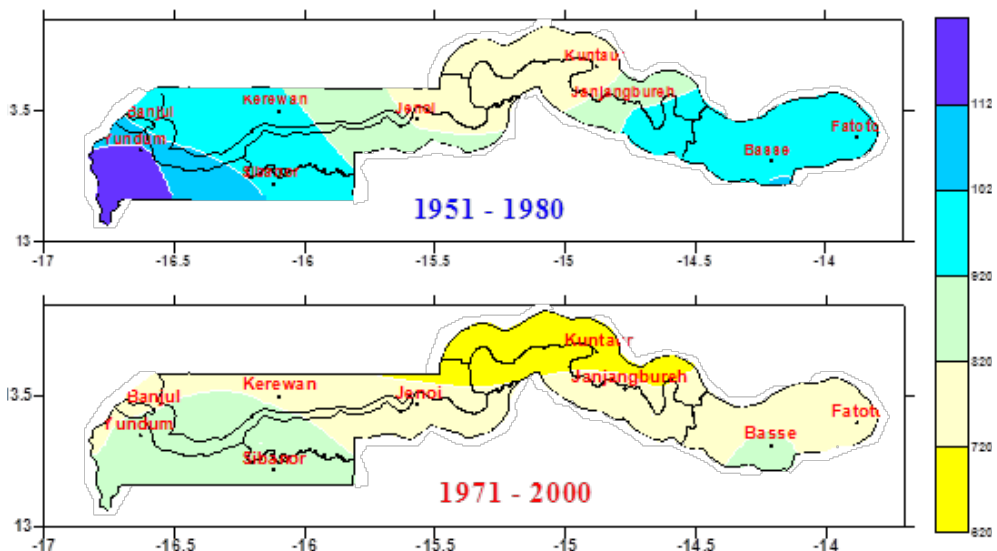
Figure 1. Inter-annual rainfall variability.



Spatial Rainfall Variability

Since the rain-bearing systems over West Africa move from east to west, the east receives rainfall for a week or two (between the third week of May and the first week of June) before it starts raining in the west. As the rainy season progresses from the south (equator) and moves north with the northward migration of the sun and the Inter-tropical Discontinuity (ITD), southern locations of the country receive more rain than northern locations. The western part of the country is influenced by the wind regime from the sea, which brings in additional moisture-laden winds and rain. Hence, the extreme ends and the southern locations of the country receive more rainfall than the central and northern parts of the country. This is evident from Figure 2 below, which shows a south to south-westerly drift of the isohyets. Notice that the area with average rainfall less than 820 mm has increased by almost 60% since 1951.

Figure 2. Spatial patterns and temporal changes in rainfall from 1951 to 2000 over Gambia.



Drainage, Water Resources and Use

The natural drainage of Gambia is centered on the Gambia River and its tributaries. The Gambia River, which is over 680 km long, originates from the Fouta Djallon Highlands in Guinea, flows through Gambia, along the East–West axis, and pours into the Atlantic Ocean. The Gambia River drainage system is characterized by permeable soils, low topography, imperfectly drained depressions and drainage channels, which inhibit runoff from the main river. Freshwater resources in Gambia are largely sourced from the Gambia River and an aquifer system spanning the entire length of the country.

Surface Water Resources

Regarding surface water resources, the country has a few ephemeral coastal streams and two transboundary rivers. One of these, the Gambia River, is shared with the republics of Guinea, Guinea-Bissau and Senegal. The second, the Allahein River (San Pedro), is a low volume river system delineating the southwestern border between Gambia and Senegal in its lower course. Total renewable surface water resources of the country are estimated to be 6.5 km³/year, of which 5.5 km³ (85%) come from the Upper Gambia River Basin in Senegal and Guinea. Within the Gambian territory, the Gambia River flows are affected by the oceanic tide, evaporation and rainfall, and augmented by groundwater discharge. In recent decades, monthly flow at Gouloumbo ranged from 800 m³/s to less than 1 m³/s. As a result, a 100 to 160 km excursion of the saltwater and freshwater interface (i.e., salt front) has appeared within the estuary, creating perennially saline and perennially freshwater zones. Flows in the Allahein River are not accurately determined but insignificant, falling well short of 10 m³/s. Specific discharge in other coastal catchments is approximately 0.5 l/s.

Groundwater Resources

Regarding groundwater resources, Gambia sits on top of one of the continent's major sedimentary basins: the Mauritania-Senegal-Gambia-Guinea-Bissau-Guinea Basin. This basin contains two main aquifer systems: a shallow sandstone aquifer and a deep sandstone aquifer. The shallow sandstone aquifer contains a phreatic aquifer 4 to 30 meters deep and a semi-confined aquifer 30 to 50 meters deep. The reserves of the shallow sandstone aquifer have been estimated at 125,000,000 m³, and the reserves of the deep sandstone aquifer at 80,000,000 m³. Rainfall is the primary source of replenishment.

The groundwater level fluctuates between 1 and 2 meters in the semi-confined and phreatic aquifers, depending on annual recharge (1.5 to 3.0 km³/yr). All or most of the recharge of the phreatic aquifer occurs through direct infiltration, while vertical leakage and lateral inflow from Senegal account for approximately 10% of the semi-confined aquifer recharge. Lateral inflow is the only known mechanism for deep sandstone aquifer recharge. Where geological and hydrodynamic conditions allow for interaction between phreatic aquifer and surface water, groundwater contribution to surface water flow can be relatively substantial between January and May.

In coastal catchments and downstream of Tendaba in the Gambia River Basin, where more than half of the population live and industries are concentrated, surface water is not considered a source of potable water due to saline intrusion in the lower reaches of the Gambia River

and its tributaries. By way of comparison, groundwater is widely available and of relatively good quality. High transport and treatment costs make the widely available uncontaminated groundwater the preferred source of human water consumption. Therefore, seasonal or perennial freshwater resources in the Gambia River are exclusively used for irrigation, while groundwater is used for all other purposes, in particular, domestic water supply.

Water Uses: Situation and Trends

National water use inventories have been recommended and planned but never implemented. Accordingly, relevant information is obtained from socioeconomic surveys and unit consumption records. Thus, per capita domestic water demand is likely to be underestimated.

Irrigation and domestic water requirements account for more than 90% of national demand, with irrigation alone accounting for more than 70%. Demand is growing fastest in the livestock and domestic sectors. For instance, in the Kombo Peninsula, where groundwater is the only source of freshwater, domestic water demand accounts for more than 50% of total demand and is expected to reach 80% by 2050.

Irrigation and Water Management

Irrigation secures water availability and accessibility on a timely basis, allowing for forward planning, optimization of appropriate investment, and realistic prediction of inputs and outputs. Modernized methods of farming are not easily applied under current widespread rainfall-dependent farming systems in the country, with the result that performance and investment in the sector are low and unattractive.

Although Gambia has an irrigation potential of 80,000 ha, the total water-managed area is estimated at 15,319 ha. Full and partial control irrigation is surface-irrigated, either with pumped schemes (38% of the area in 1999) or by employing tidal irrigation (62% of the area). The common types of irrigation systems found in Gambia are as shown below:

- Pump irrigation - in the Central and Upper river regions.
- Tidal irrigation - restricted to the Central River region in low-lying floodplains. Here the surface water is subject to tidal influence, and the river is perennially fresh and used for rice irrigation.
- Sprinkler and drip irrigation - private and community garden projects.

The evolution of irrigation is slow, with the irrigated area increasing at an annual rate of 3.2%. Irrigation significantly increases output per hectare due to better results of fertilizer application and stability in production.

Irrigated Rice

There are two basic systems of rice irrigation in the country: pump and tidal irrigation, the latter being less costly. Irrigated rice production grew from 5,700 metric tons in 1991 to 13,400 metric tons in 2000. Several donor-funded pump irrigated rice development projects have been executed in the country to promote the practice, particularly in the Central River region. Some

of these projects were implemented by the Taiwanese Rice Irrigation Scheme in the 1960s, the Jahally/Pachar Rice Development Project in the 1980s, the Irrigated Rice Development Project (IRRIDEP) in the early 2000s and the Farmer Managed Rice Irrigation Project (FMRIP). The Taiwanese Agricultural Mission in Gambia has now popularized tidal irrigation for rice production. The Jahally/Pachar pump-irrigated fields have now been converted to tidal irrigation and the new projects sponsored by this Mission are tidal irrigated. Tidal irrigation is more popular because of the high cost of pumping machines, operation and maintenance, and fuel.

The cultivated area under the tidal irrigation system expanded to 2,300 ha in the early 2000s to 2,500 ha in early 2008. This stagnation can be explained by steep river banks (requiring pump uplift), salinization (70 km at the end of the rainy season and 250 km at Kuntaur at the end of the dry season) on the westward front and the lack of sustainable irrigation systems. However, yields from irrigated paddy rice have been very encouraging, with up to 6 tons/ha registered in both pump and tidal areas. Currently, yields between 6-7 tons/ha are recorded by the Taiwanese Agricultural Technical Mission based at Sapu.

In Gambia, surface water is mainly used to irrigate rice and the few banana plantations in the Central and Upper River regions. Off-season vegetable production relies on groundwater (from backyard garden to community garden schemes to private large-scale vegetable production projects). Water is obtained from the simple hand-dug wells or boreholes with elevated tanks.

Water, Agriculture and Other Natural Resources: Policies and Strategies

Some of the constraints of the agriculture and natural resources sector are as shown below:

- Water supplies for agricultural production areas are ad hoc, uncertain and, in most cases, unaffordable by the smallholders.
- Inadequate data on the nature, quantity and availability of water sources and the mechanisms of delivery of the resource.
- Lack of established structures (public and private) for timely delivery and management of water supplies to agricultural areas of need, and for monitoring of their use for food and cash crop production.
- Lack of clear instruments of governance of the availability, delivery and monitoring of the use and management of water resources for agricultural purposes.

Agricultural and Natural Resources Policy Objectives

- To help the farming communities in the country to have secure year-round supplies of affordable quality water for production of basic food commodities of high value.
- To provide policy advice, technical delivery and monitoring services at both public and private sector levels, especially at regional and divisional levels, in a coordinated and participatory way, ensuring sustainable availability and use of affordable water supplies at all times.
- To enforce and monitor policy measures, technical guidelines and legislation to ensure the efficient development and management of water resources for the agricultural and natural resources sector.

Strategies

- Establishing a database on available water resources, delivery services and management.
- Promoting and facilitating private sector participation and investments (including partnerships) in the provision and management of water supplies in the value chains of high-value market commodities.
- Establishing a database on the availability, demand and use of water supplies to the agricultural and natural resources sector.
- Building capacities in technical services of providers and water user groups at national, regional and community levels for planning, use and management of water supplies by the agricultural and natural resources sector.
- Establishing policy measures for water resources in the agricultural and natural resources sector, and setting guidelines and monitoring mechanisms for their development and management.

Water Management, Policies, Legislation and Institutions

Water Policy

The first substantive set of water policy guidelines was issued by the Gambian Government in 1989 in response to sectoral challenges associated with the government's structural adjustment program, which started in 1985. These guidelines, which are still valid today, introduced radical changes in public funding of rural water supplies, namely, ownership of water supply infrastructure was/is transferred to beneficiary communities who are responsible for the management of water supplies and the sustainable operation of infrastructure, which is ensured through the collection of communally agreed contributions from users. The 1989 policy also opened the water sector to private sector participation, subject to conformity with standards and criteria for well construction, borehole drilling and water-lifting equipment. Prior to 1989, Gambia did not have a written policy on water resources management. From the National Water Resources Council (NWRC) Act (1979), policy direction is articulated for the control and regulation of water resources exploitation supported by an evolving knowledge base (cf. clauses 13b, e, d and k of NWRC Act (1979)).

In addition to endorsing the user-pays principle from 1989, in 2006, the NWP consolidated private sector participation, recognized the importance of decentralization, and advocated equitable resources management and efficient service delivery based on the 'principles' outlined in the Dublin Statement and the application of integrated water resources management (IWRM). However, the NWP and legislations are still not harmonized, and its implementation has been suspended due to low institutional capacity and the absence of a management framework.

Legislation

Water resources legislation empowers government institutions and agencies to establish regulations and standards, approve development plans, moderate consensus-building or consultative processes, and provide incentives for responsible resource use and management practices. In Gambia, this legislation dates back almost a century. In the 1960s and 1970s, domestic water law, regional treaties and agreements were influenced by dramatic changes in

rainfall patterns over West Africa and regional cooperation in the context of the Gambia River Basin Development Organization (GRBDO). However, water-specific legislation has not been responsive to changing national and global circumstances from the early 1980s. The principal water resources legislation in the country remains the NWRC Act, enacted in 1979.

Apart from the NWRC Act, there are numerous provisions in other statutes that have a direct bearing on the status and evolution of water resources. No fewer than a dozen pieces of legislation and statutory instruments, incidental and central to water resources management, have been added to the Gambian statute book in the last two decades.

A number of synergies can be highlighted. These include the Physical Planning and Development Control Act (1991), Physical Planning Order (1989) and Regulations (1995) that collectively serve to minimize contact between domestic and industrial wastes and freshwater resources. The National Environment Management Act (1994) makes it mandatory for entities to apply for discharge permits for effluents loaded with heavy metals and their compounds, cyanide, radioactive material and highly acidic or alkaline water.

Institutions

The most important institutions in the water sector are profiled below:

- The National Assembly of Gambia, which derives its legitimacy from chapter VII of the Constitution, comprises elected members from different political parties and nominated members by the President of the Republic. The National Assembly has power to pass legislation, ratify treaties and international agreements, and scrutinizes government policy and administration, including proposals for expenditures.
- The Department of Water Resources (DWR) has statutory functions in technical investigations for research and operational purposes, dissemination of information/ advisories to planners and developers, capacity building and enforcement of provision of the NWRC Act (1979).
- The Department of Physical Planning and Housing. Under the Physical Planning Order (1989), Physical Planning and Development Act (1991) and Regulations (1995), the Department has various statutory duties and power in relation to the conservation and protection of water resources and attenuation of flood risks.
- The National Environmental Agency (NEA) was established by section 9(2) of the National Environmental Management Act (NEMA) (1994), as the principal body responsible for management of the environment. The NEA's coordinating role and statutory responsibilities for environmental impact assessment, environmental auditing, and public awareness building are in evidence under section 10 of NEMA (1994). Another responsibility of the NEA with relevance to water resources is the Waste Management Act (1999).
- The Public Utilities Regulatory Authority (PURA) is vested under its constitutive act to grant operating licenses to utilities, including those providing public water supplies.

The NWRC Act (1979) established the National Water Resources Council (NWRC), National Water Resources Committee (WRC) and the Department of Water Resources (DWR) as institutions with policy and operational responsibility for water resources in Gambia. In the statute book, the NWRC and WRC represent cross-sectoral consultative/coordinating bodies safeguarding sectoral interests in water resources management. Shortly after passing of the Act,

a succession of institutional changes led to the self-retirement and effective demise of both the NWRC and WRC, leaving the Department of Water Resources (DWR) as the de facto surviving institution established under the Act.

Irrigation Policy

The major constraints facing the irrigation sector in Gambia are as shown below:

- Irrigation water supply development, conveyance, distribution and application are inadequate in the horticulture and rice crop sub-sectors.
- The current cost of groundwater pumping or lifting is high, and human-powered water-lifting devices, particularly treadle pumps, are laborious and women find it difficult to operate these.
- There is a lack of qualified nationals in irrigation activities to provide technical advice in appropriate technologies, supervise its installation and monitor its management.
- Farmers' organizations, such as water users' associations (WUAs), exist but need to be more effective in securing better services at an affordable cost.

Irrigation Policy Objectives

- Affordable irrigation schemes and practices, particularly to smallholders and for high-value crops; existing schemes will be consolidated and expanded, and new ones established, to cover each region in the country by 2015.
- WUAs will be promoted, facilitated to be well organized, and in partnerships with providers of water supplies and irrigation services, for the management and monitoring of affordable water supplies.
- Additional new areas of land will be developed with affordable irrigation schemes, by small producers, including vulnerable populations, mainly for rice production.

Strategies

Short-term

- Existing 350 ha under pump irrigation will be put under double-cropping, annually. This will increase productivity of the area and reduce overhead costs.
- Of the tidal lowland schemes presently under irrigation, 2,382 ha will be fully utilized for rice cropping instead of staggered cropping. This action will improve the maintenance of the structures and reduce overhead costs.
- Of the existing developed swamplands, 4,652 ha will be provided with structures for rainwater harvesting, and action will be taken to ensure they are fully utilized for rice production. Contour dykes and spillways will be constructed in order to impound water.
- Action will be taken to increase access to 3,582 ha of riverside floodplains that are seasonally saline, but are already developed, to ensure they are fully utilized for rice production. There will be continuous participatory maintenance of roads and bridges to ensure access to markets at all times.

- Greater attention will be placed on the management of structures and systems of irrigation, through continuous review and design of appropriate technologies and effective training on their use and management.
- There will be greater promotion of farmer organizations and WUAs and their re-activation and strengthening to enable them to take charge of the schemes, and operate and maintain them.

Medium-term

Actions will be directed at the following:

- Increasing the current area under irrigated rice production to at least 25,000 ha in the next 5-10 years, with emphasis on freshwater tidal swamps and rainwater harvesting.
- Develop national capacity in irrigation development (planning, design, construction, construction supervision and water management) by 2015, through the establishment of core teams of irrigation professionals in production areas.
- Encourage the promotion of low pressure irrigation systems to optimize water-use efficiency.
- Establish a program on capacity building for use and management of irrigation systems and structures.

Annex 1. Additional Information.

Investment Envelope

The investment envelope for the short-, medium- and long-term is presented in Table A1.1 below. The total investment of USD 1,264.4 million originates from investments in the Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP), African Development Bank, the Gambia River Basin Organization (OMVG) and bilateral cooperation with Taiwan. Small-scale water control (including small-scale irrigation, soil and water conservation) amounts to USD 22.4 million. Rehabilitation consists of conservation of pump and tidal swamps through Taiwanese assistance, while large-scale hydraulic projects are funded by a regional OMVG project from the European Commission, covering Gambia, Senegal and Guinea at a cost of USD 1,236 million. The Bankable Investment Project Profile (BIPPs) had a total outlay of USD 20.18 million, comprising USD 12.60 million for the National Programme for Food Security (NPFS) and USD 7.78 million for the Natural Resources and Environment Management Project (NRMP).

Table A1.1. Investment envelope for the short-, medium- and long-term.

Timescale	Type of investment (USD millions)			Total
	Small-scale water control	Rehabilitation of irrigation	Large-scale hydraulic projects	
Short-term	7	1	0	8
Medium-term	15.4	5	0	20.4
Long-term	0	0	1,236	1,236
Total	22.4	6	1,236	1,264.4

Project Portfolio

There are three recent projects, five ongoing and two in the pipeline, funded by eight different donors related to irrigation and energy interventions. These are presented below and comprise an estimated USD 30.96 million for recent projects, USD 53.19 million for ongoing projects and USD 15.4 million for projects in the pipeline. The list of irrigation projects is given Table A1.2 below.

Table A1.2 Project profiles (ongoing and projected).

Project title	Funding partners	Lifeline	Total budget	Description
I. PROJECTS RECENTLY IMPLEMENTED				
Lowland Agricultural Development Programme (L/ADEP)	AfDB, IFAD	2001-2006	USD 11.66 million	Expand rice production to improve food security and welfare.
Peri-Urban Smallholder Improvement Project (PSP)	AfDB	2002-2007	UA 5.7 million	Increase on a sustainable basis the production and marketing of livestock and horticultural products in Western and North Bank regions. An area of 75 ha of garden schemes were developed with boreholes/lined wells and fitted with pumps.
Managing water and energy services for poverty eradication in rural Gambia	UN DESA	2004-2006	USD 10.8 million	Construct boreholes in five villages for water supply and to establish vegetable gardens, with the distribution network for irrigation of 23.5 ha of vegetables.
II. ONGOING PROJECTS				
Special Programme for Food Security (SPFS)	FAO, IDB	1999-2009	USD 2.65 million	Increase food security through the production of short-cycle species of crops and livestock. Irrigation of smallholder horticulture and a rice pilot study of 4.0 ha using tube wells has been conducted.
Farmer Managed Rice Irrigation Project (FMRIP)	AfDB	2005-2009	USD 5.7 million	Facilitate sustainable income improvement and increase rice production. An area of 210 ha are being developed at a cost of USD 5,000 per hectare.
Participatory Integrated Watershed Management Project (PIWAMP)	AfDB, IFAD	2006-2013	USD 16.99 million	Reduce rural poverty by increasing total land productivity on a sustainable basis through sound environmental and natural resource management. Water control structures for both uplands and lowlands will be developed to expand rice production.
Irrigated Rice Development Project (IRRIDEP)	KFAED	2002-2008	USD 3.78 million	Increase rice production and productivity through the development of 1,206 hectares of swampland for irrigated rice production. Currently, 600 ha are being developed for rice irrigation.
Gambia Lowland Development Project (GALDEP)	IDB	2007-2011	USD 12.78 million	Develop rural infrastructure in the Western region. This comprises horticulture and rice irrigation support for an estimated 100 ha.

(Continued)

Table A1.2 Project profiles (ongoing and projected). (Continued)

Project title	Funding partners	Lifeline	Total budget	Description
III. PIPELINE PROJECTS				
Livestock and Horticulture Improvement Project	AfDB	2009-2013	UA 3.6 million	Increase, on a sustainable basis, the production of horticulture and livestock in the North Bank and Western regions. This is expected to bring 50 ha under irrigation using boreholes and water distribution facilities to 10 sites.
Integrated Rural Sector Development Programme	IDB	2008-2010	USD 10.0 million	Improve rural welfare through agricultural expansion and improved productivity in the lowlands. This will comprise intervention aimed at expansion of the area under tidal rice and horticulture.

Notes: AfDB = African Development Bank; IFAD = International Fund for Agricultural Development; UN DESA = United Nations Department of Economic and Social Affairs; FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations; IDB = Islamic Development Bank; KFAED = Kuwaiti Fund for Arab Economic Development.

1 Unit of Account (UA) = 1.573 United States Dollars (USD) in 2011.

The Soil and Water Management Unit (SWMU)

In 1978, the United States Agency for International Development (USAID) initiated the Soil and Water Management Project in conjunction with the Government of Gambia. The project set three objectives:

- To create a Soil and Water Management Unit within the Department of Agricultural Services of Gambia's Ministry of Agriculture.
- To identify and train Gambians in the fields of agronomy, soil science, range science, engineering and agroforestry, who would teach Gambian farmers the benefits of soil and water conservation to enhance and sustain agricultural productivity.
- To halt and reverse the ongoing degradation of agricultural land by soil erosion (recommended in the Land Resources Survey, 1972-1974).

The Soil and Water Management Unit (now known as Soil and Water Management Services (SWMS)) comprises the following five sections:

- Management - Assistant Director and section heads.
- The Conservation Engineering and Cartography Section, which is responsible for engineering surveys, designs, maps, and construction of soil and water conservation structures.
- The Soils Survey Section, which conducts soil surveys of all project sites used by other sections for land-use planning.
- The Agronomy Section, which conducts field trials on lowland and upland crops in the project areas. These trials include variety screening, fertilizer application methods and demonstration plots.
- Monitoring and Evaluation Section, which is responsible for monitoring the work of the various sections of the Unit to ensure it conforms to the schedule outlined in the annual plan of operations (APO).

Current State of Irrigation Development in Liberia

Patrick Farnga and Saa Moussa Kamano

Ministry of Agriculture, Republic of Liberia

Abstract

Liberia is one of the African countries with the highest amount of renewable water resources per inhabitant: more than 65,533 m³ per year in 2004. Although this is much higher than the quantity of water required for crop growth, an acute water deficit is experienced anyway during a 3 to 5 month period, particularly in the uplands. Liberia is far from being food self-sufficient, with net cereal imports and food aid being 44.1% of total consumption for the period 1998-2000.

Background¹

Liberia covers an area of 111,370 km². It borders Sierra Leone to the northwest, Guinea to the north, Cote d'Ivoire to the northeast and east, and the Atlantic Ocean to the south and southwest. Its north-south extent is about 465 km and its Atlantic Ocean coastline is about 520 km long. The terrain comprises mostly flat to rolling coastal plains, rising to rolling plateau and low mountains in the northeast. The coastline is characterized by lagoons, mangrove swamps and river-deposited sandbars. The country can be divided into four main physical regions according to elevation parallel to the coast: i) coastal plains up to 100 m; ii) hills from 100 to 300 m; iii) plateaus from 300 to 600 m; and iv) mountainous areas above 600 m. In 2002, the cultivated area was estimated at 600,000 ha, of which arable land covers 380,000 ha and 220,000 ha are covered by permanent crops.

Liberia's climate is tropical hot-humid. Winters are dry with hot days and cool to cold nights; summers are wet and cloudy with frequent heavy showers. The rainy season lasts from April to November and average annual rainfall is estimated at 2,391 mm, with a spatial variation from 2,000 to 5,000 mm. Although this is much higher than the quantity of water required for crop growth, an acute water deficit is experienced anyway during a 3 to 5 month period, particularly in the uplands. Total population in 2004 was 3.5 million, of which 52% were rural. Population density was 31 inhabitants/km².

¹This paper contains extracts from several FAO publications: (1) FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1986. Liberia, report of an agricultural sector review mission. Report 85/86 CP-LIR.8; (2) FAO. 2000a. Special report FAO/WFP crop and food supply assessment mission to Liberia; and (3) FAO. 2000b. Special Programme for Food Security, water control and intensification components. TCP/LIR/8923 (D) and TCP/LIR2802 (D). Project documentation.

Liberia is in a post-war period facing serious political, financial, administrative and organizational problems. Ten years of conflict have led to multiple internal displacements of hundreds of thousands of people, disrupted supply of basic social services, increased the vulnerability of women and children to extreme poverty, hunger, disease and HIV/AIDS. Poverty is widespread. Water wells and sanitation facilities have either been destroyed or abandoned since 1998. No up-to-date water supply and sanitation coverage data are available, but those still functioning are in an alarming and worrying condition in almost all counties in Liberia. As a result, morbidity and mortality rates remain high and may possibly deteriorate further as populations returning to these areas are expected to increase and, thereby, overstretch the already either only partly functioning or malfunctioning health and social infrastructures.

Economy, Agriculture and Food Security

Before the outbreak of civil war, agriculture accounted for about 40% of gross domestic product (GDP), and Liberia had been a producer and exporter of basic products, primarily raw timber and rubber. The rubber industry generated over USD 100 million in export earnings annually. By the end of 1996, real GDP was as low as 10% of its pre-war level. However, from 1997 onwards it increased, reflecting a post-war surge in rice, timber and rubber production, and in 2002, reached USD 442 million. Nonetheless, in 2004, a still unsettled domestic security situation was slowing the process of rebuilding the social and economic structure of the country. In 2000, agriculture and forestry contributed to over 90% of export earnings, mainly from rubber, timber, cocoa and coffee.

Agricultural activities are still considerably low and food insecurity is worsening, as the areas considered to be the 'food basket' of Liberia are still inaccessible. Rice production in 1995 was only 23% of the pre-civil war level. Cassava production has also been falling, possibly by as much as 50%. Low productivity of land and labor, shifting cultivation and low livestock production remain the main characteristics of traditional farming in Liberia. Rainfed agriculture is the predominant system. Use of water control technology is exceptional and consists mainly of un-regulated manual irrigation, using watering cans.

Liberia is far from being food self-sufficient, with net cereal imports and food aid being 44.1% of total consumption for the period 1998-2000. The variation in domestic cereal production between 1992 and 2001 (i.e., average percentage variation from mean) was 44.5%.

Water Resources and Use

Water Resources

Liberia can be divided into two types of river systems:

- The major basins, which drain 97% of the territory in a general northeast-southwest direction. Of these, the six major rivers, originating in Sierra Leone, Guinea or in Côte d'Ivoire, are the Mano, Lofa, Saint Paul, Saint John, Cestos and Cavalla rivers, which together drain 65.5% of the country.
- The short coastal watercourses, which drain about 3% of the country.

Internal renewable surface water resources are estimated to be 200 km³ per year and internal groundwater is estimated to be 60 km³ per year; all of the latter is believed to be drained by watercourses. Thus, the total internally produced renewable water resources become 200 km³ per year, while an additional 32 km³ per year comes from Guinea and Côte d'Ivoire, bringing the total renewable water resources to 232 km³ per year. Liberia is one of the African countries with the highest amount of renewable water resources per inhabitant: more than 65,533 m³ per year in 2004. The total dam capacity is 238.65 million cubic meters (Mm³) in 2005.

Water Use

Total water withdrawals in the year 2000 was estimated at 106.8 Mm³. The main water user was agriculture with 60 Mm³ per year (57%), followed by municipalities with 30.4 Mm³ per year (28%) and industry with 16.4 Mm³ per year (15%). Total water withdrawals per inhabitant was 36.3 m³ per year in 2000. The water withdrawals as a percentage of total actual renewable water resources is 0.05%.

International Water Issues

Liberia shares rivers with all its neighboring countries:

- The Mano and Mugowi rivers with Sierra Leone.
- The Makone, Lofa, Via, Nianda and Mani rivers with Guinea.
- The Cavalla River with Côte d'Ivoire, which forms a large part of the border between the two countries.

Irrigation and Drainage Development

Evolution of Irrigation Development

The irrigation potential in Liberia is estimated at 600,000 ha, consisting mainly of freshwater swamps. No up-to-date information on irrigated areas in Liberia is available. In 1987, the total water managed area was 20,100 ha.

- About 100 ha equipped for full or partial control irrigation, consisting mainly of small development projects supported through international or bilateral cooperation.
- An area of 2,000 ha of equipped wetlands and inland valley bottoms, mainly cropped with rice.
- An area of 18,000 ha of non-equipped cultivated wetlands, swamps and inland valley bottoms.

The Special Program for Food Security (SPFS) of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) from 2000-2002 had the following aims:

- Developing 50 ha of small swamps, complete with drainage and irrigation channels and required water control structures.
- Training of farmers and extension staff in the utilization and repair of treadle and petrol pumps.

- Training of farmers and extension staff in water control practices at field level, irrigated field maintenance and improved cultivation methods (particularly rice and vegetables).
- Demonstration of low-cost small-scale irrigation technologies on 10 ha using treadle and petrol pumps, and water management practices with the participation of farmers and extension workers.

Role of Irrigation in Agricultural Production, the Economy and Society

The main irrigated crop is rice. It is grown in the swamps in addition to the upland rice. Shifting cultivation in the uplands is still the main technique: the secondary forest is cleared and burned, and upland rice is cropped during one or two years combined with different food crops (cassava, groundnuts or vegetables). Afterwards, the area returns to bush fallow for 8-10 years. This system is the preferred mode of farming in Liberia and has the advantage of maintaining the ecological system in equilibrium. However, this system cannot be applied in areas where a higher population density prevents the restoration of soil fertility due to too short a fallow period. In those areas, swamp rice is cultivated in addition to upland crops.

While in the mid-1980s about 235,000 ha of rice were cultivated, this figure dropped to 120,000 ha in 2003, leading to a decrease in total rice production from about 290,000 tons in the mid-1980s to 110,000 tons in 2003. In 1995, the yield of upland rice was estimated to be 1.3 tons/ha, while yields of swamp rice were about 1.6 tons/ha, and yields in equipped wetlands and swamps reached more than 2 tons/ha. Gender and land tenure with regard to water management has been a well-known problem for projects in Liberia.

Water Management, Policies and Legislation Related to Water Use in Agriculture

Institutions

The National Water Resources and Sanitation Board was created in 1981 in order to coordinate the activities of the different institutions or corporations involved in the management of water resources. Before the conflict, the main institutions involved were as shown below:

- The Liberia Water and Sewer Corporation (LWSC) - in charge of the water supply systems in the urban areas.
- The Ministry of Agriculture - in charge, inter alia, of irrigation.
- The Ministry of Health and Social Affairs - in charge of sewerage.
- The Liberia Electricity Corporation - in charge of hydroelectric energy production.
- The Ministry of Rural Development - in charge of water supply in rural areas.
- The Hydrology Service of the Ministry of Land, Mines and Energy.

Environment and Health

Main environmental problems in Liberia are tropical rainforest deforestation, soil erosion, loss of biodiversity, and pollution of coastal waters from oil residue and raw sewage. Waterborne diseases such as diarrhea, dysentery, cholera and infectious hepatitis are common.

Prospects for Agricultural Water Management

With only about 3% or about 20,000 ha of a potential 600,000 ha of swampland cultivated with rice before the war, water control and soil management measures remain the most suitable vehicle for future development. Water deficiency in the dry season, poor drainage, flooding of lowlands and the hazard of water erosion are all problems that need to be addressed.

The development of swamp rice cultivation will become necessary with increasing population and population density. It has been estimated that with an intensification of swamp rice cultivation, it could be possible for Liberia to become self-sufficient in rice, which is the staple food crop. The urban demand for rice is also rapidly expanding.

Successful development of swamp rice production in Liberia requires: i) application of improved swamp rice cultivation technologies; ii) high labor inputs, which can conflict with upland farming needs; iii) availability of modern inputs (improved cultivars, good quality seed, fertilizers); and iv) a change in the mentality amongst farmers, who should consider rice as a means of increasing cash income and not just as a subsistence crop.

Le développement de l'irrigation au Mali

Abdoulaye Dembélé

Direction Nationale du Génie Rural

Abstract

The economy of landlocked Mali is dominated by the agriculture sector, which accounts for 45% of its gross domestic product (GDP) and occupies more than 80% of its population. The country has a highly variable rainfall regime, both spatially and temporally. It ranges from over 1,200 mm per year in the south to less than 200 mm in the sub-Saharan north, which covers 57% of the country. Mali is, however, relatively well endowed with water resources. It is drained by two large transnational river basins, the Niger and the Senegal, and also has considerable groundwater resources. These factors combine to offer an irrigation potential estimated at over 2 million hectares. At present, only about 350,000 ha are equipped for irrigation, of which about 160,000 ha are under total water control while flood irrigation and bas-fonds make up the remaining 190,000 ha. Rice is the principal irrigated crop, followed by sugarcane, wheat, vegetables and fruits. The management arrangements of irrigation schemes vary depending on the size of scheme, the source of financing and the level of technical know-how among farmers. The large-scale total water control schemes, often several thousand hectares in size with major infrastructure, are managed by specialized rural development organizations such as the Office du Niger. Medium-sized schemes (up to 1,000 ha) are usually constructed by state-sponsored projects or non-governmental organizations (NGOs), after which their management is turned over to farmer organizations with the Department of Agriculture providing some limited technical support. In the case of small-scale pump-based village schemes, they are entirely managed by the farmer-beneficiaries while management of the larger flood irrigation schemes are overseen by relevant government agencies. In an effort to accelerate the development of irrigated agriculture, the government adopted a National Irrigation Development Strategy (SNDI) in 1999. Since 2007, a special government program for the development and operation of 103,000 ha of irrigated land between 2008 and 2012 is being implemented. These initiatives, translating the political will in favor of irrigation development, have led to increasing Mali's irrigated area to 350,000 ha in 2010.

I. Introduction

Pays enclavé au cœur de l'Afrique de l'Ouest et à plus de 1000 km de la mer, le Mali couvre une superficie de 1 241 000 km². Il se situe entre les latitudes 10°30' et 25°10' N et les longitudes 12°20' W et 04°20' E. Il est arrosé par deux des principaux cours d'eau de l'Afrique de l'Ouest que sont le fleuve Niger qui traverse le pays sur 1700 km et le fleuve Sénégal sur environ

850 km. Le Mali partage 7000 km de frontière avec sept autres États que sont l'Algérie au nord, la Côte d'Ivoire et la Guinée au sud, le Burkina Faso et le Niger à l'Est, le Sénégal et la Mauritanie à l'Ouest.

Le Mali a une économie dominée par le secteur primaire (agriculture, élevage et pêche) qui occupe en effet, plus de 80% de la population active et représente 45% du PIB, alors que le secteur secondaire (industrie) ne représente que 16% du PIB et celui du tertiaire (commerce, services) 39 %. C'est dire que le secteur primaire est la sève nourricière de l'économie. Mais cette économie est tributaire des aléas climatiques et des prix des matières premières sur le marché international.

Parallèlement aux ressources agricoles, le Mali a d'énormes potentialités énergétiques, touristiques et artisanales, de même que minières. En 2006, la production aurifère était de 61,3 tonnes, ceci fait du Mali le troisième producteur d'or en Afrique. Entre 1997 et 2005, la production d'or a rapporté au Mali plus de 600 milliards de francs CFA. L'or est la première exportation avec 394,4 milliards de francs CFA en 2006. L'or représente 15 % du PIB et 70 % des recettes d'exportation.

La population du Mali est évaluée en 2009 à 14 500 000 habitants (Recensement Général de la Population Humaine 2009) et croît au taux de 2,4%. Elle sera d'environ 21,300 millions habitants en 2020.

Le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant au Mali, était évalué à 357,9 US \$, en 2004. 9% du PIB était constitué par l'aide au développement, en 2004. Environ 64 % de la population malienne vit au-dessous du seuil de pauvreté monétaire. (Enquête démographique et de Santé IV – 2006).

La politique nationale de développement du Gouvernement du Mali est définie dans le Cadre Stratégique de Croissance et de Réduction de la Pauvreté (CSCR: 2007-2011) qui en constitue le cadre de référence de l'ensemble des stratégies et programmes sectoriels. En plus du CSCR, d'autres documents de stratégies régissent la politique nationale de développement du secteur agricole. L'objectif global visé par cette politique nationale est la réduction durable de la pauvreté par la recherche de la sécurité alimentaire et la protection de l'environnement.

Pour ce qui est des caractéristiques physiques du pays, le territoire du Mali occupe la majeure partie du vaste bassin sédimentaire de Taoudenni qui représente une des structures majeures de la géologie de l'Afrique de l'Ouest. Le relief est caractérisé dans sa partie sud et ouest par la prédominance de plateaux gréseux du Mont Manding souvent recouverts de cuirasses ferrugineuses entre 300 et 400 m d'altitude. Le centre du pays est occupé par une vaste plaine alluviale appelée delta intérieur du fleuve Niger. Au nord-est, l'Adrar des Ifoghas culmine à 890 m près de la frontière algérienne.

Les conditions climatiques du Mali sont intimement liées à sa continentalité. Le pays est entièrement situé en zone tropicale nord avec un régime climatique fortement dominé par une alternance très prononcée entre une saison sèche caractérisée par des vents secs venant du Sahara (l'harmattan) dont la durée varie de 6 à 9 mois du sud au nord et une saison pluvieuse de 6 à 3 mois avec des vents humides venant du Golfe de Guinée (la mousson).

Sur l'ensemble du Mali, les températures moyennes annuelles sont peu différenciées avec seulement une légère augmentation du sud-ouest vers le nord-est (de 26°C à 29°C). Les températures maximales enregistrées au cours de l'année dépassent +45°C tandis que les minimales sont en-dessous de +10°C. L'humidité relative en moyenne annuelle est inférieure à 50% sauf dans la zone soudanienne.

Le régime pluviométrique du Mali, de type intertropical continental se caractérise par une décroissance régulière des précipitations et de la durée de la saison pluvieuse du sud vers le

nord, une distribution irrégulière des précipitations dans l'espace doublée d'une forte variabilité.

Le territoire du Mali peut être divisé en quatre zones climatiques étagées du sud au nord qui sont :

- 1) *la zone soudanienne* avec un climat de type guinéen. Les précipitations sont supérieures à 1 200 mm par an et épisodiquement dépassent 1 500 mm. Cette zone couvre environ 11% du territoire du Mali et est caractérisée par une végétation dense
- 2) *la zone soudano-sahélienne* avec un climat de type tropical pur localisée entre les 12ème et 14ème parallèles N, et qui se caractérise par des précipitations moyennes annuelles comprises entre 700 et 1 200 mm. Cette zone couvre 14% du territoire du Mali et est caractérisée par des savanes arbustives et arborées ;
- 3) *la zone sahélienne* avec un climat de type sahélien qui couvre près du quart de la superficie totale du pays, entre les 14ème et le 16ème parallèles N. Les moyennes pluviométriques annuelles sont comprises entre 700 et 200 mm. Cette zone couvre 18% du territoire national ;
- 4) *la zone sub-saharienne* avec un climat de type subdésertique, qui occupe toute la région désertique du nord du Mali, avec une pluviométrie de 200 à moins de 50 mm par an, voire nulle au nord du 20ème parallèle. Cette zone couvre 57% du territoire national.

La période de sécheresse qui a commencé en 1970 a entraîné des baisses de la pluviométrie de l'ordre de 30% et un déplacement des courbes isohyètes de près de 200 km vers le sud. Suite à cette période de sécheresse sévère, la migration est devenue une stratégie adoptée comme réponse aux conditions environnementales précaires et constitue un facteur important dans l'analyse des moyens d'existence locaux et des stratégies de lutte contre la pauvreté.

La figure 1 ci-après donne les différentes zones agro climatiques du Mali.

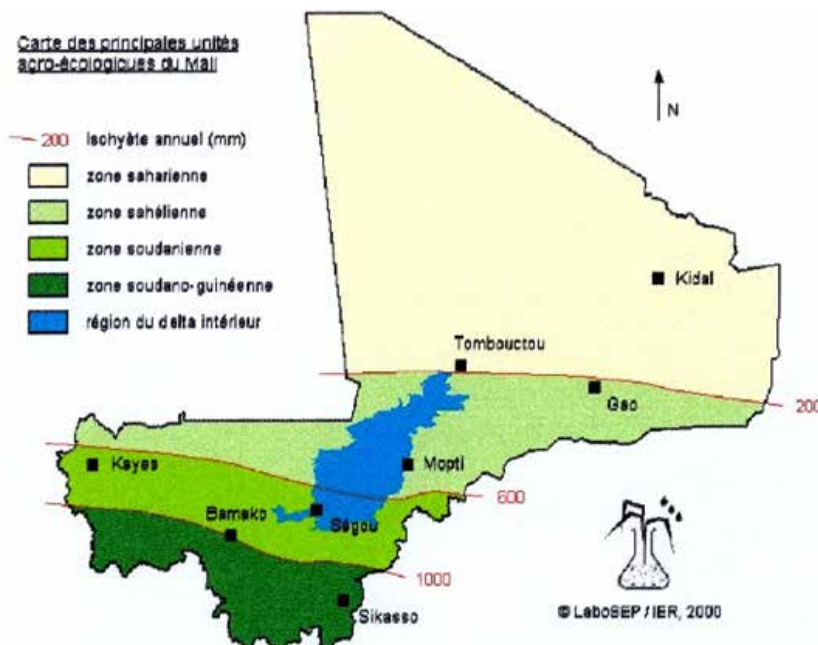


Figure 1: Zones agro-climatiques du Mali

II. Les ressources en eau

Pays sahélien soumis fortement aux aléas climatiques, le Mali n'en recèle pas moins d'importantes ressources en eau de surface et souterraines qui restent certes mal réparties spatio-temporellement.

2.1. Ressources en eaux de surface pérennes

Les ressources en eau de surface du Mali proviennent essentiellement de la pluviométrie annuelle qui est caractérisée par une forte variation inter-annuelle et une mauvaise répartition spatiale.

Le réseau hydrographique comporte les bassins fluviaux du Niger qui s'étend sur 300 000 km² et du Sénégal à l'Ouest sur 155 000 km². Ces deux fleuves qui constituent l'essentiel des ressources en eau de surface pérennes du pays, ont un potentiel d'écoulement annuel respectif de 46 milliards de m³ à Koulikoro et de 10 milliards de m³ à Kayes. Ces deux fleuves drainent à eux seuls : (i) en année moyenne 70 milliards de m³ d'eau ; (ii) en année humide 110 milliards de m³ d'eau et (iii) en année sèche 30 milliards de m³ d'eau.

Le fleuve Niger, d'une longueur de 4200 km dont 1700 km au Mali, a comme principaux affluents, le Bani (900 km de long) et le Sankarani (490 km de long). Le volume moyen inter-annuel écoulé est de 46 milliards de m³ par an, le volume minimum écoulé étant de 20 milliards de m³ en année sèche (1984) et le maximum de 61,5 milliards de m³ en année humide (1967). Dans le delta intérieur du Niger 40 à 50 % des débits d'entrée sont perdus par évapotranspiration, infiltration, irrigation.

Le fleuve Sénégal à l'ouest du pays, d'une longueur de 1750 km dont 850 km au Mali, a comme principaux affluents le Falémé, le Bafing, le Bakoye, et le Baoulé avec un volume écoulé moyen de 10,5 milliards de m³ à Kayes par an (minimum de 5 milliards).

D'une façon générale, les cours d'eau permanents sont concentrés au sud et au centre du pays, alors que le nord se caractérise par la présence de nombreuses vallées fossiles. Il faut par ailleurs noter que ces eaux de surface pérennes contribuent pour environ 10 à 15% en volume à l'alimentation en eau des populations, le reste étant couvert par les eaux souterraines. Les volumes moyens interannuels des principaux cours d'eau du pays sont donnés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Ecoulement moyen interannuel des principaux cours d'eau (1952-2002)

Fleuve ou affluent	Stations	Débit (m ³ /s)	Volumes écoulés (milliards de m ³)
Niger	Koulikoro	1280	40,4
Bani (affluent du Niger)	Douna	424	13,4
Niger	Mopti	974	30,7
Niger	Dire	926	29,2
Niger	Ansongo	864	27,3
Sénégal	Kayes	461	14,5

2.2. Ressources en eau de surface non pérennes

En dehors des deux grands fleuves et leurs affluents évoqués ci-dessus, des ressources en eau de surface non pérennes, c'est à dire des ressources en sites naturels capables (avec ou sans aménagement) de recueillir des ruissellements et de les conserver pendant un certain temps, existent dans presque toutes les régions du pays. Ces ressources en eau au Mali sont particulièrement intéressantes à exploiter pour toutes les régions éloignées des fleuves; elles permettent par exemple, de prolonger ou retarder le tarissement des nappes, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et du cheptel, de faciliter le maraîchage de contre-saison, etc.

Les eaux de surface non-pérennes sont estimées à environ 15 milliards de m³, elles contribuent aussi, mais en proportion variable à l'alimentation en eau des populations et surtout du bétail.

2.3. Ressources en eaux souterraines

Le Mali compte neuf (9) systèmes aquifères correspondant aux différents étages stratigraphiques. Selon les types de gisement on peut distinguer : (i) *la catégorie des aquifères de type fissuré semi-continu ou entièrement discontinu* en fonction de la densité, l'extension et le degré d'intercalation des réseaux de fissures affectant la roche encaissante et en fonction des relations hydrauliques avec les nappes situées dans le recouvrement ; (ii) *la catégorie des aquifères de type généralisé* associés aux formations peu ou pas consolidées, à porosité inter granulaire rencontrées dans les vastes bassins sédimentaires du Secondaire au Quaternaire ; (iii) *les systèmes aquifères profonds* sont souvent surmontés par des aquifères superficiels dans les formations d'altération latéritiques à la surface des plateaux dans les alluvions et colluvions des plaines et des fonds de vallée.

Les ressources en eaux souterraines du Mali sont estimées à 2 700 milliards de m³ de réserves statiques avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m³ représentant la principale source pour l'alimentation en eau potable des populations.

2.4. Mobilisation des ressources en eau

En ce qui concerne la disponibilité des ressources en eau douce par tête d'habitant, il ressort que les ressources en eau douce du Mali, même inégalement réparties sont abondantes.

Les ouvrages de mobilisation des eaux de surface sont constitués par les petits et grands ouvrages de stockage que sont les barrages et retenues d'eau, les seuils sur les rivières pérennes et les «mares artificielles» que l'on trouve au nord du pays. On recense également plusieurs lacs naturels. Une grande partie des ressources en eau mobilisée s'évapore. Les grands pôles de mobilisation des eaux de surface sont :

- Sur le fleuve Niger et ses affluents : (i) le barrage hydroélectrique à Sélingué (2,2 milliards de m³) ; (ii) le seuil à Bamako/Sotuba dérivant l'eau vers une petite centrale électrique ; (iii) le barrage de dérivation à Markala (0,175 milliards de m³), desservant les aménagements hydro-agricoles de l'Office du Niger ; (iv) le seuil de dérivation sur le Bani à Talo.
- Sur le fleuve Sénégal et ses affluents : (i) le barrage de Manantali (11 milliards de m³) ; (ii) le barrage seuil de Félou (6 millions de m³)

Les ouvrages de mobilisation des eaux souterraines sont constitués par les puits traditionnels, les puits modernes busés à grand diamètre et les forages. L'inventaire réalisé en 2003, par la DNH, fait état de 28 045 points d'eau modernes au Mali.

Les contraintes de mobilisation des ressources en eau sont constituées par d'une part la forte évaporation pour les eaux de surface et d'autre part par les difficultés de mobilisation des ressources en eau souterraines en zone de socle.

III. Importance de l'irrigation au Mali

3.1. Présentation du sous-secteur de l'irrigation

Au Mali, les cultures irriguées jouent un rôle prépondérant dans la satisfaction des besoins alimentaires et la diversification de la production agricole. Dans les grandes zones agricoles du pays, l'irrigation a permis de mieux sécuriser les revenus des producteurs et d'améliorer l'exploitation des ressources en eaux dont dispose le pays.

Le territoire du Mali est arrosé par les deux plus grands bassins fluviaux de l'Afrique de l'Ouest (le Niger et le Sénégal). Ce système hydrographique fait que le Mali dispose du potentiel irrigable le plus important de la sous-région avec plus de 2 200 000 ha de terres aptes à l'irrigation dont près de 1,8 million pour la seule vallée du fleuve Niger. Le tableau 2 ci-après donne les estimations du potentiel irrigable du Mali.

Tableau 2 : Estimation des ressources en terres aptes à l'irrigation

Région	Superficie brute physiquement irrigable sous réserve d'aménagement (ha)
Vallée du fleuve Sénégal – Térékoulé – Kolombiné	45 000 Zones inondables et terrasses 25 000 20 000 Bas-fonds
Haute vallée du Niger	100 000 Zones inondables et terrasses 10 000 Bas-fonds
Office du Niger	950 000
Ségou	150 000 Principalement zones inondables
San – Mopti	100 000 Alluvions inondables
Delta vif	100 000 Alluvions anciennes d'aptitude marginales
Mali Sud	300 000 Vallées inondables et bas - fonds
Zone lacustre	280 000 dont 100 000 ha de dépressions inter dunaires
Gao – Boucle du Niger	80 000 Alluvions inondables 30 000 Vallées inondables
Divers et Pays Dogon	10 000 Absence d'identification géographique
Total	2 200 000 ha

Source : DNGR citant PNUD/GERSAR 1982.

Cependant, il faut noter que le niveau de valorisation de potentiel irrigable au Mali reste encore très insuffisant dans l'ensemble. Ainsi, en juin 2010, les superficies totales aménagées étaient de l'ordre de 350 000 ha (soit environ 16 % du potentiel) dont 160 000 ha en maîtrise totale de l'eau et 190 000 ha de maîtrise partielle (DNGR 2010). Malgré ce bas niveau de valorisation du potentiel irrigable, la production nationale de riz arrive globalement à couvrir les besoins alimentaires nationaux. L'irrigation concerne principalement la riziculture, la canne à sucre (8 000 hectares à l'ON), le blé (environ 3 000 ha à Tombouctou), la production maraîchère (oignons, échalotes) et les cultures de décrue (dans la zone lacustre et la vallée du Sénégal).

3.2. Typologie des techniques d'irrigation au Mali

Plusieurs techniques d'aménagement et d'irrigation de surface sont pratiquées dont les principales sont les suivantes :

- *l'irrigation par submersion libre* pratiquée en bordure du fleuve Niger et de son affluent le Bani, dans les régions de Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao. Les casiers ne sont pas aménagés. En cas de crues faibles, le remplissage des plaines n'est que partiel voire nul. Les rendements en riz, principalement du «riz flottant», sont faibles (0,8 à 1 t/ha) et aléatoires
- *l'irrigation par submersion contrôlée*. Elle est pratiquée dans les mêmes régions que la submersion libre. La superficie aménagée est estimée à 182.000 hectares environ. Les coûts d'aménagement des casiers de submersion sont limités (moins de 1 500 000 FCFA/ha), en raison de la simplicité des infrastructures et de l'importance des superficies inondables. Les rendements en riz varient cependant de 1,25 à 2 tonnes par hectare. L'irrigation par submersion nécessite également une pluviométrie suffisante et bien répartie, pour permettre la préparation des sols, les semis et la levée des graines. Malgré tous les risques, la submersion contrôlée garde les faveurs des paysans, car ce mode de mise en valeur modifie très peu la trame foncière et les bénéficiaires maîtrisent les techniques. Son coût d'exploitation est très faible comparé à la maîtrise totale (environ 100 000 contre 300 000 FCFA/ha)
- *les aménagements de bas-fonds* essentiellement localisés dans le sud malien. Les estimations de superficies exploitées sont très variables (de 6 000 à 60 000 hectares sur un potentiel estimé à 300 000 hectares). Ce type d'aménagement est relativement peu coûteux (environ 500 000 à 1 000 000 FCFA/ha). Actuellement, plus de 10 300 ha de bas-fonds sont aménagés et exploités en général en riziculture avec des rendements de l'ordre de 0,8 à 2 t/ha de paddy
- *les aménagements en maîtrise totale de l'eau* représentés par les périmètres irrigués : Les superficies aménagées en maîtrise totale de l'eau sont de l'ordre de 160 000 ha en juin 2010 (DNGR, 2010). Les petits et les moyens périmètres irrigués sont essentiellement localisés dans les régions de Mopti, Tombouctou, Gao et Kayes. Il s'agit principalement des PPIV, gérés par les communautés villageoises et, autour de certains centres urbains importants, de périmètres à statut privé. La superficie totale équipée est d'environ 37 200 hectares. Les coûts d'investissement à l'hectare varient de 3 à 5 millions de FCFA. Les grands périmètres à irrigation gravitaire ou par pompage, localisés dans la zone de l'ON dans une moindre mesure dans la zone de l'OPIB et à l'ODRS. La superficie aménagée par l'ON est de 106 000 hectares, les rendements

moyens obtenus en «riz dressé à taille courte» sont de l'ordre de 4 à 6 t/ha. L'option retenue dans le schéma directeur de l'ON est l'aménagement de 120 000 ha à l'horizon 2020, pour permettre de répondre à la demande sous-régionale.

A côté de ces types de techniques d'irrigation largement rependus, de plus en plus les techniques modernes comme l'irrigation par aspersion et surtout le goutte-à-goutte sont pratiquées sur de petites superficies par des producteurs maraîchers et fruitiers dans les zones péri urbaines des grandes villes et le Mali-Sud. La promotion des techniques modernes d'irrigation est surtout soutenue à la faveur de la mise en œuvre de projets (PCDA) ou par l'action des ONG dans leurs zones d'intervention.

Le tableau 3 ci-après donne la répartition géographique des aménagements hydro-agricoles selon leur typologie.

Tableau 3 : Répartition géographique des aménagements au Mali

Type d'aménagement	Région administrative (zone d'intenses activités)	Zone agro-climatique
Submersion naturelle dans les vallées	Gao,	Saharienne
	Tombouctou	Saharienne
	Mopti	Saharienne
	Ségou	Soudano-sahélienne
	Koulikoro	Soudano-sahélienne
	Kayes	Sahélienne
Submersion naturelle dans les mares et lacs (culture de décrue)	Tombouctou/Zone lacustre	Saharienne
	Mopti	Saharienne
	Gao	Saharienne
Submersion contrôlée dans les plaines	Gao (vallée du fleuve)	Saharienne
	Tombouctou	Saharienne
	Mopti (Office Riz Mopti)	Saharienne
	Ségou (Office riz Ségou)	Soudano-sahélienne
	Koulikoro	Soudano-sahélienne
Submersion contrôlée dans les mares et lacs	Tombouctou/Zone lacustre	Saharienne
	Mopti	Saharienne
	Gao	Sahélienne
Maîtrise totale de l'eau dans les grands aménagements	Office du Niger (Ségou)	Soudano-sahélienne
	OPIB Baguineda (Koulikoro)	Soudano-sahélienne
	ODRS (Sikasso)	Soudanienne
Maîtrise totale de l'eau dans les périmètres moyens	Tombouctou (Périmètre de Hamadja, Korioumé, Daye-Hondobomo)	Saharienne
	Ségou (plaine de San)	Soudano-sahélienne
PPIV-petits périmètres irrigués villageois par pompage (à riz)	Gao (vallée du fl. Niger)	Saharienne
	Tombouctou (vallée du fl. Niger)	Saharienne
	Mopti (vallée du fl. Niger)	Saharienne
PPIV par pompage (à blé)	Tombouctou (Diré dans la vallée du fl. Niger)	Saharienne
PPIV par pompage (à maraîchage)	Kayes (vallée du fleuve Sénégal)	Sahélienne
Bas-fonds aménagés et micro barrages	Sikasso	Soudanienne
	Koulikoro	Soudano-sahélienne
	Kayes	Sahélienne
	Mopti (plateau Dogon)	Sahélienne
	Kidal	Sahélienne

Source : DNGR Etude relecture de la SNDI 2007

Depuis les deux dernières décennies la mise en œuvre des politiques volontaristes de développement de l'agriculture irriguée a permis une augmentation très sensible des superficies aménagées. Ainsi, à partir de 1998 on assiste à une augmentation nette du rythme d'aménagement au niveau nation. Ceci a permis de passer de 234 466 ha en 1998 à 349 494 ha en juin 2010 comme cela apparaît dans les tableaux 4 et 5 ci-après.

Tableau 4 : Superficies aménagées par type d'irrigation au 30 juin 2010

Régions	Maîtrise totale		Submersion contrôlée GP (>100ha)	Bas-fonds	Superficies totales (ha) aménagées
	GP	PP			
	(>100ha)	(<100ha)			
Kayes	682	809	150	1 522	3 163
Koulikoro	5 000	168	10 181	3 689	19 038
Sikasso	1 061	175	4 683	3 449	9 368
Ségou	106 386	426	44 018	216	151 046
Mopti	1 579	3 859	46 674	647	52 759
Tombouctou	6 224	30 415	59 133	590	96 362
Gao	0	1316	16 303	61	17 680
Kidal	0	0	0	78	78
TOTAL	120 932	37 168	181 142	10 252	349 494

Source : DNGR juin 2010

3.3. Modes de gestion des périmètres irrigués au Mali

Au Mali les modes de gestion des périmètres irrigués sont relativement variés en fonction de leur typologie. L'analyse des modes de gestion des périmètres irrigués au Mali devra tenir compte des aspects importants comme (i) la taille du périmètre ; (ii) la source du financement de l'aménagement ; (iii) le niveau de la maîtrise de l'eau à parcelle, etc. Selon la taille du périmètre on observe les modes de gestion suivants :

- **Périmètres irrigués de maîtrise totale gérés par les structures étatiques :** (Offices de développement rural : ON, ODRS, OPIB, OHVN). Il s'agit ici de grands périmètres sur lesquels la mobilisation de l'eau se fait soit au moyen de grosses stations de pompage ou de grands ouvrages comme les seuils de dérivation ou des grands barrages (Sélingué et Manantali). La gestion de l'ensemble du périmètre est assurée par l'Etat à travers ces offices de développement qui prennent aussi en compte l'encadrement et l'organisation des producteurs avec des spécificités dans chaque zone. La taille de ces périmètres varie des quelques milliers à plus de 100 000 ha (cas de l'ON). Les exploitants de ces périmètres sont astreints au paiement de redevances eau dont les taux sont fixés par Arrêté du Ministre de l'Agriculture. Un cahier des charges régit les relations entre l'Office et les exploitants du périmètre. Ainsi la gestion du réseau dans son ensemble relève de l'Office. Les fonctions d'approvisionnement en intrants divers,

Tableau 5 : Evolution des superficies aménagées tous types (ha)

Période	PGA 30 000 ha						PGA 50 000 ha						PGA 103 000 ha					
	Avant 1998	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	AVT 2010	Total			
Kayes	1 097	0	0	0	0	0	0	13	680	903	195	215	60	0	3163			
Koulikoro	15 893	357	464	0	0	0	152	17	111	1 125	501	120	288	10	19 038			
Sikasso	6 732				300		0	0	202	900	0	300	350	584	9 368			
Ségou	104 797	410	1 426	5 753	3 892	4 797	4 098	2 827	2 500	14 235	906	2 057	1 763	1 585	151 046			
ON	70 704	410	1 426	5 393	3 892	4 797	3 560	2 732	2 025	5 174	810	1 538	1 462	1 585	105 508			
Mopti	36 659	168		132		0	17	519	918	1 030	20	3 315	608	9 373	52 759			
Tombouctou	54 827	1 131	1 219	902	1 200	1 200	1 110	2 205	14 168	14 395	1 200	1 535	1 270	0	96 362			
Gao	14 461	162	0	154	0	0	1 682	215	867	8	0	68	63	0	17 680			
Kidal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	30	20	0	78			
Total pays	234 466	2 228	3 109	6 941	5 392	5 997	7 059	5 796	19 446	32 624	2 822	7 640	4 422	11 552	349 494			
	234 466			23 667					67 747					23 614				

de transformation et de commercialisation de la production sont de la responsabilité des producteurs organisés ou non en structures de gestion de leur choix. Cependant dans le cas de l'ON il y a les ORT qui sont responsable de la gestion de l'eau dans le réseau terminal et à la parcelle, tout le reste du réseau hydraulique relève de la gestion directe de l'office. Ce mode gestion est inhérent à l'ON à cause de la taille de ce périmètre.

- ***Périmètres moyens de maîtrise totale gérés par les producteurs organisés en OP :*** Il s'agit ici essentiellement des périmètres irrigués de taille moyenne (de 100 à 1.000 ha) aménagés par des projets de l'Etat ou même des ONG dans les régions Nord du pays (Tombouctou et Gao). Ici, en l'absence de structures spécialisées de l'Etat, après la phase de l'aménagement, la gestion de ces périmètres est transférée aux producteurs organisés soit en coopératives soit en groupements/associations d'exploitants du périmètre. Sur ces périmètres une partie des fonctions d'encadrement est assurée par les structures de la DNA. La gestion de l'eau sur le périmètre, de la redevance eau, les fonctions d'approvisionnement en intrants, de la transformation et de la commercialisation de la production sont toutes assurées par la structure organisée des producteurs. La taille des périmètres et surtout les coûts de fonctionnement des stations de pompages constituent une contrainte majeure pour la pérennité desdits périmètres.
- ***Petits périmètres irrigués villageois :*** Il s'agit ici de petits périmètres irrigués villageois (PPIV) par pompage jusqu'à une centaine d'hectares de superficie, généralement aménagés par des projets étatiques, des ONG, des communautés villageoises ou même des privés. L'ensemble des aspects de la gestion de ces périmètres est assuré par les exploitants. Cependant, la problématique de la pérennisation et du renouvellement éventuel des équipements d'exhaure par les producteurs devient un facteur limitant à l'extension des superficies mises en valeur en PPIV. La taille généralement limitée des parcelles unitaires sur les PPIV (de 0,25 à 0,50 ha) permet difficilement aux exploitants une production susceptible d'assurer leur autosuffisance alimentaire et dégager une marge pour constituer l'amortissement des moyens d'exhaure que sont les groupes motopompes (GMP). Les fonctions d'approvisionnement en intrants, de transformation et commercialisation de la production sont assurées par les structures organisées des producteurs du périmètre (coopératives, groupements/associations d'exploitants ou promoteurs privés).
- ***Périmètres irrigués en submersion contrôlée :*** Il s'agit des grands casiers aménagés dans les vastes plaines dans la vallée du fleuve Niger et gérés par des structures étatiques d'encadrement (ORS et ORM). La gestion des infrastructures de ces périmètres de même que celle de l'eau sur les casiers est généralement assurée directement par ces structures. Mais de plus en plus les fonctions d'approvisionnement en intrants, de transformation et de commercialisation de la production sont prises en charge par les structures organisées des exploitants des casiers.
- ***Aménagements de bas-fonds :*** Les aménagements de bas-fonds sont généralement concentrés au Mali Sud, vers l'Ouest (région de Kayes) et pays Dogon. Il s'agit d'aménagements sommaires destinés à améliorer la riziculture traditionnelle de bas-fonds ou à assurer des retenues d'eau (pays Dogon) pour le maraîchage. La gestion de ces aménagements est assurée par les producteurs.

3.4. Les productions irriguées

Le riz constitue la principale culture irriguée au Mali. Tous types confondus de riziculture, la production de paddy était estimée à 1.950.805 t en 2009, correspondant à environ 1.268.023 t de riz. La production la plus importante, soit près de 50% du paddy produit et environ 75% du riz commercialisé, provient de l'ON, où domine la riziculture avec maîtrise totale de l'eau, avec des rendements moyens qui dépassent 5 t/ha.

Le blé suit le riz avec une production annuelle qui a dépassé les 15.000 t sur une superficie irriguée totale de 5.101 ha en 2009.

La production céréalière totale du Mali a été estimée à 6.334.440 tonnes, soit un taux de réalisation des prévisions de 103 % et un taux d'augmentation de 31,5% par rapport à la campagne 2008-2009.

Les autres productions irriguées sont :

- canne à sucre : 359.500 tonnes
- thé : 89 tonnes
- cultures maraîchères : 1.272.441 tonnes ;
- cultures fruitières : 877 999 tonnes ;

Le tableau 6 ci-après, extrait du plan de campagne 2010/2011, illustre les efforts à fournir pour consolider les acquis et intensifier la production de l'ensemble des productions agricoles et particulièrement les productions céréalières.

Tableau 6 : Evolution des superficies et des productions céréalières

Campagnes agricoles Culture	Unités	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Riz	superficie (ha)	408 495	391 869	626 573	665 109
	production (T)	960 420	1 082 384	1 607 647	1 950 805
Maïs	superficie (ha)	412 484	409 916	403 877	558 350
	production (T)	676 838	689 918	740 108	1 476 995
Blé	superficie (ha)	3 565	3 430	5 414	5 101
	production (T)	8 565	8 585	13 166	15 132
Sorgho	superficie (ha)	917 053	1 090 244	1 041 529	1 520 305
	production (T)	1 128 773	900 791	1 048 688	1 465 620
Mil	superficie (ha)	1 495 860	1 586 278	1 591 720	1 724 496
	production (T)	1 175 272	1 175 107	1 364 469	1 390 410
Fonio	superficie (ha)	45 771	46 477	72 174	62 305
	production (T)	26 247	28 692	40 793	35 480
Total Céréales	superficie (ha)	3 283 230	3 528 213	3 741 287	4 535 466
	production (T)	3 693 240	3 885 477	4 814 871	6 334 440
Taux d'augmentation par rapport campagne précédente	Superficie	5,26%	7,46%	6,04%	21,23%
	Production	8,61%	5,21%	23,92%	31,5%

Source : Plan de campagne 2010-2011 du Ministère de l'Agriculture – Février 2010.

IV. La Politique Nationale de l'Eau et la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI) du Mali

Comme indiqué plus haut, le potentiel hydro agricole du Mali est l'un des plus importants de la sous-région ouest africaine, mais son niveau de valorisation reste toujours bas (environ 13% malgré les efforts en terme d'aménagement). Il est donc évident que ce potentiel nécessite un effet accru de valorisation économique conformément aux orientations en matière de croissance économique accélérée, de développement agricole et de lutte contre la pauvreté.

C'est dans l'optique de cette valorisation qu'une Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI) a été élaborée et adoptée par le Gouvernement Malien en 1999 avec l'appui de la Banque Mondiale, de la FAO et des autres partenaires internationaux au développement dans le but d'uniformiser non seulement les approches jusqu'ici mises en œuvre, mais aussi d'identifier les actions prioritaires à entreprendre afin de mettre en synergie les ressources humaines et financières disponibles.

Les objectifs fondamentaux et les principes directeurs de cette stratégie sont les suivants:

Objectifs fondamentaux :

- recherche de la sécurité alimentaire, qui passe forcément par une sécurisation durable de la production agricole dont la composante pluviale reste soumise aux aléas climatiques dans les zones méridionales et centrales, alors que, dans les régions du nord, l'irrigation constitue de plus en plus la seule alternative de mise en valeur agricole des terres;
- l'amélioration de la situation nutritionnelle des couches particulièrement fragiles de la population, en l'occurrence les enfants et les femmes;
- les économies de devises, par la réduction des importations alimentaires et le développement plus marqué des exportations agricoles;
- l'accroissement des revenus des populations rurales;
- la réduction des phénomènes migratoires internes et externes et la non-diminution du peuplement dans les zones arides et semi-arides.

Principes directeurs :

- la redéfinition du rôle des intervenants dans le sous-secteur de l'irrigation ;
- l'appropriation du processus d'identification, de mise en place et de gestion des investissements par les bénéficiaires ;
- la définition d'une politique d'investissement ;
- la priorité à la maîtrise totale de l'eau ;
- la gestion optimale et durable des aménagements ;
- l'intensification et diversification de la culture irriguée ;
- la valorisation de la riziculture de bas-fonds ;
- la promotion de l'irrigation individuelle ;
- la formation des formateurs et des paysans dans le domaine de l'irrigation ;
- la mise en place d'un programme minimum de recherche et expérimentation en irrigation ;
- la réalisation des études de connaissance du sous-secteur de l'irrigation.

La SNDI est assortie d'objectifs spécifiques et surtout d'un plan d'action de mise en œuvre.

Les objectifs spécifiques de la SNDI sont :

- rationaliser la conception des aménagements et réduire les coûts de mise en place ;
- faciliter l'accès aux financements et encourager l'implication d'acteurs autres que l'Etat ;
- améliorer la gestion des aménagements hydro agricoles ;
- accroître la production et la productivité sur les périmètres irrigués ;
- réformer le cadre législatif et institutionnel sous-sectoriel ;
- minimiser les impacts environnementaux négatifs et les conflits sociaux engendrés par le développement de l'irrigation.

Depuis l'adoption de la SNDI en 1999 jusqu'aux dernières années il a été constaté que sa mise en œuvre n'a permis l'accélération voulue du rythme global d'aménagement au niveau national. Ces constats ont donc conduit l'administration (DNGR et MA) à entreprendre une relecture de la SNDI en vue de donner une impulsion plus vigoureuse et plus probante au développement de l'irrigation dans notre pays. La relecture de la SNDI a conduit à l'élaboration d'une nouvelle version qui est actuellement en phase d'adoption.

V. Contraintes au développement du secteur de l'agriculture irriguée au Mali

Les contraintes au développement du secteur de l'agriculture irriguée au Mali ont été identifiées dans le SNDI ainsi que suit :

Contraintes économiques et financières :

- Coûts d'aménagement très variables et généralement très élevés ;
- Difficulté de mobilisation de financements et accès limité au crédit ;

Contraintes liées à la conception, gestion et entretien des AHA :

- Exécution des ouvrages non conforme aux règles de l'art ;
- Inefficace gestion de l'entretien, cause primaire de dégradation ;
- Gestion hydraulique peu efficiente;
- Incompétence des comités de gestion et des AV ;
- Non-paiement des redevances;

Contraintes liées à la mise en valeur agricole :

- Attribution de parcelles individuelles trop petites pour couvrir le besoin alimentaire ;
- Faible niveau d'équipement des agriculteurs;
- Insuffisance de semences de qualité;
- Insuffisante disponibilité et coût élevé des engrais ;
- Insuffisante production de contre-saison;
- Manque de diversification;

Contraintes d'ordre institutionnel/juridique/réglementaire :

- Absence d'harmonisation des interventions;
- Encadrement et appui-conseil inadéquats;
- Insuffisante protection foncière;
- Législation de l'eau incomplète;

Contraintes environnementales :

- Impacts négatifs sur l'écosystème;
- Dégradation des sols (cause de baisse de rendements) ;
- Conflits entre irrigants et éleveurs;
- Dégradation des conditions sanitaires.

Approches en vue de lever ces contraintes :

Pour lever ces contraintes identifiées dans la SNDI les principes directeurs sont édictés à savoir :

- priorité à la maîtrise totale de l'eau ;
- mise en œuvre d'une nouvelle politique d'investissement ;
- redéfinition du rôle des intervenants dans le sous-secteur et appropriation du processus d'identification, de mise en place et de gestion des investissements par les bénéficiaires ;
- gestion optimale et durable des aménagements, intensification et diversification de l'agriculture irriguée ;
- promotion d'un régime foncier favorisant le développement de l'irrigation ;
- renforcement des capacités des structures d'appui et des exploitants dans le domaine de l'irrigation ;
- promotion de la recherche/expérimentation en irrigation ;
- meilleure connaissance du sous-secteur de l'irrigation.

VI. Conclusions

Le Mali dispose d'un système hydrographique qui en fait un pays possédant un potentiel irrigable de plus de 2.200.000 ha de terres aptes à l'irrigation mais seulement environ 350.000 ha (soit environ 15 %) sont actuellement mis en valeur.

Dans les politiques nationales de développement le Gouvernement a fait l'option de faire du Mali une puissance agricole. La valorisation du potentiel hydro agricole constitue un axe majeur des politiques de développement agricole et rural.

Pour donner une impulsion nouvelle au développement de l'agriculture irriguée, le Gouvernement a adopté en 1999 une Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI) qui a fait un diagnostic du sous-secteur irrigué, défini des objectifs et édicté des principes directeurs du développement de l'irrigation à court, moyen et long termes.

Depuis 2007 un programme gouvernemental d'aménagement hydro agricole portant sur l'aménagement et la mise en valeur de plus de 103.000 ha terres pour la période 2008 - 2012 a été adopté par le Gouvernement et se met actuellement en œuvre.

Ainsi depuis près d'une décennie la volonté politique marquée en faveur du développement de l'irrigation a permis de porter les superficies irriguées de 245.000 à environ 350.000 ha en juin 2010.

Références bibliographiques :

- ECOWAS. 2004. Cadre de Politique Agricole pour l'Afrique de l'Ouest-ECOWAP
- FAO. 2009. Programme spécial de sécurité alimentaire - Mali - Evaluation
- Gadelle, F. 2001. La petite irrigation privée en Afrique de l'Ouest : Leçons tirées des projets Banque Mondiale, In Hilmy Sally and Charles L Abernethy (Eds) Private Irrigation in sub-Saharan Africa. Proceedings of the Regional Seminar on Private Sector Participation and Irrigation Expansion in sub-Saharan Africa 22-26 October 2001, Accra, Ghana. p. 31-47.
- Gadelle, F. 2002. Petite irrigation - Diffusion de pompes à pédales, /Agridoc/Ministère des Affaires Etrangères Français.
- Gadelle, F. 2006. Projets de promotion de l'irrigation privée Mali, Burkina Faso, Niger : leçons tirées de l'expérience des projets pilotes, World Bank.
- Havard, Michel, Coulibaly, Yacouba and Dugué, Patrick. 2006. Etude de capitalisation sur les expériences de conseil agricole au Mali, APCAM & CIRAD
- République du Mali. 2002. Mise en œuvre d'un programme d'introduction de nouveaux équipements pour l'irrigation-Composante expérimentation d'équipements et de techniques d'irrigation du PPIP. APROFA / Sahel consult R&D
- République du Mali. 2006. Loi d'Orientation Agricole
- République du Mali/Ministère de l'Economie et des Finances. 2006. Cadre Stratégique de Croissance et de Réduction de la Pauvreté (CSCR - 2007-2011) République du Mali/Ministère de l'Agriculture. 1999. Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI)
- République du Mali/Ministère de l'Agriculture/DNGR. 2007. Etude relecture de la SNDI
- République du Mali/DNGR. 2007. Programme Gouvernemental de 103.000 ha (2008-2012)
- République du Mali/Ministère de l'Agriculture 2009. Projet de compétitivité et de diversification agricole (PCDA) : Référentiels technico économiques
- République du Mali/Ministère de l'Agriculture/DNGR. 2010. Rapport du Programme Gouvernemental d'Aménagement Hydro agricole (PGA)
- Winrock International. 2008. Success story : irrigation localisée (goutte à goutte) au Mali. Winrock International Mali, Bamako.

ANNEXE

Sigles et Acronymes

AHA	Aménagements Hydro Agricoles
AV	Associations Villageoises
CSCR	Cadre Stratégique de Croissance et de réduction de la Pauvreté (2007-2011)
DNA	Direction Nationale de l'Agriculture
DNGR	Direction Nationale du Génie Rural
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique
DNSI	Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique
GMP	Groupes motopompes
MA	Ministère de l'Agriculture
ODRS	Office de Développement Rural de Sélingué
OHVN	Office de la Haute Vallée du Niger
ON	Office du Niger
OPIB	Office du Périmètre Irrigué de Baguineda
ORM	Office Riz Mopti
ORS	Office Riz Ségou
ORT	Organisations des exploitants du Réseau Tertiaire
PCDA	Projet de Compétitivité et de Diversification Agricole
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PPIV	Petits Périmètres Irrigués Villageois
SNDI	Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation

Situation de l'agriculture irriguée au Niger

Bachir Ousseini et Moussa Amadou

Direction Générale du Génie Rural, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

Abstract

Three-quarters of Niger's land area of 1.27 million km² is desert, characterized by high temperatures and annual rainfall of less than 150 mm. The sudano-sahélian zone, receiving a mean annual rainfall of 600 to 800 mm and considered suitable for agricultural and animal production, represents only about 1% of the country's total land area. Despite these climate-related challenges, the agriculture sector contributes about 40% to Niger's gross domestic product (GDP) and constitutes the main occupation of about 90% of its active population. Agriculture is essentially rainfall-based and about 8 million hectares are cultivated annually, mainly with millet and sorghum, compared to an estimated 15 million hectares of arable land. The total irrigated area is around 100,000 ha, made up of 14,000 ha of public irrigation schemes managed by the para-statal irrigation agency, National Office for Hydro-agricultural Management (ONAHA), 18,000 of small-scale private irrigation schemes, and about 68,000 ha of very small-scale farmer-managed schemes almost entirely devoted to dry-season irrigation of horticultural crops. In addition, nearly 600,000 hectares have been benefitted from soil and water conservation and rainwater harvesting interventions, including construction of mini water-retention structures; however, no reliable statistics are available on account of the multitude of actors and initiatives, and limited coordination. The Niger River constitutes the main source of surface water, while the country also has considerable groundwater resources. Niger is undertaking substantial programs of irrigation development under its National strategy for irrigation development and rainwater harvesting (SNDICER). The provision of incentives to encourage private sector investments in irrigation is a key feature of this strategy. The SNDICER and similar initiatives are all being pursued as part of the overall Rural development strategy (SDR) adopted by the government in 2003, with the objective of reducing poverty from 66% to 52% in 2015.

I. Contexte général

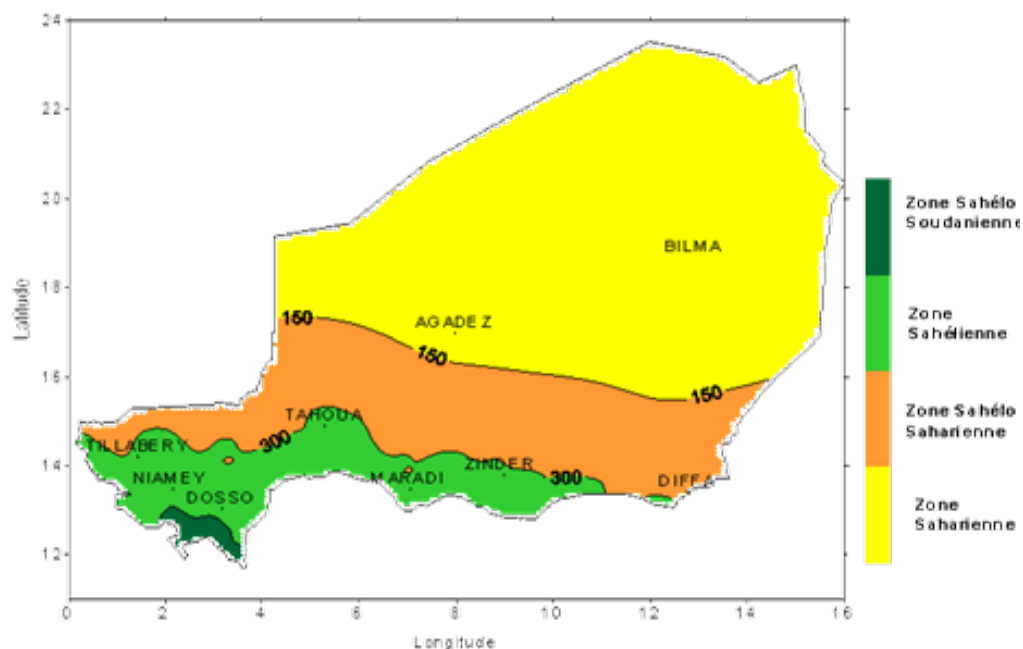
Le Niger est un vaste pays enclavé situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest et du Sahel. Il s'étend sur une superficie de 1.267.000 km² dont les 3/4 sont désertiques. Le pays comprend 8 régions administratives, 36 départements et 265 communes.

La population du Niger est estimée à plus de 15 millions d'habitants en 2010 soit une densité moyenne voisine de 12 habitants/km². Le taux d'accroissement démographique moyen annuel est de 3,3%. Cette population essentiellement rurale (plus de 80%) est concentrée dans la frange méridionale du pays où vivent environ 75% des effectifs. Près des deux tiers de cette

population vivent en dessous du seuil de pauvreté et l'incidence de la pauvreté est plus élevée en milieu rural qu'en zone urbaine.

Le climat est aride et caractérisé par des températures élevées et une pluviométrie faible et variable dans le temps et dans l'espace. On distingue quatre zones climatiques (figure 1) : i) la zone sahélo-soudanienne qui représente environ 1% de la superficie totale du pays et reçoit en moyenne 600 à 800 mm de pluie par an. C'est la zone propice à la production agricole et animale. La végétation y est riche et très variée; ii) la zone sahélienne qui couvre 10 % du pays et reçoit 350 à 600 mm de pluie caractérise par l'agro-pastoralisme. C'est la zone la plus densément habitée; iii) la zone sahélo-saharienne qui représente 12 % de la superficie du pays et reçoit 150 mm à 350 mm de pluie. C'est une zone à vocation essentiellement pastorale; et iv) la zone saharienne, désertique, qui couvre 77 % du pays, avec moins de 150 mm par an (voir carte ci-après).

Figure 1 : Zones climatiques du Niger



Sur le plan économique on note une prédominance du secteur rural avec comme principales composantes l'agriculture et l'élevage. En effet, malgré la précarité climatique, le secteur participe pour 40% au PIB et constitue le premier secteur d'activités avec environ 90% de la population active. Pour renforcer sa position dans le développement socio-économique le Gouvernement a adopté en novembre 2003 la Stratégie de Développement Rural (SDR) dont l'objectif est de réduire l'incidence de la pauvreté en milieu rural en la ramenant de 66% à 52% à l'horizon 2015.

II. Situation générale de l'agriculture au Niger

Comme indiqué plus haut, l'agriculture occupe une part importante dans l'économie nigérienne et est actuellement la principale source de revenus pour une très grande majorité de la population. Elle fait l'objet d'une attention particulière des autorités qui s'activent tant sur le plan stratégique qu'opérationnel (SDR, Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation et de la Collecte des Eaux de Ruissellement, SNDICER) à améliorer son environnement global.

L'agriculture nigérienne repose sur un potentiel cultivable estimé à 15 millions d'hectares soit moins de 13% du territoire. Mais 80 à 85% des sols cultivables sont dunaires et seulement 15 à 20% sont des sols hydromorphes, moyennement argileux (SEDES-Société d'Études pour le Développement Économique et Social, 1987). L'agriculture est essentiellement pluviale avec 8 millions d'hectares annuellement emblavés contre 100 000 ha aménagés sur un potentiel irrigable de 270 000 hectares.

L'agriculture pluviale est basée sur les cultures vivrières céréalières dominées par le mil et le sorgho, et de façon marginale le riz et le maïs. La taille moyenne des exploitations d'agriculture pluviale est de 5 ha pour environ 6 actifs agricoles.

La production annuelle céréalière tourne autour de 3 millions de tonnes. Elle peut atteindre 5 millions de tonnes en année de bonne production, et en mauvaise campagne moins de 2 millions de tonnes. Dans tous les cas la majorité de la production est destinée aux besoins alimentaires des ménages. La commercialisation concerne généralement un surplus de production ou répond à un besoin ponctuel de liquidités.

Les cultures pluviales secondaires sont les cultures de rente pratiquées en association avec les cultures céréalières (mil, sorgho) ou en pure. Elles sont par ordre d'importance : le niébé, l'arachide, l'oignon, le coton, le sésame et le souchet. Généralement toute la production est vendue et constitue une source importante de revenu. Mais avec la série de sécheresses la proportion du niébé autoconsommée est en progression.

D'un point de vue général, l'agriculture pluviale se caractérise par un faible niveau d'intensification et de mécanisation, et un niveau d'encadrement insuffisant. La croissance de la production de céréale de base (2,5% par an) est inférieure à celle de la population (3,3%). Les rendements des différentes cultures sont faibles et évoluent en dents de scie. Une baisse de l'ordre de 30 % est observée sur les vingt (20) dernières années due essentiellement aux pressions parasitaires et aux techniques culturales inappropriées, aux sécheresses récurrentes et à la baisse de la fertilité des sols déjà très pauvres ne recevant très peu d'apport en engrais minéraux. Cela explique le déficit de production enregistré pratiquement une année sur trois (entre 200 000 et 300 000 tonnes) provoquant ainsi une diminution de l'autosuffisance alimentaire et obligeant du coup des importations vivrières importantes.

Quant à l'agriculture irriguée, bien que pratiquée sur une proportion infime du potentiel cultivable, elle offre la possibilité d'une forte intensification et une diversification des cultures praticables tout le long de l'année.

III. Etat de l'agriculture irriguée

3.1 L'agriculture irriguée une priorité pour le Niger

Les effets conjugués de la sécheresse, de la dégradation des écosystèmes, des techniques culturales inappropriées et de la pression démographique, constituent un véritable frein au développement de la production agricole basée principalement sur la culture du mil et du sorgho. Le pays se trouve alors plongé dans une insécurité alimentaire quasi-structurelle.

En illustre la situation de déficit de production suivi d'une crise alimentaire observée en 2004-2005 et 2009-2010. L'enjeu est alors de taille celui d'assurer la sécurité alimentaire d'une population pauvre et en forte croissance (3,3%) dans un environnement de plus en plus austère.

Pour y faire face, les autorités ont renforcé le dispositif de la sécurité alimentaire en multipliant des actions de développement de l'irrigation et l'amélioration des cultures pluviales par le recours à des techniques de collecte des eaux de ruissellement.

Aussi, le développement des cultures irriguées ainsi que la maîtrise et la mobilisation des ressources en eau tant de surface que souterraine constituent aujourd'hui la seule alternative durable et crédible pour permettre au pays d'améliorer sa sécurité alimentaire et de garantir des revenus aux populations. A cet effet, l'Etat avec l'appui de ses partenaires techniques et financiers a multiplié les interventions dans ce sens en mettant en œuvre des programmes et projets d'irrigation et de construction des ouvrages hydrauliques.

3.2 Potentiel en terres et en eaux

Les ressources en terres

Le potentiel en terre irrigable globalement estimé à 270 000 ha (Tableau 1) et essentiellement concentré dans la vallée du fleuve, le long de la Komadougou, près du lac Tchad, les Dallols, les Goulbi, la Korama et les cuvettes oasiennes de Manga et de l'Aïr. Il faut noter que la reconnaissance de ce potentiel est très ancienne, incomplète et partielle. Elle ne concerne que les grands systèmes hydrauliques et ne prend pas en compte certaines avancées technologiques.

Les ressources en eau

Les ressources en eau du Niger sont très appréciables. On distingue les ressources en eau de surface et les ressources en eau souterraines.

Les **ressources en eau de surface** sont constituées essentiellement des écoulements provenant du fleuve Niger et de ses affluents de rive droite, et un peu du reste du réseau hydrographique (voir tableau ci-dessous). Le fleuve qui traverse le pays sur environ 550 km, connaît à Niamey ses plus hautes eaux en janvier/février et ses étiages en mai/juin/juillet. Depuis la sécheresse de 1970 on observe un changement important dans son régime avec un débit de 0,4 m³/sec juillet 1974 et zéro en juin 1985. Sur les quinze dernières années (1994-2010), l'apport annuel moyen observé à Niamey est de 27,2 milliards de m³ en capacité de stockage.

Les écoulements dans le reste du réseau hydrographique, aussi tributaires des pluies, durent plus ou moins longtemps selon la taille du bassin versant et l'importance des pluies. Ils subissent également les conséquences néfastes de séries de sécheresses et du changement climatique.

Ainsi les ressources en eau de surface, qui étaient de l'ordre de 32 milliards de mètres cubes dans les années 60, sont tombées durant la dernière décennie à 29 milliards de mètres

cubes. Mais à celles-ci il faudra ajouter les mares et retenues d'eau superficielle (barrages) qui constituent une ressource en eau exploitable à des fins d'abreuvement du bétail, d'irrigation (surtout de petite irrigation) et de pisciculture. On dénombre plus de 1000 mares (temporaires et permanentes) mais dont très peu ont fait l'objet d'étude ou de suivi hydrologique. Pour les barrages on en compte plus de cent vingt totalisant près de 900 millions de m³.

Les **ressources en eau souterraines** sont très importantes. Elles sont constituées par : (i) des ressources renouvelables dont le volume annuel est estimé à quelques 2,5 milliards de m³. Ces ressources qui sont contenues dans les aquifères du quaternaire et du continental terminal sont liées aux écoulements annuels et dont le renouvellement dépend la pluviométrie. Moins de 20% sont exploités par l'hydraulique urbaine et la petite irrigation; et (ii) des ressources non renouvelables qui constituent une énorme réserve d'environ 2000 milliards de m³ d'eau. Une partie infime est exploitée par les sociétés de prospection minière.

Les principaux aquifères sont contenus dans les formations sédimentaires des domaines du Niger occidental et du Niger oriental. Il faut néanmoins relever l'existence dans le socle cristallisé des aquifères. La quasi-totalité des formations a été sondée mais peu d'entre elles ont fait l'objet de mesures systématiques.

Tableau 1 : Répartition du potentiel hydro-agricole par unité physique homogène

Unité physique	Volume d'eau de surface utilisable (10 ⁶ m ³)	Superficies irrigables estimées (ha)
Vallée du Fleuve	27 228	142 450
<i>Cuvette</i>		32 450
<i>Terrasse</i>		110 000
Ader-Doutchi-Maggia		28 200
<i>Maggia</i>	123	10 840
<i>Keita</i>	100	11 010
<i>Badéguichiri</i>	30	2 230
<i>Plaine de Konni</i>	-	2 600
<i>Tadis de Tahoua</i>	30	1 500
Tarka	140	7 000
Goulbis		10 430
<i>Gabi</i>	ND	230
<i>Maradi</i>	80	8 100
<i>Kaba</i>	20	2 100
Dallols		39 000
<i>Bosso</i>	200	
<i>Maouri</i>	250	
Korama	200	10 000
Plaine de l'Aïr et oasis du Nord	ND	10 000
Komadougou, lac Tchad et cuvettes oasiennes de Mainé	500	20 000
TOTAL	29 728	270 000

Source : Schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eau : MHE Avril 1999, Séries/ Direction des Ressources en Eau /Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement MHE

Etude du plan de développement de l'utilisation des ressources en eau au Niger : SOGREAH/BRGM Nov. 1981 ND : non déterminé.

3.3 Politiques et stratégies

Dans ce qui suit, il sera considéré le secteur rural dans lequel se trouve le sous-secteur de l'agriculture irriguée, et le secteur de l'eau qui constitue un secteur support indispensable au développement de l'irrigation.

Domaine de l'agriculture

Le développement rural a, de façon constante, été au cœur des préoccupations des responsables politiques au Niger. Les interventions dans le secteur rural sont cadrées par la Stratégie de Développement Rural (SDR) dont l'objectif général est de réduire l'incidence de la pauvreté en milieu rural de 66% à 52% à l'horizon 2015. Le sous-secteur de l'irrigation figure en bonne place dans cette stratégie qui fait de la mobilisation et de la maîtrise de l'eau pour l'irrigation une des principales actions à promouvoir, afin de lutter efficacement contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté.

Élaborée en 2001, la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation et de la Collecte des Eaux de Ruissellement (SNDI/CER), a été mise à jour en 2005, et constitue le cadre de mise en œuvre du sous-programme Infrastructures hydro-agricoles de la SDR. Cette stratégie d'irrigation vise une augmentation de la contribution de l'agriculture irriguée dans le PIB agricole de **14% en 2001 à 28 % en 2015**, à travers notamment la mise en place d'un mécanisme d'incitation favorable à la promotion et au développement de l'irrigation privée. Le rôle pressenti pour le secteur public est d'assurer la gestion durable des terres, la gestion des ressources en eau et le renforcement des agences publiques dont le mandat consiste à supporter le développement du privé et l'amélioration de la productivité de l'agriculture irriguée.

De façon spécifique le développement de l'irrigation et de la collecte des eaux de ruissellement vise :

- **à court et moyen termes à :** (i) l'amélioration de la productivité des aménagements et la diversification des productions en vue de rentabiliser les investissements ; (ii) la consolidation et l'augmentation des superficies irriguées.
- **à plus long terme à :** (i) la professionnalisation de la gestion des aménagements; et (ii) la promotion de la gestion rationnelle des ressources naturelles pour l'irrigation.

Aussi, la généralisation de l'irrigation privée et la professionnalisation des acteurs constituent les deux principes directeurs de la vision à long terme du développement de l'irrigation (Horizon 2015). Cela sous-entend une irrigation :

- essentiellement impulsée et gérée par les opérateurs eux-mêmes (le rôle de l'Etat devant être recentré à terme sur ses fonctions régaliennes);
- à faible coût, tournée vers la maîtrise et l'économie de l'eau, qui valorise suffisamment le rapport coût/bénéfice en termes de rentabilité;
- durable et respectueuse de l'environnement.

Pour l'atteinte de ses objectifs, la SNDI/CER repose sur les trois (3) principaux axes suivants :

Axe 1 : Instaurer un cadre d'incitation à l'investissement et à la promotion de l'irrigation privée, et valoriser les investissements ;

Axe 2 : Conduire une gestion intégrée durable du capital productif ;

Axe 3 : Définir les rôles et renforcer les capacités des institutions publiques et des

organisations privées impliquées dans le développement de l'irrigation et de la collecte des eaux de ruissellement.

La mise en œuvre de la stratégie de développement de l'irrigation pour l'atteinte de cet objectif concernera aussi bien les grands périmètres irrigués que la petite irrigation et la collecte des eaux de ruissellement. Elle va se focaliser principalement sur :

- les actions juridiques et institutionnelles à travers la mise en place des cadres de concertation, l'interprofession et l'adaptation du régime juridique de la terre et de l'eau ;
- les actions d'aménagement et de gestion hydraulique avec la restructuration et la réhabilitation des aménagements hydro-agricoles (AHA), la création des AHA et le développement de la petite irrigation ;
- la valorisation agricole des investissements par l'optimisation de la gestion de l'eau, l'amélioration de l'intensité culturale, les opérations post récoltes et le renforcement du système de vulgarisation ;
- les actions de facilitation pour l'accès au financement de l'irrigation, aux intrants et l'information économique ;
- la préservation du capital productif à travers des actions conjuguées d'aménagements antiérosifs et le suivi des ressources;

Un plan d'action à échéance 2015 a été élaboré, intégré au plan d'action de la SDR.

Domaine de l'eau

Sur le plan de l'hydraulique, l'Etat a élaboré et adopté le schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eaux, le document de Politique et Stratégies pour l'Eau et l'Assainissement, et le Code de l'Eau comme principal cadre juridique. Ces documents donnent les grandes orientations dans le secteur de l'eau en adoptant la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) comme approche fondamentale pour la valorisation et la sécurisation des ressources en Eau au Niger. Pour cela ces documents prévoient comme cadre physique d'intervention des Unités de Gestion des Eaux (UGE), sept au total, et dans le cadre institutionnel une Commission Nationale pour l'Eau et l'Assainissement (CNEA) et des Commissions Régionales pour l'Eau et l'Assainissement (CREA). La CNEA, comme les CREA, est un organe consultatif et de concertation au sein duquel siègent les délégués des différents acteurs dont les OP et les coopératives des AHA, et qui est chargée de piloter la politique de l'eau et de l'assainissement dans cette optique de la gestion intégrée des ressources en eau.

De façon spécifique, le schéma Directeur et le document de Politique et Stratégies prônent pour un développement soutenu de l'irrigation dans un objectif de sécurisation alimentaire, d'intensification des cultures et de diversification des systèmes de production. Le développement de l'irrigation se réalisera à travers les opérations de maîtrise des eaux, l'extension des grands périmètres et la promotion de la petite irrigation privée.

Quant au Code de l'Eau il stipule :

Article premier : la présente ordonnance porte code de l'eau au Niger.

Elle détermine les modalités de gestion des ressources en eau sur toute l'étendue du territoire de la République du Niger. Elle précise aussi les conditions relatives à l'organisation de l'approvisionnement en eau des populations et du cheptel, d'une part, et celles relatives aux aménagements hydro agricoles, d'autre part.

Article 81 : concernant l'hydro-agricole, l'approvisionnement en eau est géré par le promoteur individuel ou en association dans le cas d'une infrastructure collective. Les modalités d'organisation, de gestion et de financement concernant les aménagements hydro agricoles seront précisées par voie réglementaire.

En dehors de ces documents de politiques et de stratégies consacrés à l'agriculture irriguée ou partiellement dédié à celle-ci, il faut noter l'existence d'autres stratégies sectorielles dont l'apport pour le développement de l'irrigation n'est pas à négliger. A titre d'exemple on peut citer la SIAD, Stratégie d'accès aux services énergétiques modernes, la micro-finance.

Il est aisé de constater que l'agriculture irriguée au Niger évolue dans un cadre politique et stratégique propre et demeure aussi accompagnée par d'autres orientations stratégiques. Ce choix politique et stratégique porté sur l'irrigation est dû sans aucun doute à la précarité climatique qui rend aléatoire les productions pluviales, et à l'apport des productions végétales irriguées dans la sécurité alimentaire et dans les recettes d'exportation.

3.4 Principaux acteurs

Le sous-secteur de l'irrigation fait intervenir plusieurs structures publiques et privées. Les principaux acteurs sont :

Ministère de l'agriculture et de l'élevage (MAE)

- la Direction Générale du génie rural: elle a pour mission spécifique l'élaboration, l'application et le suivi de la politique nationale en matière d'aménagement des terres et de la mobilisation des eaux à des fins agro-sylvo-pastorales et des activités connexes. Elle est chargée de l'élaboration des études techniques et du contrôle de l'exécution des plans et programmes relatifs à : i) l'aménagement hydraulique (hydraulique agricole, aménagement des mares, bas-fonds et cours d'eau, barrages, seuils d'épandage) ; ii) la conservation des eaux et des sols, la défense et restauration des sols ; iii) drainage et remembrement des terres agricoles et pastorales.
- l'Office national d'aménagements hydro-agricoles (ONAHA), a été créé en 1978 pour contribuer à l'exercice par l'Etat de ses compétences en matière d'aménagements Hydro-agricoles. L'Office a un statut d'un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et d'une autonomie financière. Il avait pour mission initiale la responsabilité de la mise en valeur, de l'entretien et de l'exploitation des équipements et infrastructures des aménagements hydro-agricoles, et d'apporter l'appui – conseil nécessaire aux exploitants. A partir de 1982 suite au séminaire national sur « les stratégies d'intervention en milieu rural » et le désengagement de l'Etat, le rôle de l'ONAHA est réorienté, à travers un contrat-cadre, sur l'appui-conseil, la collecte des données relatives à la mise en valeur, du conseil et incitations relatifs à l'entretien des infrastructures et équipements hydrauliques et de l'assistance à la production de semences. En tant qu'entreprise, l'Office continue à réaliser des nouveaux aménagements et réhabiliter des périmètres existants, et jouer le rôle d'agence d'exécution des différents projets en assurant l'exécution et le suivi.
- la Direction Générale de l'Agriculture mène des actions d'appui-conseil sur les périmètres de cultures de contre saison non encadrés par l'ONAHA. Elle participe à l'élaboration et à la mise en œuvre des programmes de développement de l'agriculture irriguée.
- la Direction de l'Action Coopérative et de la Promotion des Organismes Ruraux est

responsable de la conception, l'élaboration et la mise en œuvre de la politique nationale en matière des organisations rurales à caractère coopératif et mutualiste. Elle propose et veille à la mise en application des textes législatifs et réglementaires régissant les organismes à caractère coopératif, mutualiste et associatif.

- l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN): il est chargé de conduire les programmes de recherche appliquée, dont les activités en ce qui concerne les cultures irriguées sont axées sur la relation eau-sol-plante, étude des sols sous irrigation, fertilisation des sols et la recherche de variétés de riz productives, tolérantes au froid et résistantes aux maladies. Il dispose d'un Département cultures irriguées.

Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et la lutte contre la désertification (MHELCD)

- la Direction des Ressources en eau: elle est responsable de la collecte et de l'analyse des informations relatives aux ressources en eau de surface et souterraines. Elle est chargée de l'inventaire, de la planification et du contrôle de l'utilisation des ressources hydrauliques. Elle est responsable de la diffusion des informations relatives aux ressources hydrauliques;
- la Direction Générale de l'Environnement : elle est chargée de la protection et de la restauration des ressources naturelles;

Les Organisations des Professionnels

- Comité Nigérien des Barrages (CNB)
- Association Nigérienne pour l'Irrigation et le Drainage (ANID)
- Association Nigérienne pour la Conservation des Eaux et Sols (ANCES)
- Centre de prestation des services (CPS) créé par le Programme d'Appui à la Filière Riz (PAFRIZ) qui offre de l'appui conseil aux coopératives rizicoles et maraîchers dans la zone du fleuve
- Bureaux d'Etudes
- Groupement des Services Conseils installés avec l'appui des Projets de promotion de l'irrigation privée phase 1 et 2

Les Organisations paysannes

- les coopératives des AHA elles sont responsables de gestion et de la mise en valeur des aménagements hydro agricoles et en assurent l'entretien des infrastructures et équipements des AHA. Elles sont organisées en unions puis en fédération.
- les autres organisations paysannes à savoir :
 - Association Nigérienne pour la Promotion de l'Irrigation Privée (ANPIP), Fédération Nationale des Coopératives Maraîchères (FNCM) sont des organisations faitières des exploitants des sites de la petite irrigation et de l'irrigation privée.
 - Le Réseau des Chambres d'Agriculture (RECA)

3.5 Typologies des aménagements

L'agriculture irriguée au Niger s'est développée selon les quatre types d'aménagement à savoir : i) les aménagements hydro-agricoles (AHA) par l'ONAHA ; ii) les périmètres de contre saison encadrés par les services agricoles ; iii) les périmètres individuels privés ; et iv) la collecte des eaux de ruissellement.

Les aménagements hydro-agricoles (AHA)

Les aménagements hydro-agricoles (AHA) sont des périmètres irrigués collectifs de moyenne ou grande taille conçus à maîtrise totale de l'eau. Ils ont été financés par l'Etat dans le cadre de sa politique de renforcement de l'autosuffisance alimentaire. Le coût d'aménagement varie de 6 à 10 millions de FCFA /ha, coût relativement élevé résultant des conditions topographiques des sites et du perfectionnement recherché dans la maîtrise et l'économie de l'eau nécessitant des canaux revêtus, des ouvrages et appareillages de régulation, de distribution et de sécurisation, un planage fin, etc.

On dénombre une soixantaine de périmètres totalisant une superficie de plus 13 998 ha installés dans les grandes unités à savoir :

- 7876 ha dans la vallée du fleuve Niger ; ce sont généralement des périmètres rizicoles endigués avec une ou plusieurs stations de pompage installées au bord du fleuve qui alimentent un réseau d'irrigation comportant des canaux revêtus et complété par un réseau de drainage et de circulation ;
- 3917 ha dans l'Ader-Doutchi-Maggia : périmètres aménagés avec un réseau d'irrigation en canaux bétonnés, installés l'aval de retenues collinaires qui constituent la source d'alimentation en eau. L'irrigation est gravitaire depuis la retenue jusqu'à la parcelle ;
- 530 ha dans la vallée du Goulbi : périmètres irrigués à partir des forages agricoles avec un réseau d'irrigation du type californien ou en canaux bétonnés ; et
- 1550 ha dans la vallée de la Komadougou : périmètres aménagés et irrigués par pompage avec un réseau d'irrigation du type californien ou en canaux bétonnés. Le pompage se fait en rivière souvent combiné à l'exploitation complémentaire de forages agricoles.

Ces périmètres sont exploités par des paysans organisés en coopérative et encadrés par l'ONAHA (les modalités de mise en valeur et de gestion sont fixées par la loi n° 60-28 du 25 mai 1960). A ce titre l'ONAHA a la responsabilité du suivi de la mise en valeur, de l'entretien et de l'exploitation des équipements et infrastructures des aménagements hydro-agricoles.

La riziculture est la culture dominante pratiquée sur environ une superficie de 8000 ha et en 2 campagnes par an. En second rang viennent les cultures du blé, poivron, l'oignon et d'autres cultures maraîchères. La productivité est généralement assez élevée et, l'intensité des cultures a presque atteint les 200 % pour les périmètres rizicoles. L'intensité des autres périmètres a, quant à elle, atteint environ 120 %.

Les AHA ont connu un essor important au cours des années 70-80 marquées par des sécheresses et une volonté politique affirmée visant l'autosuffisance alimentaire. Plus de 80% de périmètres ont été réalisés entre 1977 et 1990. Sous l'appui-conseil rapproché de l'Etat (ONAHA) et avec un appui intensif des Partenaires Techniques et Financiers (PTF), les AHA ont enregistré de très bonnes performances jusqu'au début des années 1990. Les rendements en riziculture ont atteint 5 à 6 t/ha/campagne.

Les déséquilibres économiques et la détérioration des finances publiques ont entraîné des réformes avec le désengagement de l'Etat de plusieurs secteurs d'activités. Les principales répercussions de ces réformes sur les AHA sont la réduction du service de l'ONAHA par insuffisance des moyens, et le transfert de la gestion aux coopératives. L'ONAHA intervient alors dans le cadre d'un contrat-cadre centré autour de l'appui-conseil, la collecte des données relatives à la mise en valeur, du conseil et des incitations relatives à l'entretien des infrastructures et équipements hydrauliques et de l'assistance à la production des semences. Dès lors l'ONAHA n'avait plus compétence pour imposer les travaux et actions nécessaires à l'entretien des aménagements et l'amélioration de la productivité.

Le système a bien fonctionné pendant les premières années de ces réformes mais avec la persistance des difficultés dans les finances publiques et la vague de changements politiques du début des années 1990 avec l'avènement du multipartisme, de graves difficultés de gestion financière et hydraulique ont apparu affectant négativement les performances des AHA. Les rendements ont chuté, les coopératives fortement endettées et les infrastructures d'irrigation détériorées.

La mauvaise gestion qui s'est alors installée, surtout autour des infrastructures hydrauliques, a entraîné une réticence des bailleurs de fonds à financer de nouveaux aménagements. Toutefois eu égard aux grands investissements réalisés et au rôle que jouent les AHA dans la lutte contre la pauvreté en milieu rural et dans la recherche de la sécurité alimentaire des populations par l'augmentation significative de la production agricole, notamment rizicole, toutes les parties prenantes, Etat, Partenaires Techniques et Financiers (PTF), et les coopératives, se sont mobilisées pour la recherche des solutions.

Pour ce faire, des réflexions en vue de la redynamisation des AHA y compris l'environnement institutionnel ont été engagées. Elles ont abouti à l'élaboration de plusieurs études, programmes et plans d'action. L'exercice de réflexion a continué avec l'adoption de la SNDICER en 2005 et tout dernièrement en 2007 l'étude d'évaluation des performances des aménagements hydro agricoles sous encadrement ONAHA et son plan d'actions, et la revue sous sectorielle de l'irrigation conjointement menée avec la Banque Mondiale.

Toutes ces études, programmes et plans d'action demeurent pertinents mais la mise en œuvre opérationnelle est restée timide.

Les interventions de Partenaires Techniques et Financiers se sont beaucoup focalisées sur l'appui organisationnel, les réhabilitations physiques (là même très timide) et des actions pilotes de gestion déléguée de l'eau conduite sur une dizaine de périmètres. Ces tests ont abouti à des résultats positifs tels que l'acceptation de la séparation de la redevance hydraulique du reste de la redevance, la mise en place des Associations d'Usagers de l'Eau mais la question de la prise en charge du coût de prestation du Responsable de Gestion de l'Eau et du type d'organisation à assurer cette délégation n'a pas eu de solution. A ces actions de réhabilitation, il faut ajouter la réalisation de quelques aménagements de petite taille (moins de 50 ha) à travers des projets intégrés mis en œuvre (PADL Diffa).

En revanche, du côté de l'Etat on assiste à la relance de la construction des nouveaux aménagements sur fonds propres à travers le Programme Spécial du Président de la République (PS/PR) et le Programme de Vulgarisation des Cultures Irriguées (PVCi). Dans le cadre du PVCi démarré en 2007 six (6) nouveaux périmètres ont été réalisés ou en cours pour une superficie de 850 ha et la construction de 2 barrages pour un coût global de 8,428 milliards de francs CFA.

Le PS/PRN dans son volet mini barrages/aménagements hydro-agricoles a permis de réaliser (5) périmètres totalisant une superficie de 505 ha. Le PS/PRN a beaucoup plus mis l'accent sur la construction des ouvrages de mobilisation et de maîtrise des eaux de surfaces (69 seuils d'épandage, 51 mini barrages) qui améliorent toutefois les conditions de développement de l'irrigation.

La construction de ces ouvrages est d'ailleurs une des options stratégiques prises par l'Etat depuis 1997 avec l'accompagnement des PTF notamment la BAD, la BADEA, la BID et l'Union Européenne.

Enfin, les orientations issues de différentes réflexions de redynamisation des AHA, notamment celles concernant la gestion de l'eau, n'ont été pas mises en œuvre sur les nouveaux aménagements par insuffisance de résultats de tests soit par manque de volonté politique ou à cause des coûts de mise en œuvre des réformes.

Dans tous les cas ces réformes sont fondamentales et nécessaires pour rendre viables ce type d'aménagement qui d'ailleurs trouve le soutien des autorités à travers les fonds qu'elles y injectent et le murissement des réflexions sur ce sujet. La prise de conscience des exploitants sur certains périmètres avec des initiatives propres pour asseoir une bonne gestion (amende, trait de parcelle) constitue de bons exemples pour tout périmètre à réhabiliter ou à créer.

Périmètres de contre-saison (PCS)

Les sites de cultures de contre saison sont en général des périmètres à maîtrise partielle de l'eau (sauf dans de rares cas), irrigués à partir des puits, rivières et mares, ainsi que la culture de décrue. Ils sont généralement constitués des petites parcelles individuelles ; on les trouve sur l'ensemble du pays. Le système d'exhaure est soit manuel (puisette, dalou, pompe à pédales) soit motorisé (motopompe). Le transport/distribution de l'eau se fait dans la plus part de cas par canaux en terre, arrosoir ou bassins inter reliés par tuyau avec arrosoir.

Les sites de cultures de contre saison ont été multipliés à partir de 1984 avec l'appel des pouvoirs publics à leur généralisation pour lutter systématiquement et chaque année contre les effets de la sécheresse. Les investissements ont généralement porté sur le captage et la clôture, et dans certains cas sur les systèmes d'exhaure et de distribution. Le coût à l'hectare varie de 1 à 4 millions FCFA dont 10 à 30% représente la contribution physique des bénéficiaires. Ils couvrent une superficie totale de près de 70 000 ha.

Ces périmètres sont encadrés par les services agricoles, les ONG et les projets. Leur gestion est assurée par les exploitants : collectivement pour l'eau et individuellement pour la production agricole. Les cultures maraîchères demeurent les cultures les plus dominantes.

Du fait de revenus qu'ils permettent d'obtenir, les périmètres de culture de contre saison sont de plus en plus exploités même en année de bonne campagne d'hivernage. Le Ministère en charge de l'agriculture à travers la Direction Générale de l'Agriculture prépare chaque année un programme d'appui à la mise en valeur de ces sites. Il s'agit le plus souvent d'un programme d'appui en semences potagères, en matériels aratoires et quelquefois avec des motopompes. Ce programme est financé par l'Etat et les Partenaires Techniques et Financiers principalement la FAO. Mais cet appui est très important en année de mauvaise campagne agricole pluviale.

L'irrigation privée

L'irrigation privée est essentiellement constituée des périmètres individuels privés, de petite taille (moins de 1 ha à quelques hectares pour les périmètres les plus importants), à maîtrise totale de l'eau utilisant aussi bien les eaux de surface que les nappes phréatiques. Ce type d'aménagement occupe quelque 18 000 ha repartis sur l'ensemble du pays. Ils y sont pratiqués l'arboriculture, le maraîchage et la riziculture. La productivité et l'intensité culturale sont généralement élevées.

Les coûts d'aménagements relativement réduits sont supportés de bout en bout par les promoteurs eux-mêmes. L'hectare aménagé coûte entre 1 million à 2,5 million de FCFA, relativement faible par rapport aux aménagements collectifs étatiques.

En matière d'encadrement, l'irrigation privée a été pendant longtemps ignorée par les dispositifs étatiques classiques appui-conseil (recherche, vulgarisation agricole et hydraulique). Mais au vu de sa rentabilité et de son apport dans la sécurité alimentaire du pays et dans la lutte contre la pauvreté l'irrigation privée est véritablement intégrée dans la politique de l'Etat avec l'élaboration et la validation en juin 1990 d'un document-cadre de développement. Les irrigants privés se sont organisés en créant l'ANPIP. Aussi, avec les problèmes persistants de gestion auxquels sont confrontés les AHA, le soutien en faveur de l'irrigation privée devient de plus en plus important.

L'Etat et les Partenaires Techniques et Financiers ont alors mis en œuvre plusieurs projets : le PPIP, le PBVT, ASAPI, le PSSA et le PIP 2. C'est surtout le PIP2, financé par la Banque Mondiale, qui a boosté le développement de l'irrigation privée. Le projet a facilité l'accès aux équipements, intrants et à l'appui-conseil en créant un environnement favorable (installation des boutiques d'intrants, émergence des prestataires divers). Avec le système de subvention à coût partagé « matching grant », le projet a financé 4 435 dossiers de sous projets à la demande pour un montant total de près de 16 milliards de francs CFA. Enfin le PIP2 a permis la diffusion de 10 870 groupes motopompes de 3.5 à 5 CV et de 7809 pompes manuelles « niyya da kokari ».

Partant de la vision de promotion des irrigants privés, l'Etat a élaboré le Programme de Lutte contre l'Insécurité Alimentaire par le Développement de l'Irrigation (PLIADI) qui est un des quatre programmes prioritaires de la Stratégie de Développement Rural (SDR). Ce programme vise la promotion des fermes modernes irriguées gérées par des privés. En attendant la mise en œuvre de ce programme, de grandes exploitations agricoles commerciales irriguées ont été installées par des promoteurs privés. Mais à l'heure actuelle la superficie qu'elles occupent ne dépasse pas 1 000 hectares.

Les tableaux 2 et 3 suivants donnent (a) la répartition des superficies aménagées et irrigables par région et (b) le niveau de mise en valeur dans chaque type d'aménagement.

Tableau 2 : Répartition des superficies irrigables et les superficies aménagées par région

REGION	SUPERFICIE (ha)		Taux d'aménagement %
	POTENTIEL	IRRIGUEE	
Agadez	12 920	4 438	34
Diffa	20 000	10 176	51
Dosso	81 450	16 710	21
Maradi	10 430	4 843	46
Tahoua	35 200	16 856	47
Tillabéry	96 000	41 395	43
Zinder	10 000	3 450	35
C u n	4 000	2 281	57
TOTAL	270 000	100 148	37

Tableau 3 : Niveau de mise en valeur par type d'aménagement

Type d'aménagement	Superficie aménagée (ha)	Superficie exploitée (ha)	Taux moyen d'exploitation	Intensité culturelle
AHA (ONAHA):	13 998	13 003		
Fleuve Niger	7 876	7 088	90 %	2,0
ADM	3 917	3 760	96 %	1,3
Maradi	530	530	100 %	2,0
Komadougou	1 550	1 550	100 %	1,5
Vallées de l'Aïr et plaines & oasis du Nord	125	75	60 %	2,0
Irrigation privée	18 000	18 000	100 %	2,0
Périmètres de contre-saison	68 150	59 291	87 %	1,0
Total	100 148	90 294	90 %	

Source: DGGR

La collecte des eaux de ruissellement

La collecte des eaux de ruissellement permet d'améliorer la disponibilité de l'eau et l'amélioration des rendements de cultures à la parcelle par la réduction des écoulements et l'amélioration de l'infiltration. Une vingtaine de techniques individuelles et combinées sont mises en évidence. Les résultats observés montrent une réduction de l'érosion et un accroissement de la productivité des cultures pluviales de 40 à 50% selon les techniques utilisées.

Initiées dès les années 60 à travers des travaux de recherche-développement les techniques de collecte des eaux de ruissellement se sont généralisées sur l'ensemble du pays. Les plus couramment utilisées sont les demies lunes, les zaï, les tranchées, les banquettes, les seuils et les mini barrages. Les travaux sont réalisés avec une forte implication de la population qui participe physiquement à la réalisation (53 à plus de 90% de contribution). Les travaux sont généralement réalisés sur des sites collectifs (approche bassin versant), mais posent souvent

le problème de l'appropriation des ouvrages par les paysans et donc celui de la durabilité des actions (SNDICER). Les coûts d'aménagement qui sont fonction des techniques (parfois combinées), sont très faibles et varient de 20 000 à 400 000 FCFA/ha

Face aux effets néfastes de la désertification et de l'érosion hydrique, la collecte des eaux de ruissellement est systématiquement prise en compte dans la quasi-totalité de projets de développement rural. Avec le Programme Spécial plus de 10 650 hectares de terres traités, 69 seuils d'épandage et 51 mini barrages ont été construits. Du fait de la diversité des intervenants et le manque de coordination il n'existe pas de statistiques fiables sur les réalisations ; on estime à plus de 600 000 hectares de terres récupérées ou traités, une centaine de seuils d'épandage et mini barrages.

Rappel

On retiendra que les superficies aménagées, tout type d'aménagement confondu, sont estimées à plus de 100 000 ha. Les AHA sont des outils de productions porteurs mais les conséquences de la mauvaise gestion par les coopératives ont joué contre leur promotion contrairement aux autres types. La tendance aujourd'hui c'est la promotion de la petite irrigation surtout privée qui reçoit le plus d'appui des PTF. Cette forme d'irrigation a l'avantage d'être gérée individuellement et offre plus que les AHA la souplesse d'adaptation de la production aux exigences de marchés.

3.6 Cultures irriguées pratiquées

L'agriculture irriguée nigérienne est très diversifiée. Les cultures irriguées pratiquées se classent principalement en :

- céréales (riz, blé, maïs) ;
- cultures maraîchères : avec principalement l'oignon, le poivron, le chou, la tomate, courgette, aubergine, carotte et ail)
- tubercules (manioc, patate douce et pomme de terre)
- arboriculture (agrumes),
- légumineuses (niébé, dolique) et
- cultures diverses (canne à sucre, tabac et coton).

L'amélioration des techniques culturales et l'adoption de nouvelles technologies d'irrigation surtout dans le cadre de périmètres de contre saison et de l'irrigation privée, et l'amélioration de la pratique des cultures de décrue ont permis d'augmenter les rendements des certaines cultures notamment maraîchères et leur expansion dans le pays.

Selon les résultats des enquêtes menées par le Projet de promotion de l'Irrigation Privée phase (PIP2), l'augmentation de rendements est de l'ordre de 50% comme indiqués dans le tableau 4 suivant.

Tableau 4 : Rendements des quelques cultures

Cultures	Rendements de référence	Rendements 2005/06	Rendements 2006/07	Rendements 2007/08	Variation p/r référence
Oignon	26,0	40,8	37,7	40,9	57%
Poivron	11,4	19,4	14,5	18,4	62%
Tomate	20,0	24,9	27,6	31,9	59%
Chou	11,8	29,1	33,8	36,7	211%
Carotte	20,0	29,4	30,5	30,5	52%
Pomme de terre	15,8	13,9	21,2	26,7	70%
Patate douce	17,2	25,0	23,9	28,7	67%

Source : Rapport interne d'achèvement du PIP2, Décembre 2008

L'oignon, le poivron, la tomate sont aujourd'hui produits au-delà de leur zone de production traditionnelle, on les cultive un peu partout dans le pays. Avec l'introduction des variétés nouvelles adaptées certaines cultures sont pratiquées tout le long de l'année.

Les enquêtes menées entre novembre 2005 et avril 2006 dans le cadre du Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel (Volume IX Résultats définitifs Horticulture, mars 2008) donnent les productions : oignon 560 782 tonnes, poivron 17 713 tonnes, tomate 50 364 tonnes, pomme de terre 18 894 tonnes, manioc 27 297 tonnes et produits arboricoles 270 061 tonnes.

Pour le riz, essentiellement produit dans la vallée du fleuve Niger, la production moyenne sur les dix dernières années est évaluée à 58 000 tonnes de paddy et le rendement moyen est de 4,3 t/ha/campagne. Les variétés utilisées sont l'IR 1529 et la BG 90-2. En collaboration avec l'INRAN le PAFRIZ a introduit le NERICA sur les périmètres rizicoles du fleuve. L'exploitation en riz des superficies aménagées est fortement liée à la disponibilité en eau et en engrais. Tant qu'ils n'ont pas la garantie d'acquiescer les engrais, les riziculteurs exploitent moins de superficie afin de minimiser le risque de chute ou même de perte de production.

3.7 Technologies développées

Dans ce qui suit il sera seulement question des technologies d'irrigation.

Le captage

- Captage direct sur les eaux de surface : les techniques développées sont l'aménagement d'un ouvrage de prise, l'aménagement d'une chambre de captage ;
- Captage des eaux souterraines : au moyen des puits, des forages (profonds, moyenne profondeur, forage manuel). Les forages sont le moyen de captage le plus utilisé au niveau de la petite irrigation. Ils ont été largement diffusés au cours des deux dernières décennies par des projets de petite irrigation (PSSA, PBVT, PIP2). On dénombre plus de 18 000 forages manuels et une quarantaine d'équipes spécialisées.

L'exhaure

- Exhaure manuelle : puisette, chadouf ou monte -eau avec un contrepoids, le dalou (exhaure à traction animale sur puits), pompe manuelle à pédales ;
- Exhaure motorisée : motopompe, électropompe de surface (eau de surface) ou immergée (dans le forage, chambre de captage au niveau des stations de pompage le long du fleuve). Les électropompes sont des équipements des aménagements hydro agricoles encadrés par l'ONAHA. La pompe manuelle et la motopompe ont été promues par les projets de petite irrigation. On les rencontre très fréquemment sur les petits périmètres privés.

L'utilisation du solaire et de l'éolienne n'est pas développée. Les quelques installations qui existent ne sont pratiquement pas fonctionnelles.

Le transport/distribution d'eau est assuré par :

- Réseau d'irrigation avec des canaux revêtus à ciel ouvert de forme trapézoïdale ; on le rencontre sur la plus part de périmètres encadrés par l'ONAHA (AHA) ;
- Réseau d'irrigation du type californien : ce type de réseau a une grande efficacité, relativement facile à être installé et permet de bien contrôler l'usage de l'eau. C'est l'équipement courant sur les périmètres d'irrigation privée ; on en trouve sur certains anciens AHA (4 AHA, 489 ha). C'est une option de plus en plus retenue sur les nouveaux AHA, californien intégral ou combiné à des canaux en terre ou revêtus ;
- Système de distribution goutte à goutte (exemple du site de Winditan/Filingué)

3.8 Financement

Le financement de l'agriculture irriguée est en grande partie assuré par l'Etat avec l'appui des PTF. Le financement se fait à travers des programmes et projets localisés ou d'envergure régionale ou nationale. L'Etat finance entièrement les grands aménagements (AHA) et la collecte des eaux de ruissellement, contribue fortement au financement des sites de culture de contre saison.

Le financement de l'irrigation privée est pris en charge par le promoteur privé qui reçoit une subvention de l'Etat ou d'autres partenaires.

Sur la période 1999-2010 plusieurs projets ont été mis en œuvre dont la plus part sont de projets de petite irrigation et de mobilisation des eaux de ruissellement. Près de 110 milliards de FCFA ont été injectés dans le sous-secteur dont plus de 80% dans la petite irrigation et la collecte des eaux de ruissellement. Pour assurer l'autofinancement l'Etat a soutenu l'émergence des institutions de la micro-finance proches et accessibles aux producteurs en général et aux irrigants en particulier. Sur la période intermédiaire 2007-2010 le montant du financement est de plus de 43 milliards de FCFA. Au cours de cette période l'Etat a initié sur fonds propres un programme de vulgarisation des cultures irriguées pour lequel plus de 8 milliards de fcfa ont été mobilisés de 2007 à 2010 pour La réalisation de 6 aménagements hydro agricoles AHA totalisant 850 ha et la construction de 2 barrages à vocation agricole.

Ainsi, malgré les difficultés économiques et financières que connaît le pays, le financement mobilisé a été très important sur la période avec une grande part affectée à la petite irrigation

et la collecte des eaux de ruissellement. Cela démontre la place stratégique réservée au sous-secteur et l'engagement de l'Etat à appuyer l'irrigation.

Ces investissements ont permis, au-delà de l'extension des superficies, de l'augmentation des rendements et de la diversification des cultures, de créer une véritable dynamique de développement surtout au niveau de la petite irrigation privée. De même, grâce à un effort soutenu de renforcement de capacités, on observe aujourd'hui qu'une dynamique de professionnalisation avec création d'interprofession et de structuration des organisations de producteurs en coopératives, unions, fédérations et plates-formes est en cours.

3.9 Performance enregistrée

Comme dit plus haut l'agriculture irriguée a bénéficié d'importants financements qui ont permis d'aménager plus de 100 000 ha tout type d'irrigation confondu répartis sur l'ensemble du pays et de construire près de 500 ouvrages de mobilisation des eaux de ruissellement (seuils d'épandage et barrages).

Des technologies adaptées d'irrigation ont été développées et adaptées créant ainsi des conditions de mise en valeur très favorables pour les irrigants de plus en plus organisés. A cela il faudra ajouter l'utilisation de la traction animale pour le travail du sol, l'adoption des techniques de fertilisation des sols (micro dose et apport de l'engrais au poquet) et l'introduction des nouvelles variétés résistantes et à haut rendement de riz, tomate, oignon, poivron, etc. C'est donc près de 90 % de terres aménagées qui sont mises en valeur avec une intensité culturale de 200% sur les périmètres de l'irrigation privée et sur les AHA des vallées du fleuve et du goulbi et des rendements obtenus relativement élevés (plus de 4 t/ha/campagne pour le riz et de l'ordre de 40 t/ha d'oignon).

La production ainsi résultante représente 10 à 15% de production agricole du pays. En effet, La production annuelle moyenne en riz paddy irrigué est de l'ordre de 58 000 tonnes. Pour les tubercules et les cultures maraîchères la production est estimée à 944 267 tonnes (RGAC, Volume IX Résultats définitifs Horticulture, mars 2008).

Cette production en cultures irriguées est relativement importante au vu de la superficie mise en valeur (90 000 ha) pratiquement négligeable devant les 6 à 7 millions d'ha exploités en pluvial.

De par le volume et la diversité de sa production, l'agriculture irriguée contribue non seulement à la sécurité alimentaire mais constitue aussi une importante source de revenus pour les producteurs qui pratiquent cette activité. Environ 450 000 foyers d'exploitants agricoles (riziculteurs, maraîchers) représentant plus deux millions de personnes, participent à la production de cultures irriguées sans compter ceux, moins nombreux, qui en amont fournissent intrants et services (526 artisans formés et équipés et 42 équipes spécialisées en forages manuels dans le cadre du PIP2), et en aval s'occupent du traitement, de la manutention, de la commercialisation, de la transformation, de la conservation, et du transport (comptoir de commercialisation d'oignon de Tsernaoua/Tahoua, usine privée de tri et d'emballage d'oignon d'une capacité de 60 000 tonnes à Niamey).

Les cultures irriguées ont permis aux ménages d'augmenter leurs revenus. Ces revenus sont plus importants au niveau des irrigants privés. Par exemple dans le cadre du PIP2 la marge nette se situe au-dessus de 2 millions de F/Ha pour la majorité des productions irriguées intensives. Elle est de 3 025 818 FCFA/ha pour l'oignon, 1 966 355 FCFA/ha pour le poivron

et 3 311 262 FCFA/ha pour la tomate.

Sur le plan national en plus des emplois directs et indirects (activités connexes à l'irrigation), les cultures irriguées contribuent de manière importante à l'économie avec 90 % des revenus des exportations de l'ensemble des productions végétales. En 2007, l'oignon seul représentait un peu plus de 80% des exportations des produits agricoles soit une recette d'exportation de 13 milliards de FCFA.

3.10 Contraintes

Les principales contraintes liées au développement de l'irrigation sont :

Plan institutionnel et juridique

- la faiblesse structurelle des capacités internes de financement des OP ;
- le manque de concertation et de coordination entre les différents intervenants ;
- l'insuffisance de coordination locale des services déconcentrés ;
- l'absence d'organisations interprofessionnelles opérationnelles et actives ;
- le corpus législatif est incomplet dans le domaine foncier. Les textes en vigueur ne donnent pas suffisamment de sécurité et de flexibilité pour encourager l'investissement privé dans le secteur de l'irrigation ni même le développement d'un marché foncier. De même, les textes qui régissent actuellement l'exploitation des AHA ne favorisent pas leur bonne maintenance et l'accès au financement auprès des banques commerciales.

Plan technique

- l'absence de schémas d'aménagement détaillés par unité physique (bassin versant) ;
- les faibles capacités du secteur privé à assumer certaines activités (gestion de l'eau) ;
- la dégénérescence des semences ;
- l'étiage précoce et sévère du fleuve ;
- des ressources en eau dont la mobilisation est souvent difficile et onéreuse ;
- le faible niveau d'encadrement dû à l'insuffisant des moyens des structures d'appui-conseil ;
- la trop grande dépendance des financements extérieurs des programmes de recherche ;

Financement

- le système bancaire est très peu développé et réticent pour financer l'agriculture en général et le sous-secteur de l'irrigation en particulier. L'obtention de crédit sur le marché est particulièrement difficile ;
- les Institutions de Micro Finances sont financièrement limitées pour couvrir les besoins des demandes de producteurs ;
- la faible capacité financière des irrigants.

Economique

- l'insuffisance et mauvais état des infrastructures de désenclavement (en dépit de l'effort conséquent qui a été fait au niveau du réseau national et inter-régional) et des moyens de transport ;
- la faible capacité de stockage, de conservation et de transformation ;

- les difficultés d'approvisionnement en engrais de qualité et en quantité.

Environnemental

- le décalage entre l'ampleur des phénomènes érosifs et le niveau des interventions;
- l'ensablement des AHA par des cours d'eau qui se développent ou ont déjà vu le jour

IV. Perspective de développement de l'irrigation

Le Niger est un pays en plein cœur du Sahel avec une économie dominée par les activités agricoles et pastorales. Deux défis majeurs restent alors posés :

- 1) défi de la sécurité alimentaire ;
- 2) défi de la réduction de la pauvreté fortement installée en milieu rural.

Pour y faire face, le pays s'est doté d'un cadre de référence pour son développement économique et social qui est la Stratégie de Développement accéléré et de Réduction de Pauvreté (SDRP). Elle fait du secteur rural le moteur de croissance économique, secteur qui reste dominé par l'agriculture et l'élevage mais largement tributaires des aléas climatiques. C'est pourquoi, dans ce contexte d'incertitudes climatiques, la Stratégie de Développement Rural (SDR) cadre de référence pour toute intervention en milieu rural, a fait du développement de l'agriculture irriguée un axe prioritaire.

A cet effet, le plan d'action de la SDR défini pour l'horizon 2015 prévoit annuellement pour l'agriculture irriguée :

Aménagements hydro agricoles modernes :

- 1000 ha de périmètres nouveaux;
- 1000 ha réhabilités sur les périmètres existants;
- 2 000 fermes agropastorales totalisant 14200 ha à créer.

Construction des ouvrages de mobilisation des eaux

- 5 barrages et 16 seuils d'épandage;
- 5 ouvrages de prise et 200 puits et forages agricoles.

En plus de ces actions structurantes, le plan d'action prévoit la mise en œuvre d'un certain nombre d'actions tant institutionnelles, organisationnelles que juridiques.

La mise en œuvre de ce plan a été timide et a concerné beaucoup plus la petite irrigation et la mobilisation des eaux. Des études et réflexions ont été conduites et ont réaffirmé la nécessité d'une agriculture irriguée soutenue et viable. La voie à suivre donc est claire car le plan SDR, le Programme National d'Investissement Agricole (PNIA) qui fera bientôt l'objet d'un business meeting ainsi que les orientations issues de ces études et réflexions constituent la base solide du développement de l'irrigation.

C'est dans cet esprit que les autorités du pays se sont engagées pour la mobilisation de financement nécessaire à la réalisation des actions tant institutionnelles, organisationnelles que physiques. Ces actions concerneront tous les types d'irrigation définis plus haut avec un accent particulier qui portera sur la professionnalisation de cette agriculture. Aussi, la mise en œuvre du plan d'action va continuer avec un focus sur :

- Le Programme de Lutte contre l'Insécurité Alimentaire par le Développement de l'Irrigation (PLIADI) un des programmes prioritaires de la SDR, présenté à la Conférence de Doha organisée en 2007, prévoit la mise en place des fermes agrosylvo-pastorales modernes gérées par leurs promoteurs. L'organisation de la Conférence Islamique qui, suite à la conférence, est chargée d'appuyer le Niger dans la mise en œuvre de ce programme, a ouvert son bureau à Niamey.
- La révision du corpus juridique qui permettra d'améliorer la gestion de l'existant et une meilleure utilisation du potentiel irrigable en encourageant l'investissement privé dans le sous-secteur développement d'un marché foncier. Les textes suivants sont dans le processus de validation avant leur adoption pour le Gouvernement :
 - l'avant-projet de décret sur les terres aménagées par la Puissance publique ;
 - l'avant-projet de loi sur les terres aménagées par la Puissance publique ;
 - l'avant-projet de décret modifiant le décret n° 97-006 /PRN/MAG/EL du 10 janvier 1997, portant réglementation de la mise en valeur des ressources naturelles rurales ;
 - l'avant-projet de décret réglementant la concession rurale ;
 - l'avant-projet de décret sur les contrats d'exploitation.
- l'engagement politique des autorités avec la poursuite du Programme de Vulgarisation des Cultures Irriguées financé sur fonds propres, la poursuite du transfert de certaines fonctions aux organisations paysannes, la transformation en juin 2010 de la Centrale d'Approvisionnement (CA) en un Etablissement Public à Caractère Industriel dénommé Centrale d'Approvisionnement en Intrants et Matériels Agricoles (CAIMA) pour faciliter l'accès aux engrais,..... ;
- La réalisation d'une étude pour l'actualisation du potentiel irrigable ;
- La poursuite et le renforcement des actions entreprises dans le domaine de la petite irrigation et la collecte des eaux ;
- La multiplication de nouveaux projets axés sur la mobilisation et la valorisation des eaux pour l'irrigation, qui exprime le retour progressif des différents partenaires techniques et financiers ;
- La construction du barrage de Kandadji.

Conclusion

L'agriculture irriguée au Niger s'est développée selon quatre types d'aménagement avec des financements public et privé et un mode de gestion collectif pour les AHA et individuel pour la petite irrigation. Cette agriculture basée sur d'importantes ressources en terres et en eau encore peu mises en valeur constitue un bouclier solide pour faire face à l'insécurité alimentaire et la pauvreté majoritaire en milieu rural. Des perspectives meilleures s'annoncent avec des actions prévues devant conduire à une agriculture irriguée viable et gérée par des professionnels.

Bibliographie

- Secrétariat Exécutif de la Stratégie du Développement Rural, Cadre des Dépenses à Moyen Terme CDMT 2010-2012
- Ministère du Développement Agricole, mars 2008 : Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel (RGAC), volume IX, Résultats définitifs, Horticulture
- Ministère du Développement Agricole Décembre 2008 : Rapport interne d'achèvement du Projet de Promotion de l'Irrigation Privée phase 2
- www.stat-niger.org (site de l'Institut National de la Statistique) Le Niger en chiffres édition 2009
- Secrétariat Exécutif, novembre 2003 Stratégie de Développement Rural (SDR);
- Ministère du Développement Agricole Direction du Génie Rural, 2005: Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation et de la Collecte des Eaux de Ruissellement (SNDI/CER) ;
- Ministère du Développement Agricole/ Banque Mondiale, Juin 2008: Développement de l'Irrigation au Niger : Diagnostic et Options Stratégiques Revue Sectorielle de l'Irrigation
- Ministère du Développement Agricole, Septembre 2007 Plan d'actions pour l'amélioration des performances des aménagements hydro agricoles encadrés par l'ONAHA, Ministère du Développement Agricole
- Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification : Ordonnance n° 2010-09 du 1^{er} avril 2010 portant Code de l'Eau au Niger
- Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, février 1993, Schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eaux, actualisé en 1999
- Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement Avril 1999 : Politique et Stratégies pour l'Eau et l'Assainissement,

Abréviations et Acronymes

AHA	: Aménagements Hydro Agricoles
ANPIP	: Association Nigérienne pour la Promotion de l'Irrigation Privée
ASAPI	: Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire par la Petite Irrigation
BAD	: Banque Africaine de Développement
BADEA	: Banque Arabe pour le Développement Economique de l'Afrique
BID	: Banque Islamique de Développement
CNEA	: Commission Nationale pour l'Eau et l'Assainissement
CREA	: Commissions Régionales pour l'Eau et l'Assainissement.
DGGR	: Direction Générale du Génie Rural
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FNCM	: Fédération Nationale des Coopératives Maraîchères
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en Eau
ONAHA	: Office National des Aménagements Hydro Agricoles
NERICA	: New Rice for Africa - Nouveau riz pour l'Afrique
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PADL	: Projet d'Appui au Développement Local
PBVT	: Projet Basse Vallée de la Tarka
PCS	: Périmètres de contre-saison
PIB	: Produit Intérieur Brut

PIP2	: Projet de Promotion de l'Irrigation Privée phase 2
PLIADI	: Programme de Lutte contre l'Insécurité Alimentaire par le Développement de l'Irrigation
PIIP	: Projet Pilote de Promotion de l'Irrigation Privée
PSSA	: Programme Spécial de Sécurité Alimentaire
PTF	: Partenaires Techniques et Financiers
RGAC	: Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel ;
SDR	: Stratégie de Développement Rural
SIAD	: Stratégie décentralisée et partenariale d'approvisionnement en Intrants pour une Agriculture Durable
SIGNER	: Système d'Information Géographique du Niger
UGE	: Unité de Gestion des Eaux

ANNEXE : Projets à forte composante irrigation

Titre du projet	Partenaire financier	Période	Budget total (millions FCFA)	Description
PROJETS RÉCEMMENT ACHEVÉS ¹				
Programme Micro Réalisations (PMR)	BAD	1999-2005	5000	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement des mares - Fixation des dunes, boisement villageois, foyers améliorés - Traitement mécanique des koris - Réalisation des infrastructures sociales - Renforcement des capacités
Projet Mobilisation des Eaux Tahoua (PMET)	BAD	1999-2006	7600	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de barrages et seuils d'épandage - Approvisionnement en eau potable des populations - Crédit rural - Récupération des terres dégradées - Appui à l'installation des commissions foncières
Projet Irrigation Dallol Maouri (PIDM)	BOAD	2000-2005	4000	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagements de nouvelles terres - Désenclavement des exploitations - Infrastructures socio-économiques - Récupération des terres - Appui à la vulgarisation agricole
Projet d'Appui à la Filière Riz (PAFRIZ)	UE	2002-2006	4657.6	<ul style="list-style-type: none"> - Remise en état du support productif - Renforcement des capacités
Projet Promotion de l'Irrigation Privée (PIP2)	BM	2003-2008	29537.5	<ul style="list-style-type: none"> - Développement des techniques et technologies de production - Appui à la production agricole - Protection de l'environnement - Renforcement des capacités - Financement des sous projets
Projet d'Appui au Développement Agricole dans la région de Zinder (PADAZ)	BAD	2002-2008	6394.1	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de trois barrages - Réalisation six seuils d'épandage - Réalisation de nouvelles pistes - Réhabilitation des anciennes pistes - Récupération des terres dégradées
Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire par la Petite Irrigation (ASAPI) Madaoua	UE	2002-2008	8062	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilisation des eaux - Protection de l'environnement - Routes et pistes rurales - Appui à la production agricole - Renforcement des capacités des OPA
Projet de Réhabilitation du Périmètre Irrigué (PPI) Djirataoua-Maradi	BID	2002-2004	3000	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation des réseaux d'irrigation et circulation - Renouvellement des électropompes - Réhabilitation et équipement des forages - Réalisation et équipement de nouveaux forages

¹ Source 8ème. Revue et Répertoire 2008 des projets/programmes du Secteur du Développement Rural (SDR)

Projet de Développement Rural Intégré (PDRI) Kéhéhé	BID	2006-2006	3000	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation des réseaux d'irrigation - Réalisation et équipement de nouveaux forages
Utilisation conjointe Eau de surface/ Eau souterraine	Japon/FAO		US\$ 102 877,447	- Combinaison des différents types d'irrigation et réseaux
Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire (PASA) dans les régions de Dosso et Tillabéri	BADEA	2003-2009	2800	<ul style="list-style-type: none"> - Ouvrages structurants - Aménagements terminaux - Ouvrages et mesures de protection - Infrastructures sociales - Mise en valeur
Etude de Développement des Oasis Sahéliennes EDOS	Japon	2005-2009	571	<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation des ouvrages - Renforcement des capacités des populations - Appui aux services étatiques
PROJETS EN COURS D'EXECUTION				
Projet Valorisation des Eaux dans les régions de Dosso et Tillabéri (PVDI)	BAD	2007-2012	11848,7	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagements hydro agricoles et pastorales - Protection de l'environnement - Infrastructures socio-économiques - Construction de pistes de désenclavement - Appui à la vulgarisation agricole
Projet d'Appui au Développement Local dans la région de Diffa (ADL/Diffa)	BAD	2004-2010	12888,3	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation et extension des périmètres irrigués - Aménagement des mares - Protection de l'environnement - Infrastructures socio-économiques
Projet développement de l'Irrigation dans la région de Tillabéri (PDIT)	Belge	2008-2012	2623	<ul style="list-style-type: none"> - Appui à la vulgarisation agricole - protection de l'environnement - Renforcement des capacités des populations
Projet de Développement des Ressources en Eau et de Gestion Durable des Ecosystèmes dans le Bassin du Niger (PDREGDE)	FEM-IDA	2008-2012	6000	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation des barrages - Réhabilitation des périmètres - Développement de la pêche - Protection environnement
Projet de Réhabilitation et Développement de Dakoro (PRDD)	BADEA	2008-2011	4167	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilisation des eaux rurales et pastorales - Aménagement des pistes de désenclavement - Construction d'infrastructures communautaires - Fourniture d'équipements agricoles

PPHSA	Espagne -FAO	2008-2010	10000	<ul style="list-style-type: none"> - Sécurisation de l'accès aux facteurs de production et foncier - Maîtrise de l'eau, intensification et diversification des productions - Renforcement des capacités des producteurs
Programme Vulgarisation des Cultures Irriguées (PVICI)	GON	2008-2011	13200	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagements de nouvelles terres - Réhabilitation des anciens aménagements - Acquisitions des équipements - Approvisionnement en intrants - Désenclavement des exploitations - Construction infrastructures - Renforcement des capacités - Renforcement des capacités des acteurs d'appui
Projet de Promotion des Exportations des produits Agro-Sylvo- Pastoraux (PRODEX)	BM	2009-2014	11000	<ul style="list-style-type: none"> - Développement et renforcement des capacités - Promotion des cultures irriguées et des techniques et technologies d'irrigation - Financement des sous projets
Etude Projet d'aménagement et de mise en valeur des périmètres irrigués dans la vallée de Irhazer et la plaine de Tamesna	Areva		170	<ul style="list-style-type: none"> - Avant-projet sommaire - Avant-projet détaillé
PROJETS EN INSTANCE DE DEMARRAGE				
Projet de mobilisation des Eaux et de renforcement de la Sécurité Alimentaire dans les régions de Maradi Zinder et Tahoua	BAD	2011-2015	33	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement hydro agricole et pastorale - Mobilisation des eaux - Protection environnementale - Infrastructures socio-économiques - Renforcement des capacités
Projet d'Intensification des Productions Agricoles pour la Sécurité Alimentaire dans les régions de Tahoua et de Tillabéry (PIPA/SA) pour objet : cible entre autre objectifs.	BOAD	2011-2015	10000	Aménagement de 520 ha de périmètres irrigués en maîtrise totale de l'eau et la restauration de 3 400 ha de terres dégradées et la protection des bassins versants correspondants

The State of Irrigation Development in Nigeria

Babagana Umara

*Faculty of Engineering, Department of Agricultural and Environmental Resources
Engineering, University of Maiduguri, Nigeria*

Abstract

Nigeria is located in the tropical zone of West Africa between latitudes 4°N and 14°N and longitudes 22°E and 14 30'E, and has a total area of 923,770 km². Land cover ranges from thick mangrove forests and dense rainforests in the South to a near-desert condition in the northeastern corner of the country. The climate is semi-arid in the North and humid in the South. Except for an ultra-humid strip along the coast with rainfall averages of over 2,000 mm/year, where it rains almost all year-round, rainfall patterns are marked by distinct wet and dry seasons. Rainfall is concentrated in the period June-September. Deficiency in total annual precipitation is a problem in parts of the country, particularly in the northern parts. In most other areas, however, the major problems are the distribution in time and space, and the low dependability of rainfall. Mean annual rainfall over the entire country is estimated at 1,150 mm. It is about 1,000 mm in the center of the country and 500 mm in the northeast. It is necessary to develop irrigation in Nigeria, especially in the Northeastern region where rainfall is very erratic and is usually between 150 mm to 400 mm and for a very short duration, i.e., 2 to 3 months. Some crops hardly do without supplemental irrigation in the region.

The area equipped for irrigation in 2004 was 293,117 ha, comprising 238,117 ha of full or partial control irrigation and 55,000 ha of equipped lowlands, i.e., improved *fadamas*. Non-equipped flood recession agriculture is practiced on about 681,914 ha.

Besides the Constitution of the Federal Republic of Nigeria, the next primary law regulating water is the "Water Resources Act 101 of 1993." This law vested on the Federal Government of Nigeria (FGN) through the Federal Ministry of Water Resources (FMWR), the rights to regulate, develop and license all water operators in Nigeria. The country also has an irrigation policy with the overall objective of fostering increased food production. Irrigation development and management in Nigeria are currently undertaken at four levels, namely, federal, state, local government and private sector levels. Inadequate funding of the agriculture sector, non-prudent management of the scarce resources and weak private sector participation in irrigation development, among others, were identified as being constraints for irrigation development.

Water Resources Potentials

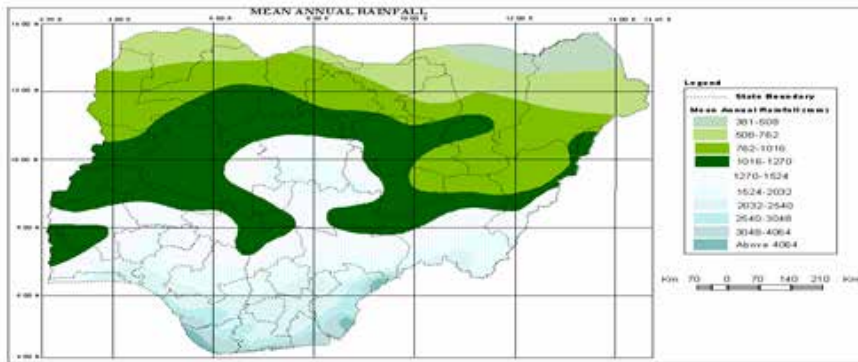
Nigeria's total annual renewable water resources are estimated at 286.2 km³. Annual internally produced water resources amount to 221 km³, made up of 214 km³ of surface water and 87 km³ groundwater, while 80 km³ of the latter is assumed to be overlapping between surface water and groundwater. External water resources are estimated at 65.2 km³/year, with surface water coming from Niger, Cameroon and Benin.

Rainfall Distribution Patterns in Nigeria

Rainfall distribution in Nigeria is greatly determined by the movement of two important air masses that move across Nigeria in the course of a year. These are the Tropical Maritime (TM), which is hot and moist, and the Tropical Continental (TC), which is cool, dry and dusty. The two types of winds, TM and TC, also determine the two distinct seasons of wet and dry, respectively. The TM originates from the equatorial low pressure belt and moves in a northeasterly direction absorbing a lot of moisture as it crosses the Atlantic Ocean, hence being responsible for most of the rainfall in Nigeria. The rainy or wet season sets in when the country is under the influence of TM, which manifest from mid-March to November in the South and from May to October in the North.

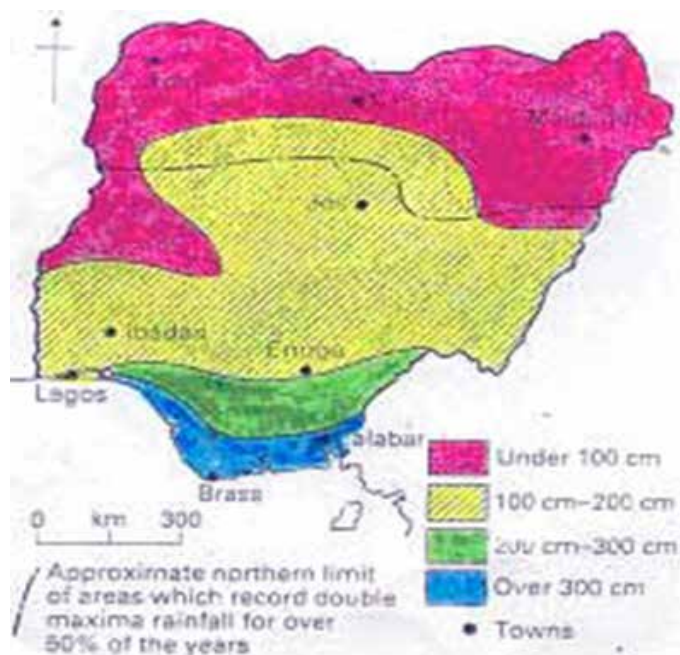
The seasonal pattern of the South differs from that of the North and the South has four seasons: The long wet season that starts in mid-March and lasts till July is a season of heavy rains and high humidity. Plants and pasture are fresh and green, grasses and weeds grow rapidly and look attractive. This is the planting season. Then, the short dry season, which is also referred to as the August break, starts from July/August and lasts for about one month. The short wet season follows the August break and lasts from September to October. During this period, rainfall is not usually heavy compared to the first wet season and the total amount of rainfall is less, and then the long dry or *harmattan* season continues from November to mid-March (Iloeje 2001). In the North, the long dry season starts earlier and ends later. Here, there is nothing like the August break and the two wet seasons become one. Therefore, there are two seasons that are prominent - a long dry season that spans from October to April and a wet season for the remaining five months. During the long dry season, there is a lack of rainfall and the dry conditions that prevail cause cracks to develop on clay soils. The wet season is ushered in by frequent storms. This is the planting season in the North. Consequently, the annual rainfall amount decreases from 3,000 mm in the South to 500 mm in the North. Some of the most southerly parts, e.g., Port-Harcourt and Calabar, experience rainfall all year-round while some of the most northerly areas may experience a severe lack of rainfall. Figure 1 shows the mean rainfall distribution pattern of Nigeria, where the south-north decreases in rainfall are clearly shown.

Figure 1. Mean annual rainfall distribution in Nigeria.



The southern two-thirds of the country have a double peak in rainfall while the northern two-thirds have a single peak. This is explained by the movement of the Inter-tropical Discontinuity (ITD), a line where the TM and TC meet, north of which experience the dry season and the South experience the wet season. As the ITD reaches its northernmost limit in August, it takes time before it retreats back to the South. That time lag sets in the short dry season or the August break in the South, resulting in the double maxima. In the North, the two peaks merge together due to the shorter time ITD takes to retreat back from its northernmost limit. Figure 2 shows annual rainfall in centimeters and the line of the northern limit of double maxima rainfall. For example, Brass has 379 cm, Jos 143 cm, Sokoto 71 cm and Maiduguri 63 cm (Iloeje 2001).

Figure 2. Total annual rainfall and the Northern limit of double maxima rainfall.



Seasonal distribution of rainfall for selected towns is presented in Table 1. July is the middle of the wet season and the relative humidity is usually high because of the warm wet air that prevails. The humidity is over 80% in the South and never goes below 60% in the North. Over 80% of the rains fall within the wet months of April to September. In the South, the figure is above 70% and, in the North, nearly 100 % of the rains fall during these months.

Table 1. Seasonal distribution of rainfall in selected towns in Nigeria.

Towns	Latitude N	April-September		October-March	
		Amount (cm)	Percentage of rainfall (%)	Amount (cm)	Percentage of rainfall (%)
Maiduguri	11° 51'	63.3	100	0.0	0
Jos	9° 52'	135.1	96	7.9	4
Enugu	6° 27'	141.2	78	39.9	22
Brass	4° 19'	270.5	71	108.4	29

Source: Illoeje 2001

Surface Water Resources

The country is well drained with a network of rivers and streams. Some of these, particularly the smaller ones in the North, are seasonal. The total annual runoff from all these sources was estimated to be 257.3 km³ (NWRMP 1995). The latest estimate of Nigeria's surface water resources potential is 267 billion cubic meters (Bm³) (NAIP 2010). Exploitable surface water resources are estimated to be 80% of the natural flow, which is about 96 km³/year (Frenken 2005).

There are four principal surface water basins in Nigeria. These are the Niger, Lake Chad, and the southwestern and southeastern littoral basins. The Niger Basin has an area of 584,193 km² within the country, which is 63% of the total area of the country, and covers a large area in central and northwestern Nigeria. The most important rivers in the basin are the Niger and its tributaries Benue, Sokoto and Kaduna. The Lake Chad Basin in the northeast, with an area of 179,282 km² (or 20% of the total area of the country), is the only internal drainage basin in Nigeria. Important rivers are the Komadougou Yobe and its tributaries, Hadejia, Jama'are, and Komadougou Gena. The southwestern littoral basins have an area of 101,802 km², which is 11% of the total area of the country. The rivers originate in the hilly areas to the south and west of the Niger River. The southeastern littoral basins, with the major watercourses being the Cross and Imo rivers, have an area of 58,493 km² (or 6% of the total area of the country) and receive much of their runoff from the plateau and mountain areas along the Cameroon border.

Groundwater Resources

Nigeria has extensive groundwater resources, located in eight recognized hydrogeological areas together with local groundwater in shallow alluvial (*fadama*) aquifers adjacent to major rivers:

- The Sokoto Basin Zone comprises sedimentary rocks in northwest Nigeria. Yields range from below 1.0 to 5.0 liters per second (l/s).
- The Chad Basin Zone comprises sedimentary rocks. There are three distinct aquifer zones: Upper, Middle and Lower. Borehole yields are about 1.2 to 1.6 l/s from the

- Upper unconfined aquifer and 1.5 to 2.1 l/s from the Middle aquifer.
- The Middle Niger Basin Zone comprises sandstone aquifers yielding between 0.7 and 5.0 l/s, and the Alluvium in the Niger Valley yielding between 7.5 and 37.0 l/s.
- The Benue Basin Zone is the least exploited basin in Nigeria, extending from the Cameroon border to the Niger-Benue confluence. The sandstone aquifers in the area yield between 1.0 and 8.0 l/s.
- The Southwestern Zone comprises sedimentary rocks bounded in the south by the coastal Alluvium and in the North by the Basement Complex.
- The South-Central Zone is made up of Cretaceous and Tertiary sediments centered on the Niger Delta. Yields are from 3.0 to 7.0 l/s.
- The Southeastern Zone comprises Cretaceous sediments in the Anambra and Cross river basins. Borehole numbers are low due to abundant surface water resources.
- The Basement Complex comprises over 60% of the country's area. It consists of low permeability rocks and groundwater occurs in the weathered mantle and fracture zones with yields of between 1.0 and 2.0 l/s.

Lake Chad is an important wetland lying in the semi-arid Sahel corridor. With a mean depth of 3.9 m, its surface area is highly variable, ranging from a minimum of 2,000 km² in 1907 to a maximum of 22,000 km² in 1961.

Low-lying areas flooded during the wet season, known as *fadama* areas, are scattered across the ecological zones of Guinea Savanna, Sudan Savanna and the Sahel. These diverse wetlands are valuable for grazing, agriculture and other municipal uses, and are deemed to be of international importance as being breeding grounds for migratory birds, thereby having a global value for biodiversity.

A reliable estimation of the total groundwater resources of Nigeria is not yet available. The National Water Resources Master Plan puts the potential groundwater yield at 51.93 km³ (NWRMP 1995). However, Frenken (2005) estimated that the country's annual extractable groundwater resources are about 59.51 km³, distributed as follows: 10.27 km³ in northern Nigeria; 25.48 km³ in the Middle Belt; and 23.76 km³ in the South. However, the latest estimate of the nation's groundwater potential is 57.9 km³ (NAIP 2010).

The Rationale for Irrigation Development and Its Current Extent

Nigeria is by far the most populous country in Africa, with its large population, currently more than 150 million, which is rapidly growing at 2.83% per annum. The country is listed by FAO as being among those nations that are technically unable to meet their food needs at the moment from rainfed production at a low level of inputs, and it appears likely to remain this way even at intermediate levels of inputs at some points in time between 2000 and 2025. In order to tackle their problems of food and fiber insecurity, the need for irrigation cannot be over-emphasized.

Irrigation potential estimates in Nigeria vary from 1.5 to 3.2 million hectares (Mha). FAO gives a total estimate of about 2.1 Mha, of which about 1.6 Mha comes from surface water and 0.5 Mha comes from groundwater. However, as far as groundwater is concerned, it should be mentioned that, while the extractable water resources are sufficient for up to 0.5 Mha in the North of Nigeria, areas suitable for irrigation with groundwater have, as yet, not been assessed (Frenken 2005). Current estimated potential irrigable area is 3.14 Mha (NAIP 2010).

Changes in the area developed and cropped under irrigation between 1990 and 2004 are shown in Table 2. The area equipped for irrigation in 2004 was 293,117 ha, comprising 238,117 ha of full or partial control irrigation and 55,000 ha of equipped lowlands, i.e., improved *fadamas*. About 75% (or 218,840 ha) of the equipped area were actually irrigated in 2004. Non-equipped flood recession cropping is being practiced on 681,914 ha, bringing the total water-managed area to 975,031 ha. Surface irrigation in its various forms (basins, borders and furrows) is used predominantly for water application in both public and private irrigation schemes. Sprinkler irrigation was practiced on only 3,570 ha in 1991 and this reduced to about 50 ha by the end of 2004 (Frenken 2005).

Table 2. Irrigation statistics.

Scheme grouping	2000	2004	Area equipped for		Area actually under irrigation (ha)			
	Planned irrigable area (ha) ¹	Planned irrigable area (ha) ²	irrigation (ha)		1990- 1991 ¹	1995- 1996 ¹	1999- 2000 ¹	2003- 2004
			2000 ¹	2004 ²				
RBDA schemes								
Anambra-Imo	11,300	11,450	3,936	3,941	3,850	0	15	10
Benin-Owena	7,455	10,380	831	317	0	402	5	0
Chad Basin	106,630	101,900	27,500	26,180	15,550	2,250	1,650	1,000
Cross River	717	8,477	717	364	0	72	42	40
Hadejia Jama'Are	83,700	40,500	21,045	18,475	14,000	12,925	16,930	21,000
Lower Benue	10,700	12,215	880	1,310	125	137	30	70
Niger Delta	7,250	6,850	722	187	100	0	53	0
Lower Niger	9,510	16,577	1,615	1,344	400	373	230	115
Upper Niger	3,485	53,895	2,928	3,697	{ ⁵ }	310	345	722
Ogun-Osun	33,679	28,574	6,328	512	140	132	152	110
Sokoto Rima	52,812	62,390	15,445	27,580	11,000	0	6,180	5,290
Upper Benue	58,000	63,200	7,550	8,410	6,150	7,230	3,860	783
Subtotal	397,238	416,408	89,497	92,317	51,265	23,831	29,492	29,140
Planned (%)		100%	21%	22%	12%	6%	7%	7%
Developed (%)				100%	53%	24%	30%	30%
State irrigation schemes								
	16,000	16,000	12,200	12,200	6,900	n/a	6,000 ^e	6,700 _e
Private sector:								
Bacita sugar	9,000	9,000	5,600	5,600	5,000	7,000	3,000 ^e	0
Savannah sugar ³	(12,000)	(12,000)	(7,000)	(7,000)	(6,000)	(5,500)	(3,200)	(500)
Other:								
Fadama ⁴	55,000	55,000	55,000	55,000	18,000	30,000	55,000	55,000
Private small-scale	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000
Totals (ha)	605,238	624,408	290,297	293,117	209,165	n/a	221,492	218,840

Notes: ¹ FAO: Irrigation sub-sector study (Nigeria), September, 2000, unless otherwise specified.

² FMWR 2004 estimates for planned and developed irrigation.

³ Savannah Sugar Company data included in Upper Benue RBDA.

⁴ *Fadama* figures from the World Bank Appraisal (February, 1992) and the later ICR (April, 2000) of the National Fadama Development Project; ICR figures not verified in the field and based on number of pumps distributed.

⁵ Lower and Upper Niger one RBDA in 1991.

^e Estimated figures; n/a = information is not available and estimate not possible.

Recession and moisture retention farming excluded.

RBDA = River Basin Development Authority

Flood recession cropping, where the flooded land near rivers and lakes are cropped as the flood recedes, is not included among the irrigated areas. Quite often, the information on irrigated area in a particular year does not specify whether some areas were irrigated two or three times during the year. The figures for 2004 are field estimates made for Review of the Public Irrigation Sector in Nigeria (ROPISIN) and are, for the first time, the results of an accurate, national survey of irrigation development.

It is apparent that development and area cropped has remained static at a very low level for the last 10-15 years. Today, many schemes produce mainly rainfed crops, and those that still have irrigation infrastructure produce low yields from a limited area of either subsistence crops or low-value crops. In the 2003-2004 irrigation season, only 29,140 ha (with 21,000 ha of this in the Kano River and two other schemes) of the overall potential was in use, with only 89,497 ha being developed out of the planned area of about 420,000 ha (FAO 2004).

The reasons for the non-realization of irrigation development plans and the underutilization of equipped or developed irrigation commands are the emergence of resource-use conflicts among different users; declining public funds to support operation and maintenance activities; deterioration of irrigation infrastructures and irrigated fields; and consequent environmental degradation. The other notable reason is failure of public irrigation agencies to recognize the need to involve the stakeholders, namely farmers, water users' associations as well as private individuals or groups in the planning, design, construction, operation, maintenance and management of irrigation schemes. Irrigation agencies have so far erroneously adopted the top-down approach with minimal consultations on institutional, legal, social and technical issues, all of which influence the degree of success of every scheme. Participatory Irrigation Management was not accorded the significance it deserved early enough in the nation's irrigation development adventure.

Lack of domestic private capacity in formal irrigation across the board, from engineering design, contracting, equipment to service provision, results in high costs for development in both the public and private sectors because all equipment is imported at high prices (in the local currency, Nigerian Naira (NGN)) to produce crops to be sold locally at low prices (in NGN).

The state sector is also very weak with few viable schemes and a very limited area under irrigation. State irrigation departments are moribund and poorly resourced. For many years, irrigation development in Nigeria has been concentrated in the public sector, through the RBDA or in projects such as the Agricultural Development Program (ADP), Fadama Development Projects I, II and III, and the Special Program for Food Security (SPFS). Budgets for state irrigation have been very limited and mostly dependent on the revenues a state can generate. Most state irrigation departments have declined as revenues fell and technical staff left to work elsewhere. The few resources generated by state schemes were not used to fund operation and maintenance (O&M) of the schemes and many declined as well. Consequently, state irrigation departments are functioning at a very low level, with low staff morale and the quality in most state schemes being in poor condition.

In the formal sector, the rate of irrigation development in Nigeria has been slow. By 1965, the area under formal irrigation was about 12,000 ha and reached about 69,000 ha in 1993, which is a growth of 57,000 ha over a 28-year period. Many reasons have been given for this, including inadequate funding, inconsistency in government policy, and manpower problems, among others. In contrast, the rate of development of *fadama* irrigation by the ADPs is dramatic as shown in Table 3. This was due to the fact that ADPs were developed as packages, and

each package was made up of finance, technology, materials, equipment, and extension and management, among other requirements.

Table 3. Irrigated area (ha) through wash bores, tube wells, direct pumping and other methods by some state ADPs (1985-1992).

State	Wash bores and tube wells	Direct pumping	Diversion, flood control and other methods	Total
Adamawa and Taraba	200	1,300	2,000	3,500
Bauchi	5,200	17,000	1,000	23,200
Benue	20	2,000	500	2,520
Borno and Yobe	1,550	17,500	3,050	22,100
Kaduna	400	13,000	0	13,400
Kano and Jigawa	5,700	56,000	4,000	65,700
Katsina	250	500	0	750
Kwara	100	400	0	500
Niger	10	2,500	5,950	8,460
Plateau	290	11,800	1,000	13,090
Sokoto and Kebbi	6,300	19,000	500	25,800
Total	20,020	141,000	18,000	179,020

Source: Nwa 2003.

Various crops are irrigated in different parts of Nigeria. Some of the crops were irrigated using watering cans. Nwa (1994) listed the various crops grown in irrigation schemes of all sizes in 1993, which was updated in 1995 (Table 4). The list tends to suggest that there are hardly any crops in a particular order. However, according to FAO (1992), the top five crops in 1989 in Nigeria, in terms of the area irrigated, were in the order of rice, chilies and peppers, tomato, wheat and sugarcane. Table 5 gives the production, area and yields of the top irrigated crops in Nigeria in 1989; the area includes double-cropping.

Table 4. List of some of the irrigated crops in Nigeria.

No.	Crop	No.	Crop	No.	Crop
1	Rice	21	Chinese cabbage	41	Swiss chard
2	Wheat	22	Sorrel	42	Parsnip
3	Tomato	23	Sweet potatoes	43	Turnip
4	Maize	24	Lamsir	44	Cassava
5	Onion	25	Garlic	45	Pawpaw
6	Hot pepper	26	Cowpea	46	Orange
7	Sweet pepper	27	French bean	47	Lime
8	Sugarcane	28	Watermelon	48	Mango
9	Amaranthus	29	Waterleaf	49	Guava
10	Okra	30	Pumpkin	50	Tea
11	Carrot	31	Peas	51	Pineapple
12	Sweet eggplant	32	Squash	52	Cashew
13	Bitter eggplant	33	Cucumber	53	Banana
14	Lettuce	34	Roselle for leaf	54	Plantain
15	Cabbage	35	Tobacco for flower	55	Lemon
16	Aubergine	36	Cress	56	Grapefruit
17	Celosia	37	Spinach	57	Tangerine
18	Corchorus	38	Cucurbits	58	Tangelo
19	Solanum	39	Beetroot	59	Coconut
20	Basella	40	Radish	60	Oil palm

Source: Nwa 1994.

Table 5. Irrigated crops, yields and production in 1989.

Crop	Area (ha)	Yield (tons/ha)	Production (tons)
Rice	714,000	2.3	1,642,000
Chilies and peppers	80,000	10.0	800,000
Tomato	52,000	12.2	650,000
Wheat	50,000	1.2	60,000
Sugarcane	26,000	52.0	1,350,000
Green maize	20,000	7.5	150,000
Onion	5,000	40.0	200,000
Potato	3,000	14.0	42,000

Source: FAO 1992.

According to FAO (1992), rice is the most significant crop, both in terms of area and production. However, this does not tally well with reports from Adeniji (1992), which is considered as the latest and authentic update of the irrigation inventory of Nigeria (Tables 6 and 7). According to Adeniji (1992), vegetables and other crops dominate the irrigated farming systems in Nigeria.

Table 6. Areas of crops actually being irrigated (ha).

	FGN		State governments		Agricultural Development Program	
	Actual	Potential	Actual	Potential	Actual	Potential
Wheat	30,794	94,539	4,261	28,875	3,000	6,100
Rice	7,896	17,263	6,469	44,145	1,750	5,565
Maize	1,101	5,418	469	6,959	1,725	16,568
Other cereals	185	73,690	189	9,554	155	12,246
Legumes	1,171	2,520	105	1,355	-	10
Root crops	1,565	450	82	1,129	226	75
Vegetables	2,823	5,142	1,838	11,937	1,415	22,667
Other crops	29,706	460,074	2,449	46,803	103,950	752,282

Source: Adeniji 1992.

Table 7. Actual crops production (in metric tonnes).

Crops	FGN		State governments		Agricultural Development Program	
	Actual	Potential	Actual	Potential	Actual	Potential
Wheat	59,867	406,318	10,013	49,507	80,045	259,786
Rice	84,360	62,526	25,387	96,681	37,662	121,694
Maize	26,628	18,492	2,069	10,568	17,500	59,867
Other cereals	60	125	164	45	-	-
Legumes	933	11,676	55	2,775	-	500
Root crops	21,910	1,500	478	4,134	1,350	450
Vegetables	182,118	1,205,290	8,935	86,232	28,050	112,752
Other crops	2,052,115	388,443	162	470	30,000	58,690

Source: Adeniji 1992.

Typology of Irrigation Systems in Nigeria and Emerging Trends

Systematic data collection on water resources, in general, and on irrigation, in particular, has not been institutionalized in Nigeria yet. Even the terms used have not been standardized yet. These are the reasons for the confusion at the moment and for making irrigation data differ from source to source. The following irrigation systems are being operated in Nigeria (Table 8).

Table 8. Typology of irrigation systems in Nigeria.

Typology	Characteristics
Traditional irrigation	Shadoofs, calabashes and watering cans are used.
Lift irrigation by direct pumping	small pumps are used to pump water from rivers, streams or shallow wells for direct irrigation, mostly in the <i>fadamas</i> .
Tube well irrigation	Wash bore and shallow tube well irrigation used mostly in the <i>fadamas</i> .
Diversion of flood control irrigation	Water is diverted from streams or floodwater is controlled for irrigation in the <i>fadamas</i> .
Formal irrigation	The irrigation area is equipped with the necessary irrigation structures. The system is usually managed by government agencies, private companies, individual farmers or groups of farmers. The irrigated area may be large, medium or small.

Source: Nwa 2003.

Indigenous irrigation on *fadama* has a long history in Northern Nigeria, where dry-season farming on *fadama* land has been in existence for decades. The simplest indigenous irrigation method is the bucket-lift system or ‘shadoof’. While such devices are low cost and depend mostly on farmers’ labor for construction and operation, their irrigation potential is limited to small plots. Water lifting by such devices is laborious and the area, which can be irrigated, is limited to about 0.1 ha per shadoof (World Bank 1995). Because of the foregoing disadvantages of the shadoof method, it has now been widely replaced.

Sprinkler irrigated area currently makes up an insignificant percentage of the total irrigated area in the country. The sprinkler system used is mostly the rotating head, hand-over system. Many organizations with a small area tend to start off with the sprinkler system while developing the infrastructure for large surface irrigation areas. Sokoto-Rima River Basin and Rural Development Authority initially planned to irrigate 15,400 ha by sprinkler in the Bakolori Irrigation Project. The Authority never irrigated anything close to the above figure, before it started planning to convert the area to surface irrigation, due to technical and management difficulties. The most successful Nigerian Sugar Company in Bacita, Kwara State, irrigated 2,788 ha of its sugarcane estate by sprinkler in 1980. Any other irrigation systems in the country, such as the drip or trickle, have been mostly experimental.

The micro-irrigation components include corrugated metal pipe, plastic pipe, concrete tiles, emitters, valves, pumps, filters, water source, flow meter, injection equipment, pressure regulator and flushing manifold. There is no doubt that these are effective irrigation materials when correctly installed and properly maintained, but their main disadvantage in the Nigerian farming context is their relatively high cost. Besides the high initial investment cost, high technical skills required in the operation of the conventional irrigation systems is also a limiting factor. Regrettably, the concept of affordable drip and sprinkler irrigation systems has not been developed or well-conceived in Nigeria yet. Because of the foregoing, the usage of drip and sprinkler irrigation systems in the country is declining.

Tube well irrigation is increasing in importance simply because of its affordability and its low technological requirement. More so, the proliferation of Chinese water pumps at an affordable price makes its adaptability and usage possible to a large extent.

Nigeria's Water and Irrigation Policies and Institutions

Water Policy

Water legislation in Nigeria is use-oriented, dealing with navigability, shipping and municipal use. Navigability and confusion over the legal ownership of water as a resource can impede irrigation development (Table 9).

Although there is no overall national water policy dealing with the management of water resources, the sub-sectoral policy known as the National Water Supply and Sanitation Policy (NWSSP), which was introduced in January 2000, provides guidelines on urban and rural water supply and defines the institutional and funding responsibilities of the federal, state and local governments. The target of the NWSSP is that, by 2007, private operators would have been responsible for 35% of urban water supply, 40% of water supply to small towns and 25% of rural water supply. As with the division of institutional and funding responsibilities under the NWSSP, the institutional and legal frameworks for water supply reflect the Federal-State divide. On account of the provisions of the 1999 Constitution and the Water Resources Act, the Federal Government has the right to the use and control of inter-state water resources. In all other cases, the state governments are empowered to enact laws for the development and management of intra-state water resources.

At the Federal level, the apex institution is the FMWR, which is also responsible for the River Basin Development Authorities (RBDAs), established under the River Basin Development Authorities Act. RBDAs are charged with the development of inter-state surface water and groundwater resources in specified river basin areas, and for the supply of water storage schemes to users at a fee. At the State level, it is the norm for state governments to establish statutory corporations known as State Water Authorities (SWAs), with the responsibility for urban and rural water supplies. These bodies are usually placed under the supervision of a line ministry. In a few cases, some local governments have established departments for water and sanitation to be involved in rural water supply activities. Otherwise, it is fair to state that, excluding inter-state water resources and specified river basin areas, the state water authorities have general responsibility for water supply development and management within the territories of their respective states.

At the policy level, the NWSSP promotes privatization as a viable strategy for sharing the burdens of water infrastructure investments and operational costs, and as a solution to incessant water shortages and scarcities. It also emphasizes the need to cover the costs of service provision through efficiency in revenue collection and changes to tariff structures. The policy concedes that despite the onset of privatization, service provision should be maintained for the poor. However, what it fails to elaborate on is how these social commitments are to be mainstreamed into its implementation.

For the Federal Government, the legal basis for privatization of its enterprises is the Public Enterprises (Privatization and Commercialization) Act. In connection with the water sector, Part I of the Second Schedule to the Act provides for the partial commercialization of the RBDAs. Also, by virtue of the Public Enterprises (Privatization) Order 2001, the Abuja Water Board is to be partially privatized.

Although, the terms, 'privatization' and 'commercialization' are not defined in the Act, it is clear from Section 2 of the Act that privatization entails that the public enterprise must have a

share capital. The implication is that the relevant public enterprise must transform into a limited liability company, either through the repeal or substantial modification of its enabling law. With commercialization, it is evident from Section 8 of the Act that, although transformation into a limited liability company is not contemplated, commercialization will confer upon the public enterprise, autonomy, especially in connection with the fixing of prices, rates and charges for goods or services and the capitalization of assets.

In the case of state governments, a few, such as Lagos State, have already signified their intention to commercialize or privatize water supply development and management, and have indeed commenced their programs. Unfortunately, unlike the position with the Federal Government-owned or controlled public enterprises, most of these state governments have not presented a legal framework to underpin the privatization process (Table 9). Consequently, civil society groups have raised their concerns about any act of divestiture, which effectively transfers the entire ownership and control of publicly-owned water enterprises to private interests. It is noted that, with regards to the Abuja Water Board, it is intended to transfer 60% of the shares of the privatized entity to the private sector.

Nigeria's Presidential Water Initiative was launched in August, 2003, with the main objective of fast-tracking the implementation of the Millennium Development Goal (MDG) target, so that by 2007 water supply access and coverage would have been achieved for all state capitals, three quarters of urban and semi-urban areas, and two-thirds of rural communities. The MDGs clearly acknowledge that access to safe drinking water is an integral factor in reducing poverty. The NWSSP professes to do the same, albeit in somewhat ambiguous terms. What is clearly an issue is the lack of a rights-based approach, whether by way of a human rights or contractual or property rights regime for the provision of water to meet the drinking, cooking and hygiene needs of the poor ('basic needs').

Table 9. Nigerian laws governing the water sector.

Laws and Acts	Description
The 1999 Constitution of the Federal Republic of Nigeria	<ul style="list-style-type: none"> The state shall protect and improve the environment and safeguard the water, air, land, forest and wildlife (section 20, chapter 11 of the Constitution). FGN has exclusive jurisdiction on primary water matters from sources affecting more than one state (part 1, item 64 of the Constitution). Grants exclusive legislative powers to the FGN, such as fishing in rivers and lakes (item 29), maritime shipping and navigation (part 1 item 36). Permits each state to legislate on water matters as it affects such a state.
The 1993 Water Resources Act	Vests the FMWR the rights to regulate, develop, and license all water operators, including planning, development, usage and management.
The National Water Resources Institute Act	<ul style="list-style-type: none"> Provides for the establishment of the water resources training institute for promotion, development of training programs and courses in water resources. Advise the government on water resources training.

(Continued)

Table 9. Nigerian laws governing the water sector. (Continued)

Laws and Acts	Description
River Basin Development Authorities Act	Establishes and regulates all river basin authorities and specifies their functions.
National Inland Waterways Authority Act	Provides for the establishment of National Inland waterways. Authority with the responsibility to improve and develop inland waterways.
State Water Board Acts	Establishes a state water board in each state to manage, supervise, control the use, consumption, maintenance of water and its ancillaries.
The Navigable Waters Act	Declares certain federal waterways navigable and provides for their construction, alteration, management and maintenance.
National Shipping Policy Act	Establishes the National Maritime Authority to coordinate and implement Nigeria's shipping policies and all other matters incidental thereto.
The Nigerian Shippers Act	Provides for the establishment of a Nigerian Shippers Council to provide a forum for the protection of the interests of shippers in matters affecting shipment of imports and exports to and from Nigeria, and to advice the Federal Government on all sundry matters.
The National Resources Conservation Council Act	Provides for the establishment of a National Resources Conservation Council Act responsible for the conservation of natural resources of Nigeria, and to formulate national policy for national resources conservation, including water resources.
The Merchant Shipping Act	Provides for consolidation and amendment of laws relating to merchant shipping and other matters related thereto.
The Mines and Minerals Act No. 34 of 1999	<ul style="list-style-type: none"> • Vests ownership of minerals in, under or upon any land, including its territorial waters and economic zone on the FGN. • All mineral operators are to obtain licenses from the Federal Ministry of Mines and Power.
The Electricity Act	Provides for the regulation and control of electrical installations, and the generation, supply and use of electricity in Nigeria, including hydrological dams and installations.
The National Agency for Food and Drug Administration and Control Act	Regulates the production, distribution and consumption of bottled water in Nigeria.
The Federal Environmental Protection Agency Act	Under this Act, no federal, state, local government or any authority can perform any acts, duties or functions which may affect the environment, without carrying out an environmental impact assessment, including water projects.
The Petroleum Act	Provides for the exploration of petroleum from territorial waters and continental shelf of Nigeria, and vests the ownership of all inland and offshore revenue derivable on the FGN.
Oil in Navigable Waters Act	Provides for the implementation of the international convention for prevention of sea pollution by oil and provides for remedies against such pollution.

Very wide powers were conferred to the FMWR. These powers have often constrained all other water resources agencies, including the National Assembly, from exercising control and regulation over the water sector in Nigeria. Although states can make laws on the usage and control of its water resources, where there is a federal law, it supersedes that of the states and local government. This means that there are inconsistencies in the government policies. For example, it is not yet understood whether irrigation extension is to be handled by the irrigation agencies or by the Agricultural Development Projects (ADPs) of the states, who are official organs for the agricultural extension services. It has been argued that since the ADPs do not have the experience and the manpower to undertake irrigation extension, the service should be handled by the irrigation agencies.

Irrigation Policy

Irrigation Development Objectives, Principles and Strategies

The irrigation development strategic objectives of Nigeria are summarized as follows:

- Raise overall irrigation productivity in all public and private initiatives.
- Achieve a strategic balance between irrigated and rainfed production.
- Improve water service to all irrigation farmers and work towards full O&M cost recovery from the users.
- Improve and sustain irrigation efficiencies at all schemes, provide extension services, and facilitate the provision of inputs and the marketing of outputs.
- Stabilize the public irrigation sector and transfer O&M to the beneficiaries/private sector.
- Consolidate the responsibility for overall coordination and regulation of all irrigation development in Nigeria with the FMWR, and request that the responsibility for the coordination and regulation of all agricultural support services shall reside with the Federal Ministry of Agriculture and Rural Development (FMARD).
- Remove constraints to private sector engagement and expand the capability of the private sector in both equipment manufacture and supply, and in development activities including direct project operation and management.
- Realize the value of existing assets: rehabilitate priority schemes.
- Plan and develop new irrigation schemes to improve the overall structure of the irrigated sub-sector.

These strategic objectives are predicated on the following key principles:

- Equitable allocation of water rights and landownership.
- Optimize beneficial use of water within the agriculture sector, including use of stored water and the transfer of rights to use water and land.
- Functional inter-sectoral management of water across river basins, predicated on high quality information generation and exchange.
- Environmental responsibility in irrigation and drainage.

- Clear operation and regulatory roles between agriculture in production and water in supply, and the establishment of a working interface between them.
- Facilitate performance of private and public sector agencies in those activities where they have a comparative advantage.
- Ensure coherence of policies, planning and budgets within FMWR, FMARD and the Federal Ministry of Environment (FMEnv).
- Appropriate scaling of technology and institutions to fit their purpose.

To achieve the above enumerated irrigation development strategic objectives, the following actions are required or suggested:

- Streamline existing institutions and move toward a smarter regulatory model – separate operator and regulator and combine all public sector irrigation as much as possible.
- Review and evaluate the existing legislation and introduce appropriate reform as may be required or introduce new laws on landownership/tenure, water rights and farmer organizations.
- Review and evaluate the socioeconomic value of existing irrigation schemes and consider the discarding of those that are unworkable, and rehabilitate and expand those that are viable.
- Promote the development of a private sector (including irrigation companies and farmer organizations) to work hand-in-hand with the FGN in developing and managing irrigation schemes.
- Rehabilitate existing schemes identified in ROPISIN.
- Plan and develop all new irrigation on a farmer- or farmer group-managed basis.
- Transfer the operation, maintenance and management of public sector irrigation to the beneficiaries and to community based service providers.

FGN has irrigation development plans as outlined in ROPISIN, 2004 to 2014. The first pilot phase of the plan has been implemented between 2005 and 2006. The FGN has intended to complete the following by 2015 (NAIP 2010):

- Increase the size of irrigated land from the current 1% of cultivable land to 10%.
- Increase area of land planted with diversified biomass, including economic species in the agroforestry program from the current 3.5 to 7% in 2015.
- FGN intended to put an additional 23,172-ha irrigation area through its various planned irrigation and land reclamation projects.

Irrigation System Management

Irrigation development and management in Nigeria are currently undertaken at four levels, namely, federal, state, local government and private sector. FMWR is the apex organ of the government, which has the statutory responsibility for policy formulation and coordination of water resources, and public sector irrigation development and management throughout the federation (Figure 3). Originally established in 1975, following the major drought of 1974-1975 and a policy shift by FGN towards developing water resources for agriculture and industry, the FMWR was merged and de-merged with the Ministry of Agriculture and Natural Resources

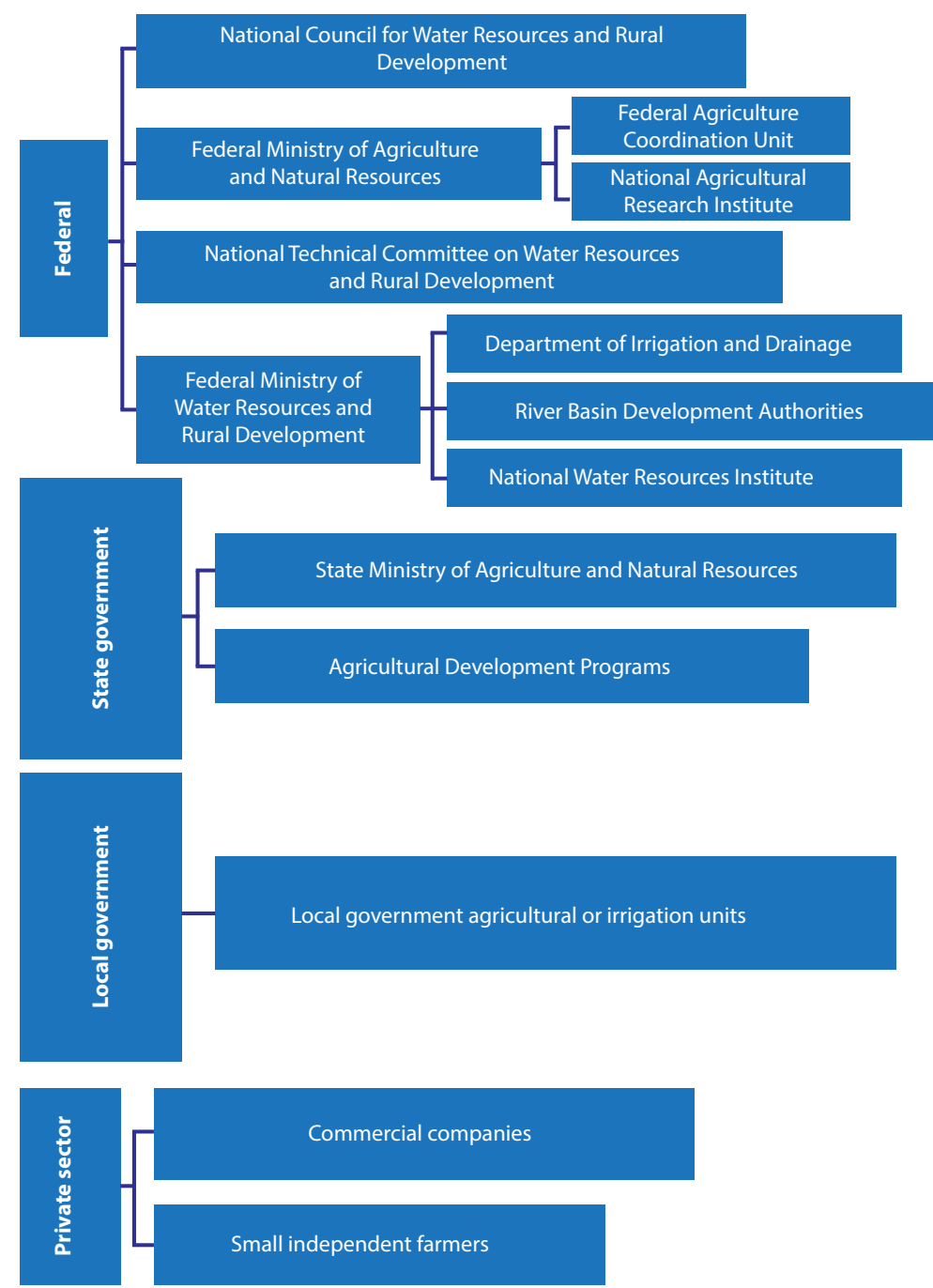
three times between 1977 and 1993. The 11 RBDAs under the FMWR were established between 1973 and 1976 (with the Niger River Basin divided into two - Upper and Lower - in 1994).

The ministry formulates policy through the National Council for Water Resources (NCWR), which is chaired by the Federal Minister of Water Resources and has as its members all the state commissioners responsible for water resources development, as well as representatives of the other federal agencies that are also concerned with water use, notably the RBDAs and others, such as the National Electric Power Authority (NEPA), the Inland Waterways Department (IWD) and FMARD.

Although the FMWR has overall responsibility for irrigation development in Nigeria, the FMARD and State Irrigation Departments (SIDs) also carry out their own programs, notably the *fadama* project and state irrigation scheme development. However, it should be noted that the RBDAs, as instruments of the FMWR, have a great degree of financial autonomy. However, the RBDAs lack clear plans and targets for development. This has led to a fragmented and often conflicting approach to irrigation development, with the various agencies competing rather than cooperating with each other.

The operation and management of an irrigation scheme at the field level is essentially an agricultural activity. In the past, RBDAs have been entrusted with this responsibility, but this ceased after their mandate was changed in 1989. Extension – whether agricultural or specifically for irrigation – is also an agricultural activity and is presently carried out by the state or ADP staff for their own projects and farmers. It is rarely extended to include farmers of public irrigation projects.

Figure 3. The institutional setup of organizations relevant to the irrigation sector in Nigeria.



Constraints to the Irrigation Sub-sector

The private sector engagement with the delivery of irrigation services is limited. No irrigation equipment is manufactured or assembled in Nigeria and major suppliers are not established. Virtually all equipment is imported with high costs and delays in delivery are common features. Thus, the private sector cannot be expected to contribute significantly to the design, supervision and extension in the irrigation sector in the immediate future. This private sector capacity development will require the removal of barriers to entry and the structuring of adequate incentives for commercial interests to engage.

In the past, funding for irrigation on a large-scale has been sourced by the Federal Government from donors or lenders, such as African Development Bank (AfDB), World Bank and International Fund for Agricultural Development (IFAD). The rehabilitation and new development in the future may initially have to be funded from similar sources. However, individual farmers and small-scale suppliers have also experienced constraints in accessing credit, and the Federal Government will have to review and address this situation for grassroots development to be encouraged. It is paradoxical that the high level of private investment in small-scale irrigation has not led to the formation of stable private sector irrigation equipment suppliers and service providers. Barriers to entry by commercial interests are evidently too high and point to the need for the removal of constraints.

The sustainability and viability of the schemes are affected by deficient institutional arrangements and poor functioning of the water user groups, as well as by inadequate environmental measures to ensure the safe use of water, land and natural resources by the local community. The extension service delivery system still suffers from an inadequate number of extension men/women service providers. The few systems that are in place lack mobility to improve on extension-farmer contact while there being only a few women extension service providers to handle gender issues. The prices of agricultural inputs such as fertilizer, herbicides and pesticides have risen astronomically. These have limited their adoption and subsequent impact on yield, and production levels. Other problems include the following:

- Non-availability of inputs.
- Slow rate of irrigation development.
- Lack of reliable data.
- Lack of credit to farmers and hence limited farm size commensurate to what they can afford. When credit is available, the interest is high thus increasing farmers' cost of production.
- Lack of good linkages between the farm sector and the industrial sector to generate a demand pull situation, which will propel high prices for industrial raw materials.
- There are numerous policies that are not supportive enough of agricultural transformations, e.g., Land Use Act, importation tariff, non-protective policies, etc.
- Frequent changes/abortion of policies which have not run their full course in effecting changes in the areas they were set up.
- Low investment in agriculture, in terms of research, incentives to industries, banks to finance agriculture, capacity building, etc.
- Weak planning framework.

- Insufficient encouragement to foreign investors.
- Inadequate funding of the agriculture sector as evidenced by low budgetary allocations.
- Non-prudent management of the scarce resources.
- Poor storage, processing and marketing of agricultural outputs, among others.

In order to address some of the problems militating against irrigation development in Nigeria, the Federal Government is implementing the irrigation development plan as outlined in ROPISIN (2004), though not at an encouraging phase. In addition, FGN, through the World Bank and other organizations, are giving support to irrigation development initiatives through its National Fadama Development Project III, IFAD and SPFS program, among others.

The government is providing subsidies on input supply and agricultural credit facilities through its central bank's agricultural guarantee loan scheme to farmers. More so, recently, Federal Government has earmarked initiatives on boosting commercial agriculture to the value of NGN 200 billion. Tax exemptions and free importation of some agricultural machinery are also provided. In addition, various state governments and local governments are coming up with various agricultural development packages with a view to developing the irrigation sub-sector.

Also, recently, the FGN has planned to embark on land and water management in its National Agricultural Investment Plan (NAIP 2010). The land and water management component derives essentially from the ongoing interventions in National Program for Food Security (NPFS), National Food Security Strategy Paper (NFSSP of 2010), FMWR and RBDAs of Nigeria, which are necessary to provide land management services and additional water sources for year-round agriculture. It conforms to Pillar 1 of the Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP), which targets extending the area under sustainable land management and reliable water control systems. NAIP will also undertake a national soil testing exercise aimed at determining the nutrient status of soils, so as to provide a guide for appropriate fertilizer use that is crop-specific and environmentally friendly.

Dams and irrigation schemes are strategic for increased productivity, by encouraging a shift from seasonal to year-round farming. Irrigation supports higher production for the enhancement of farm incomes, food security, and reduction in poverty and improved safety nets. The projects proposed for financing under the NAIP seek to ensure that all existing dams and irrigation facilities are exploited and managed through public-private-partnership arrangement. The RBDA (RBDAs) are to be restructured and managed in a more efficient manner with a view to making them centers for improved seed for crops, livestock and fishery multiplication; for the construction and maintenance (not management) of dams and primary channels; for promotion of a strong extension system for the states of coverage; and, more importantly, for the farms in their irrigated lands. The projects will support the provision of processing facilities for the major crops. The projected funding requirements of its land and water management component for the year 2011-2015 are given in Table 10.

Table 10. Funding requirement for the land and water management component (in NGN millions).

Projects	2011	2012	2013	2014	Total
Land and water management					
Land cadastre initiatives	13,000	12,700	15,200	14,900	55,800
Soil fertility management (soil testing)	850	1,300	1,570	1,570	5,290
Promotion of conservation agriculture and reclamation of problem soils	250	260	260	260	1,030
Zauro Polder Irrigation project	0	8,020	5,020	2,020	15,060
Middle Ogun Irrigation project	0	1,320	1,000	1,000	3,320
Capacity building of professionals/ performance assessment of dams/ irrigation	0	80	70	50	200
Ukwa Land Reclamation and Irrigation Scheme	0	200	350	200	750
South Chad Irrigation project	0	1,200	800	800	2,800
Girnyan Irrigation project	600	600	500	0	1,700
Construction of weir and irrigation scheme	100	200	200	300	800
Tunga Kawo Dam and Irrigation project	200	200	600	0	1,000
Illa-ebu Irrigation project	500	300	500	0	1,300
Dadin Kowa Dam and Irrigation project	100	400	100	200	800
Challawa Karaye Irrigation project	500	300	300	0	1,100
Small-scale irrigation project delta	900	800	700	600	3,000
Itu irrigation/drainage/flood project	150	460	260	0	870
Ofu-irrigation project	60	470	590	0	1,120
Small-scale irrigation scheme Goronyo	200	400	400	0	1,000
Total	17,410	29,210	28,420	21,900	96,940

References

- Adeniji, F.A. 1992. *Irrigation inventory scope in Nigeria*. Final report. University of Maiduguri, Consultancy Services, Maiduguri.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1992. Irrigation sub-sector review, Nigeria. Rome: FAO.
- FAO. 2004. Irrigation policy and strategy guidelines for Nigeria.
- Frenken, K. (ed.). 2005. *Irrigation in Africa in figures. AQUASTAT survey 2005*. FAO Water Reports 29. FAO Land and Water Development Division. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Iloeje, N.P. 2001. *A New Geography of Nigeria*. Ikeja: Longman of Nigeria.
- NAIP (National Agricultural Investment Plan). 2010. Nigerian National Agricultural Investment Plan, October, 2010.
- Nwa, E.U. 1994. *Appropriate irrigation and drainage practices to support the index crops of the various ecological zones of Nigeria*. Paper presented at the National Symposium on Water Resources and Rural Development, Kano State House of Assembly, June 5-11, 1994. Abuja: Federal Ministry of Water Resources and Rural Development.
- Nwa, E.U. 2003. *History of irrigation, drainage and flood control in Nigeria*. Ibadan: Spectrum Books Limited.
- NWRMP (National Water Resources Master Plan). 1995. *The study on the National Water Resources Master Plan*. Sector report, Volume two, part 1. Abuja: Federal Ministry of Water Resources and Rural Development.
- ROPISIN (Review of the Public Irrigation Sector in Nigeria). 2004. Review of the public irrigation sector in Nigeria, by Enplan group.
- World Bank. 1995. Nigeria - Kano and Sokoto agricultural development projects. Impact evaluation report.

Etat des lieux de l'irrigation et la gestion de l'eau agricole au Sénégal

Magatte Wade

ENSA, Université polytechnique de Thiès

Abstract

Given the irregularity and short duration of annual precipitation (300 to 1,000 mm) in Senegal, irrigation is considered an essential means to stabilize and secure agricultural production. The country is drained by three major river basins, the Sénégal, the Gambia and the Casamance, and also has some modest groundwater resources distributed throughout its territory. The total irrigated area is not known accurately, but is thought to be less than 100,000 ha, largely below the estimated potential of around 500,000 ha. The dominant irrigated crop is paddy (about 70,000 ha) with horticultural crops such as onion, tomato, potato, mango and banana making up the balance. The irrigation schemes are mostly fed via river diversions or reservoirs and include systems classified as large (> 400 ha), medium (60-400 ha), village-level collectively managed (20-30 ha) or small-scale individually managed units. Among the constraints affecting the performance of the irrigation sector are high investment costs (up to 10 million FCFA per hectare), low annual cropping intensities (rarely exceeding 100%), poor agricultural water management, little crop diversification, lack of agro-industries and hardly any value-added to agricultural production. There are also difficulties in access to land, especially by private parties in areas where land is becoming an increasingly scarce resource, because local authorities are not sufficiently empowered to deal with such issues. In addition, the lack of coordination among the multiplicity of role-players, such as regional development agencies, public and private sector organizations, special projects and programs who intervene in the irrigation sector, results in duplicated efforts and unproductive use of resources. A National Program for Agricultural Investment (PNIA) is being formulated to provide the overall framework for irrigation development. It is embedded within the national Action Plan for Integrated Water Resources Management (PAGIRE) and is consistent with the objectives of New Partnership for Africa's Development (NEPAD)-Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP), aimed at promoting food security and economic growth. The PNIA will be executed in two phases. A review and diagnosis of the irrigated agriculture sector, including an assessment of actual irrigation potential and current performance of the irrigation sector, as well as identification of the main constraints to exploiting the country's available physical resources will be carried out in the first phase. The second phase will develop strategic orientations and investment plans for irrigation development in the short-term (2015 horizon) and medium-term (2025).

I. Climat et ressources en eau

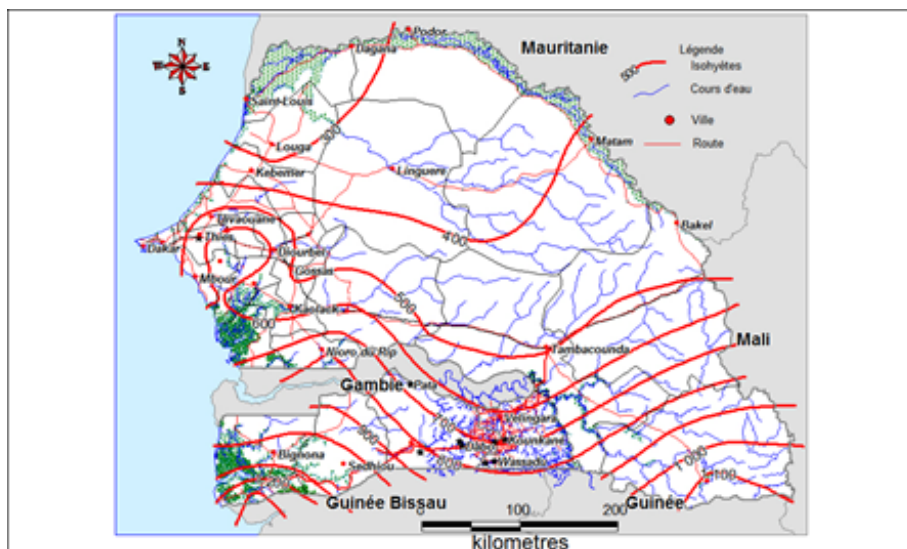
De par sa latitude tropicale entre 12°30 N et 16°30 N, le Sénégal appartient à la zone de transition entre la ceinture périphérique des déserts tropicaux (climat sahélien) et la zone équatoriale centre africaine (climat guinéen).

Du point de vue de sa position latitudinale, le Sénégal se trouve dans le domaine du climat zonal tropical sahélien. Il est marqué par sa position ouverte sur l'océan atlantique (océanité) caractérisée par l'influence alternée des alizés maritimes soufflant du Nord vers le Nord-Ouest et la mousson provenant du Sud du continent. Le régime de ces vents détermine les deux saisons bien contrastées :

- Une saison chaude et pluvieuse marquée par la circulation de la mousson de juin à octobre ;
- Une saison sèche durant laquelle soufflent les alizés continentaux (harmattan) à dominante Nord-Nord-Ouest.

En raison de la latitude tropicale du Sénégal, les températures sont généralement élevées. Mais elles varient dans le temps, avec les saisons (notamment avec les pluies qui les abaissent), et dans l'espace (proximité ou éloignement de l'océan) ; l'amplitude thermique subit la même variation. Par exemple sur la grande côte, la quasi-permanence de l'Alizé maritime et du courant des Canaries expliquent la faiblesse des températures, à Dakar et Saint-Louis maximum en septembre-octobre (30-32°C), minimum en février (20-22°C). A l'intérieur, la continentalité explique la forte amplitude thermique qui peut aller jusqu'à 20°C. La densité hydrographique et la pluviométrie varient dans le même sens comme l'illustre la figure 1 suivante.

Figure 1 : Carte hydrographique et pluviométrique

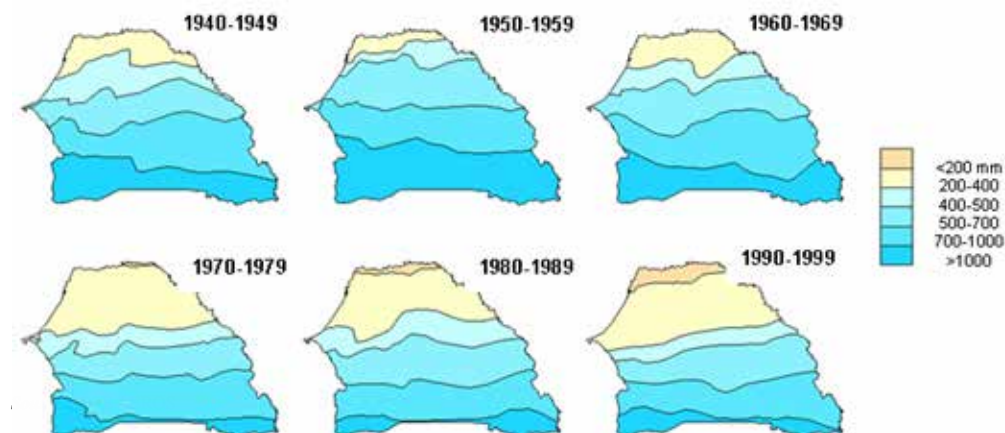


A l'instar des pays sahélien, le Sénégal est confronté à une forte variabilité interannuelle des précipitations qui s'est traduite par la diminution du nombre de jours de pluie et du volume

d'eau recueilli. A cette variabilité interannuelle s'ajoute une variabilité spatiale très marquée. En effet, la pluviométrie varie fortement suivant un gradient climatique sud/nord ; elle passe de plus de 1000 mm/an au sud à moins de 300 mm au nord. La figure suivante illustre la répartition pluviométrique moyenne au cours d'une année à pluviométrie très proche de la moyenne des trente dernières années, l'année 2001.

L'effet cumulatif de ces deux facteurs conduit parfois à des sécheresses très aiguës. En effet, le Sénégal a connu trois épisodes secs : dans les années 1910, 1940 et depuis 1968. Le dernier épisode sec est le plus sévère en raison de sa persistance et des déficits pluviométriques observés qui se sont traduits par l'apparition de l'isohyète 200 mm et son glissement progressif vers le sud sur plus de 120 km entre 1970 et 1999 (figure 2).

Figure 2 : Apparition et glissement de l'isohyète 200 mm



Compte tenu de l'irrégularité et de la faiblesse de la durée des précipitations, le secteur primaire qui représente plus de la moitié de la population active au Sénégal, sans la pratique de l'irrigation, serait complètement réduit au chômage durant presque neuf mois sur les douze mois de l'année. Ce constat justifie la nécessité de sécuriser le développement agricole par recours à l'irrigation là où les ressources en eau le permettent en quantité et en qualité mobilisable.

1.1 Eaux de surface

Le potentiel des ressources en eau de surface annuellement exploitables est estimé à 7 milliards de m³ provenant de trois cours d'eau pérennes qui arrosent le pays du Nord au Sud : le Fleuve Sénégal, la Gambie, la Casamance. Les deux premiers prennent leur source dans le Fouta-Djalon en Guinée. De plus, des cours d'eau temporaires ou fossiles participent à la satisfaction des besoins humains, animaux et agricoles : du Nord au Sud, le Ferlo qui est relié au lac de Guiers, le Saloum et la Falémé arrosant le Centre Sud du pays et la Kayanga et l'Anambé permettant l'irrigation des aménagements hydro-agricoles du bassin de l'Anambé dans le département de Vélingara.

Le Fleuve Sénégal

Ce cours d'eau international traverse quatre pays (Guinée, Mali, Sénégal, Mauritanie) qui participent à sa mise en valeur dans le cadre de l'OMVS (Organisation pour la Mise en valeur du fleuve Sénégal). Les principaux traits du Fleuve Sénégal sont caractérisés par :

- La dénivellation entre Bakel et Saint Louis n'étant que de quelques mètres, la pente générale est très faible et le lit mineur du fleuve divague, décrit des méandres et se déplace après chaque crue. Ceci pose de graves problèmes quand il sert de frontière entre les pays ;
- En fonction de la quantité de pluies tombées sur le Fouta-Djalon, le débit du Fleuve varie beaucoup passant de plus d'un millier de mètres cubes par seconde en période de crue à quelques m³/s en période d'étiage pendant laquelle l'eau de mer arrivait à remonter jusqu'à Podor, avant la réalisation du barrage de Diama ;
- En période de crue, l'eau déborde du fleuve, inonde son lit majeur et se retire au bout d'un temps (souvent plus d'un mois) variable avec les caractéristiques de la pluviosité de l'année. Les cultures de décrue sont semées sur des sols saturés, à forte rétention en eau au fur et à mesure que le fleuve se retire. Ces cultures vivent sur la réserve hydrique du sol sans irrigation jusqu'à leur récolte. La superficie ainsi cultivée traditionnellement est très importante (de l'ordre de 100 000 hectares) ;

Le Lac de Guiers

Au niveau du pont de Richard-Toll le lac de Guiers est alimenté à partir du Fleuve par l'intermédiaire de la Taouey, ancien affluent/défluent sinueux à l'origine, rectifié ensuite. Certains hydrogéologues ont émis l'hypothèse d'une alimentation souterraine à partir de l'inféro flux du Fleuve et du Ferlo sans laquelle, le lac serait vide à certaines périodes de l'année.

Cette étendue d'eau, peu profonde constitue cependant une réserve importante à la fois pour l'alimentation en eau de Dakar, pour l'abreuvement du bétail dans la zone et pour l'irrigation de la canne à sucre de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) à Richard-Toll.

La Casamance

La Casamance est un fleuve entièrement sénégalais. A cause de sa longueur limitée (370 km), son débit est faible par rapport au Fleuve Sénégal et la Gambie. Ce faible écoulement explique l'incursion de l'eau marine jusqu'en amont de Sédhiou où un barrage anti-sel bloque actuellement la remontée salée. Ce barrage a été construit en 1996 au droit de Diopcounda, sur initiative locale.

Le delta ou Basse Casamance, très étendu et à pente très faible, est constitué d'un enchevêtrement de chenaux tortueux (les bolons) dont l'écoulement change de sens deux fois par jour en fonction de la marée. L'eau saumâtre, chargée de limon, le sol assez sableux, sulfaté acide, souvent sodique et toujours saturé permettent le développement d'une végétation d'arbustes bien adaptés avec un système racinaire aérien permettant le captage de l'oxygène et le gaz carbonique de l'air : le palétuvier. En termes de potentialités, les superficies sur lesquelles la lutte anti-sel devrait être organisée pour maintenir et améliorer la pratique de l'agriculture représentent quelque 70 000 ha de vallées.

Le fleuve Gambie

La Gambie qui prend sa source dans le Fouta-Djalon, traverse trois pays : la Guinée, le Sénégal et la Gambie. Elle pénètre au Sénégal dans une zone proche de Kédougou, arrose le parc Niocolo-Koba puis quitte le Sénégal à hauteur de Fatoto pour entrer en Gambie à 400 km de la mer. Banjul, la capitale de la Gambie se trouve sur la rive gauche de l'embouchure du Fleuve.

La pente générale étant très faible, le fleuve décrit de nombreux méandres entre Kédougou et la mer. Il est situé en zone humide à climat peu contrasté sur son cours, les crues sont fortes en hivernage mais en étiage, le débit de base reste assez important car alimenté par des nappes abondantes et bien fournies dans la zone. Les potentialités identifiées pour l'irrigation sont de l'ordre de 15 500 ha (dont 4 100 ha de plaines alluviales ayant une bonne aptitude pédologique et disposant d'assez d'eau pour l'irrigation¹) pour la Gambie (zone de Tambacounda), et 5 000 ha de bas-fonds pour la zone de Kédougou;

L'Organisation de la Mise en Valeur de la Gambie (OMVG) qui regroupe la Guinée, le Sénégal, la Gambie et la Guinée Bissau a retenu des projets d'aménagements dans la partie supérieure du cours inférieur, en particulier, la construction de barrages hydro-électriques. Ces aménagements auront en outre un rôle de maîtrise des crues du fleuve qui causent parfois des dégâts aux exploitations agricoles irriguées à partir du la Gambie.

La valorisation des ressources en eau du fleuve est assujettie à des contraintes d'ordre technique. En effet la Gambie offre un enjeu relativement moins important pour le Sénégal. La haute vallée qui dispose d'importantes ressources en eau est peu favorable aux aménagements hydro-agricoles : le relief exige des travaux de planage coûteux, la zone, très boisée doit être déboisée, défrichée avant tout aménagement. Aussi, le coût de l'hectare aménagé serait nettement supérieur aux coûts de réalisation dans les autres régions du pays. De plus, la région étant éloignée, isolée et peu peuplée, le transport des produits agricoles est difficile, coûteux et l'autoconsommation est faible.

La Kayanga

Ce cours d'eau prend sa source en Guinée, coule vers le Nord, fait une incursion dans la partie Est de la région de Kolda, coule en direction Sud et se retrouve de nouveau en Guinée Bissau sous le nom de Rio Ghébâ. Le débit de son cours inférieur est loin d'être négligeable.

Les disponibilités en eau dans la cuvette sont tributaires de la forte variabilité des écoulements interannuels et annuels de l'Anambé, ce qui n'est pas favorable à la double culture dans les zones aménagées du bassin. Le supplément d'eau apportée par le barrage confluent ne règle pas le problème puisque la Kayanga est, elle-même, affectée par la même variabilité de ses écoulements.

La vallée du Ferlo, le Saloum, et autres cours d'eau

Le Ferlo était un défluent du Fleuve Sénégal qui, dans les années 1950 reliait le Fleuve (dans les régions de Matam et de Bakel) au lac de Guiers au niveau de Keur Momar Sarr. Avec la sécheresse des années 1950, le Ferlo s'était asséché. Les autorités à l'époque craignaient que

¹ Etude de Schéma directeur du fleuve Gambie (SOGREAH, HYDROCONSULT, SCET Tunisie), Octobre 1998

le lac ne se vide dans le Ferlo : un barrage a été construit à Keur Momar Sarr : la digue de Mérinaguène. Après les aménagements OMVS sur le Fleuve dont le débit à Matam devient plus important, le Ministère chargé de l'Hydraulique a envisagé la remise en eau du Ferlo dont les objectifs sont de recharger la nappe du Maestrichtien, favoriser l'élevage dans la zone (abreuvement du bétail, développement de prairie naturelle), augmenter la ressource piscicole, irriguer de petites superficies agricoles.

Dans les régions centrales (Louga, Diourbel Fatick et Kaolack) coulaient abondamment les marigots du Sine et du Saloum. Leurs débits sont assez limités et n'arrivent pas à lutter contre la remontée marine. Le Sine et le Saloum ont des écoulements temporaires et dans leur cours aval, l'eau est très salée. Dans le delta qui se trouve près de Fatick et de Kaolack, le sel est exploité. Dans les années humides, des aménagements hydro-agricoles étaient réalisés à Fatick, dans le Bao-Bolon, où quelques dizaines d'hectares étaient cultivés en riz. Actuellement, subsistent quelques petits aménagements à l'Est de Kounghoul. Dans son cours supérieur, le Saloum participe à l'approvisionnement des villages en eau domestique.

Dans la partie proche de la côte de la région de Fatick coulent de petites rivières en permanence (la Néma, la rivière Djikoye). Ces marigots constituent des zones à forts potentiels pour l'exploitation agricole des eaux de surface. Des projets d'aménagements hydro-agricoles en petite irrigation sont en cours de montage.

1.2. Eaux souterraines

Dans les deux tiers du pays, le bilan «Pluie - ETP» est positif en année moyenne. Les eaux excédentaires ruissellent, s'évaporent, s'infiltrant et rejoignent la nappe. On distingue ainsi des nappes phréatiques libres, des nappes perchées souvent temporaires, des nappes captives.

Du Nord au Sud, on rencontre :

- la nappe du Nouakchottien au Nord : par suite de plusieurs transgressions et régressions marines au quaternaire, l'eau de mer est piégée dans le delta du Sénégal où par le jeu d'évaporation progressive, elle se concentre et devient deux fois plus salée que l'eau de mer (60 g de sel au litre contre 33 g par litre pour l'eau de mer de l'Atlantique). Sa profondeur varie avec les pluies et surtout l'irrigation des cultures ; en moyenne, son niveau statique se trouve à 2 mètres de profondeur ;
- au Nord la nappe du Maestrichtien, plus profonde, couvrant presque tout le pays, captive dans sa partie centrale et affleurant à l'Est où elle est alimentée par les pluies et par les crues du fleuve Sénégal. Dans sa partie Nord, elle est captive et dès que le toit de l'aquifère est atteint, le niveau remonte de cinquante mètres en moyenne à une vingtaine de mètres avec un débit important caractéristique des nappes captives. L'eau légèrement sodique et chlorurée par endroit (Zone de Bambey) pose des problèmes pour l'irrigation ;
- au Centre Nord dans la zone centrale, on rencontre la nappe libre des calcaires du Lutétien entre 20 et 10 mètres de profondeur, puis la nappe du Maestrichtien plus profonde, 40 à 60 mètres. Le débit du Lutétien est très variable : comme dans tout écoulement karstique, si l'on a la chance de rencontrer une grosse fissure, le débit peut être important pouvant atteindre 50 à 80 m³/heure pour des niveaux dynamiques de pompage limités à 50 mètres de profondeur pour des raisons économiques. L'eau est calcaire et chargée à 1,5 g de sel au litre. Elle doit être utilisée avec précaution surtout

sur des sols sableux à faible pouvoir tampon : utilisation des engrais acides, des engrais verts, pulvérisation de chélates de fer et de molybdène.....Le débit du Maestrichtien est plus élevé (supérieur à 100 m³/heure) mais l'eau est sodique. Des précautions doivent être prises pour permettre son utilisation agricole : aspersion à proscrire, sur des sols sableux de la zone, seule le goutte à goutte à doses fractionnées est à préconiser, avec la nécessité d'appliquer des amendements calciques (phosphogypse, chaux, coquillage concassé) ;

- au Centre Nord sur le littoral atlantique, à partir de la surface, on trouve :
 - les nappes superficielles des Niayes (mares temporaires alimentées par les pluies) dont le niveau coïncide avec celui plus profond des sables des Niayes en saison des pluies et qui alimentent cette dernière en saison sèche. L'eau est à 2-3 mètres de profondeur et de bonne qualité pour l'agriculture ;
 - la nappe des sables, sables des Niayes sur le littoral Nord, sables quaternaires aux environs de Dakar, Pikine (nappe de Thiaroye). Le niveau hydrostatique de la nappe des sables des Niayes correspond à celui du Lutétien (20 à 30 m), le débit est nettement plus élevé (100 à 150 m³/heure). Les grands maraîchers exploitent cette nappe. L'exploitation de la nappe des sables quaternaires est rigoureusement interdite à cause de sa surexploitation qui risque de mettre en danger l'agglomération dakaroise ;
 - la nappe du Maestrichtien de profondeur plus grande (100-150m avec niveau statique à 50 m). L'eau est chaude et surtout chargée d'oxyde ferreux, ce qui pose des problèmes de pompage (corrosion des crépines) et d'irrigation au goutte à goutte (obstructions par dépôt d'oxyde ferrique).
- au Centre Nord à l'Est : on trouve l'inféro flux du Fleuve en surface tout proche de la nappe du Maestrichtien qui affleure à certains endroits de la surface du sol. Ces deux aquifères sont alimentés par l'eau du Fleuve, par infiltration et par débordement en période de crue. L'eau est de bonne qualité domestique et agricole ;
- au Centre Sud, la nappe du Pliocène correspond au Lutétien : profondeur 20 à 30 m, eau de bonne qualité agricole mais chargée en fluor donc interdite à la boisson, surtout pour les enfants. Quelques nappes perchées temporaires du Sine Saloum ont une importance limitée.
- à l'extrême Sud, en Casamance, les nappes du Paléocène et du Miocène de profondeur entre 20 et 30 mètres sont exploitées pour des besoins domestiques, l'utilisation agricole est très limitée car coûteuse, peu rentable et surtout concurrencée par les pluies et les eaux de surface.

Le tableau 1 suivant récapitule l'ensemble des ressources en eau souterraine en termes de potentialités et de niveau d'utilisation.

Tableau 1 : Ressources en eau souterraine au plan national : potentialité et niveau d'utilisation

Aquifères	Capacité (m ³ /j)	Prélevé (m ³ /j)	Disponible
<i>Aquifères majeurs</i>			
• Fleuve Sénégal	140.000	faible	100.000
• Cayar à St Louis	115.000	70.000	45.000
• Cayar à Dakar	45.000	45.000	0
• Nappe infrabasaltique	15.000	18.000	0
• Lentilles Saloum	4.000	faible	4.000
• Lentilles Casamance	5.000	faible	5.000
• Miocène en Casamance	105.000	5.000	100.000
• Eocène Louga Bambey	14.000	faible	14.000
• Paléocène Pout/Sébikotane/Mbour	58.000	59.000	0
<i>Maestrichien</i>			
• Nappe profonde	700.000	70.000	630.000
• Zone d'alimentation	420.000	faible	400.000
<i>Aquifères mineurs</i>			
• Socle (Arène, fissure)	50.000	faible	50.000
• Eocène Est Louga Bambey	50.000 ?	faible	faible
• Paléocène Est Cayar	20.000 ?	faible	faible
• Diverses formations supérieures	très faible	très faible	très faible

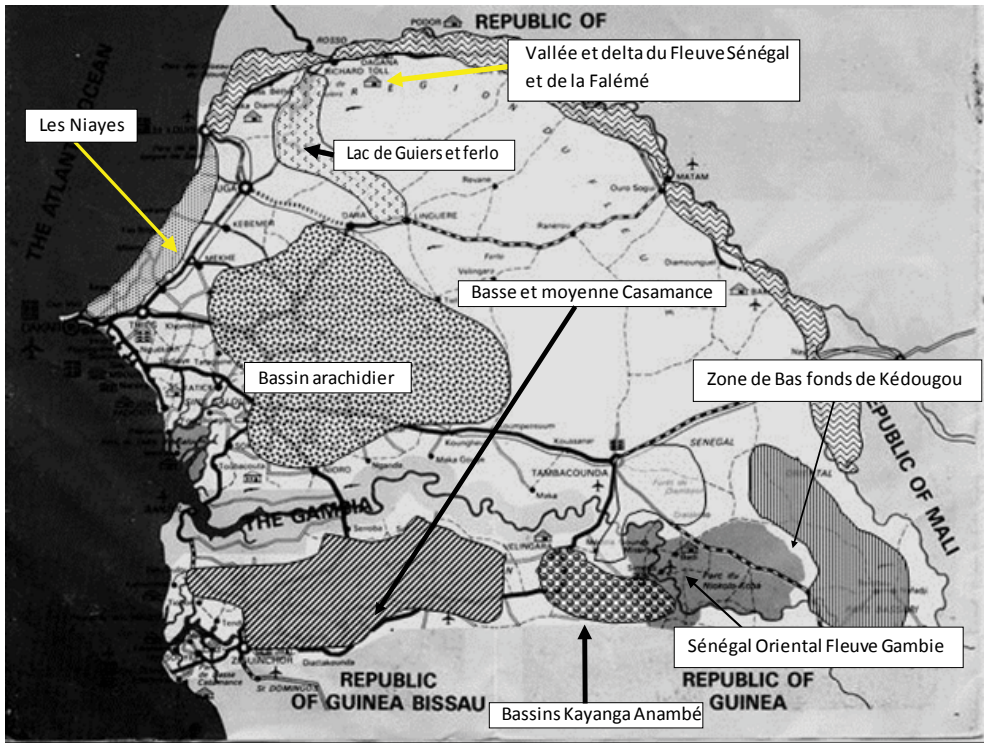
Source : Bilan-diagnostic des ressources en eau du Sénégal, Ministère de l'Hydraulique (MH.,1994)

II. Le secteur hydro-agricole au Sénégal

2.1 Les principales zones de développement de l'irrigation

Les zones disposant de ressources en eau d'irrigation reconnues et sans contraintes insurmontables de mobilisation sont: les vallées des fleuves Sénégal, Gambie, Casamance, Anambé-Kayanga, la zone des Niayes et, de façon marginale, le Bassin arachidier où les disponibilités en eau sont limitées par la profondeur importante des nappes d'eau souterraine. Il faut ajouter les vallées telles que le Bas-Ferlo alimenté à partir du lac de Guiers pour lesquelles le potentiel théorique évoqué est important mais dont la crédibilité reste suspendue à la faisabilité économique des solutions techniques envisagées. La figure 3 montre la répartition des principales zones où l'irrigation peut se pratiquer facilement compte tenue de la présence de ressources en eau facilement mobilisables.

Figure 3 : Zones potentielles d'aménagements hydro-agricoles au Sénégal



Les caractéristiques des principales zones disposant de ressources en eau pour le développement de l'irrigation sont indiquées ci-après :

- Les vallées et le delta du Fleuve Sénégal et de la Falémé** : C'est une zone relativement bien dotée en ressources naturelles (eau, terre et soleil) et humaines. L'Etat y a consenti d'importants investissements pour le développement de l'agriculture irriguée. La superficie potentielle irrigable en territoire sénégalais a été estimée à 228 000 ha mais dans les conditions d'exploitation des ouvrages communs vers lesquelles s'oriente l'OMVS (200 m³/s de débit garanti), la superficie réellement irrigable en contre-saison au Sénégal serait limitée à 88 000 ha
- La zone du Lac de Guiers et le Ferlo** : Cette étendue d'eau, peu profonde constitue cependant une réserve importante à la fois pour l'alimentation en eau de Dakar, pour l'abreuvement du bétail dans la zone et pour l'irrigation. Depuis que le barrage de Diama soit entré en fonctionnement, la maîtrise des fluctuations du plan d'eau du Lac de Guiers permet d'envisager de grandes potentialités hydro-agricoles de part et d'autre du Lac et même l'opportunité de la remise en eau des vallées mortes au Sud du lac de Guiers. L'estimation encore très théorique, fait état d'un potentiel de 75 000 ha pour l'ensemble de ces vallées à revitaliser; ce chiffre doit rester purement indicatif en attendant les résultats d'études de confirmation

- **Le fleuve Gambie** : Il est partagé avec la Gambie et la République de Guinée, dont la gestion relève de l'OMVG, à laquelle la Guinée Bissau a adhéré en 1985 lorsque la compétence de l'organisation a été étendue au bassin voisin de la Kayanga-Geba. Son volume annuel moyen écoulé est de 3,44 milliards de m³; le potentiel de la partie sénégalaise est concentré sur le haut bassin de la Gambie (15 500 ha dont 4 100 ha de plaines alluviales) et dans la zone de Kédougou (environ 5 000 ha bas-fonds)
- **Le bassin de l'Anambé-Kayanga** : Il est constitué par la Kayanga qui prend sa source en République de Guinée et l'affluent-défluent Anambé (entièrement sénégalais). Les apports annuels au droit du barrage de l'Anambé sont de 102 millions de m³ en moyenne par an, dont 80% proviennent de la Kayanga; les surfaces irrigables en aval de barrages sont estimées à 5 000 ha
- **Les Niayes** s'étendent de Dakar à Saint-Louis. L'irrigation y est pratiquée en utilisant les eaux de la nappe phréatique peu profondes. Les risques de remontée saline sont importantes dans certains endroits de fortes sollicitations. Pour la zone des Niayes, on estime le potentiel irrigable à près de 13 000 ha
- **Le Bassin arachidier**, qui abrite deux systèmes d'aquifères généralisés (le système aquifère intermédiaire de l'Eocène et du Paléocène et le système aquifère profond du Maestrichtien avec des toits de profondeurs moyennes respectives de 80 et 350 m²). Le système aquifère intermédiaire est en situation de surexploitation dans la région du Cap Vert, et il en est de même du système profond en dehors du bassin sédimentaire; le potentiel irrigable dans des conditions de rentabilité économique et financière est extrêmement limité. Le potentiel de superficie irrigable est estimé à 75 000 ha
- **La zone des bas-fonds de Kédougou**, située en zone de géologie ancienne, est propice aux formes d'irrigations de types aménagement de bas-fonds. En effet il existe dans cette partie du pays de grands bas-fonds pouvant valablement être aménagés pour la production rizicole et pour les productions maraîchère durant les autres périodes de la saison sèche. Les potentialités de cette zone sont comptabilisées sur le fleuve Gambie.
- **La basse et moyenne Casamance**. Regroupant les régions de Ziguinchor, Sédhiou et une grande partie de la région de Kolda, les potentialités en termes de ressource en eau et terres sont importantes dans ces régions. Toutefois la partie aval des vallées du fleuve Casamance et ses affluents sont soumis à l'intrusion saline lors de la montée des marées. C'est la raison pour laquelle les aménagements de types bas-fonds sécurisés par des ouvrages anti-sel là où cela est nécessaire, sont les options mises en œuvre dans ces zones. L'affaissement des nappes d'eau douce (jusqu'à 10 m parfois) et le recul important de la pluviométrie rendent impossible tout contrôle naturel de l'intrusion saline dans les vallées adjacentes traditionnellement cultivées en riz; les superficies sur lesquelles la lutte anti-sel devrait être organisée pour maintenir et améliorer la pratique de l'agriculture représentent quelques 70 000 ha de vallées. Dans les parties non soumises à l'influence marine, l'irrigation des cultures horticoles est largement pratiquée à côté des rizicultures de bas-fond.

² Les niveaux statiques de ces nappes qui sont captives ou libres selon les endroits sont de 30 et 25 m respectivement pour le système intermédiaire et le système profond.

2.2 L'irrigation et la production agricole

Les productions agricoles développées sur les périmètres irrigués se regroupent en deux volets de spéculations: (i) les productions céréalières irriguées où le riz est largement majoritaire, avec quelques expériences qui se développent sur le maïs et le sorgho sur la moyenne et la haute vallée du fleuve Sénégal; et (ii) les productions horticoles dominées par l'oignon et la tomate. D'autre part, des tests de production d'arachide (contre-saison chaude) et de coton (hivernage) sont en cours d'expérimentation dans la vallée du fleuve Sénégal au titre de la diversification agricole.

Les **productions céréalières irriguées** (riz notamment) représentent l'essentiel des superficies aménagées. La production de paddy (tous systèmes de production confondus³) représentait une superficie cultivée totale fluctuant entre 62 600 ha et 69 400 ha pour une production totale allant de 146 000 à 193 500 tonnes (données de 2005). Les principaux pôles de production irriguée sont la région du Fleuve Sénégal qui concentre à elle seule 64 à 66% de la production pour 37 à 40% des superficies cultivées et la région de Ziguinchor/Kolda qui représente 50% des superficies pour 27% de la production. Les autres zones de production sont la région de Tambacounda et, dans une moindre mesure, les régions de Kaolack et de Fatick.

« Grâce aux résultats positifs enregistrés avec la Goana, notre pays a pu réduire sensiblement les importations en 2010, selon le Directeur du commerce intérieur. De 891.981 tonnes en 2007, le Sénégal est passé à 533.528 tonnes de riz importé en 2010, soit une baisse sensible de plus de 300.000 tonnes. Ce recul des importations est dû à la hausse de production locale de riz paddy boosté par la Goana. Ainsi, notre production de riz (paddy) a enregistré une augmentation, passant de 242.617 tonnes à 539.347 tonnes en 2009 » (*Le Soleil du 26 Novembre 2010 sur les résultats de la Goana*) »

Les autres productions céréalières irriguées se limitent, dans la vallée du fleuve Sénégal, au maïs et au sorgho, cultivés toutefois sur des superficies insignifiantes. Leur culture (en hivernage ou en contre-saison froide) reste sous une forme expérimentale avec l'objectif d'évaluer les potentialités de diversification des céréales irriguées. D'un point de vue agronomique, les principales contraintes portent sur l'utilisation de variétés à faibles rendements, la sensibilité de ces cultures à l'excès d'humidité, les trop faibles densités de semis, la fertilisation, les fréquences d'irrigation, le respect des calendriers culturaux et la présence de ravageurs de cultures (oiseaux).

Les **productions maraîchères et fruitières** représentaient⁴ une superficie totale de l'ordre de 11 000 ha pour le maraîchage et de 15 000 ha pour les productions fruitières. Cette situation ne fait pas ressortir la part de l'agriculture irriguée par rapport au pluvial; l'on sait toutefois que la superficie des cultures maraîchères est presque entièrement sous l'agriculture irriguée, tandis que la majeure partie des cultures fruitières de Casamance (mangue essentiellement) est conduite sous pluie; c'est l'oignon qui occupe les plus grandes superficies maraîchères cultivées avec plus de 3 200 ha pour une production totale de 65 000 tonnes, suivi de la tomate (1 950 ha pour 31 360 tonnes), du chou (1 270 ha pour 13 330 tonnes) et de la pomme de terre (800 ha pour 12 800 tonnes produites). Pour les fruits, ce sont les mangues qui occupent la plus grande superficie, suivies par les agrumes et les bananes.

³ Les statistiques nationales publiées ne permettent en effet pas de faire la distinction entre les différents systèmes de cultures pratiqués (pluvial, maîtrise totale, bas-fonds, submersion ou de nappe).

⁴ Statistiques officielles de la Direction nationale de l'horticulture (DNH).

Les importations⁵ de fruits et légumes concernent essentiellement les pommes de terre (26 000 tonnes), les oignons (5 900 tonnes) et les bananes (5 850 tonnes). En valeur ces dernières représentent à elles seules près de la moitié des importations. En matière d'exportation, ce sont les haricots verts (type "*filet*" et "*Bobby*") produits dans la région de Niayes qui sont prédominants avec un peu de tomate "cerise".

D'un point de vue régional, les productions maraîchères et fruitières sont localisées principalement dans la zone des Niayes et les régions de Thiès, de Ziguinchor, de Kolda, de Saint-Louis et de Tambacounda. Les régions de Dakar et de Thiès (au sein de laquelle se situe la zone des Niayes) regroupent à elles seules plus de 63% des superficies cultivées en maraîchage et environ 34% des superficies fruitières. La zone de Basse et Moyenne Casamance concentre plus de 60% des superficies fruitières (42% pour la région de Ziguinchor et 19% pour la région de Kolda) et produit 54% des productions (respectivement 38% pour Ziguinchor et 16,3% pour Kolda). Parmi les autres régions seules celles de Fatick est significative (5%) pour l'arboriculture fruitière et celles de Louga, Saint-Louis et Kaolack pour le maraîchage (respectivement 13, 13 et 6% des superficies cultivées).

Quelques observations spécifiques, en termes de productivité et de contraintes de production sont présentées ci-après pour les principales spéculations horticoles :

Tomate: pratiquée un peu partout dans le pays, les rendements moyens (même en système irrigué) sont inférieurs à 20 t/ha, donc nettement en dessous des possibilités offertes par les variétés mises en place. Les contraintes principales sont essentiellement phytosanitaires, le non-respect des rotations culturales (monoculture accroissant les risques phytosanitaires) et des calendriers culturels et organisationnel (au niveau de la vallée du Sénégal) avec les difficultés de fixation/négociation de prix entre producteurs et transformateurs.

Oignon: ses rendements observés (qui ne dépassent que rarement les 20 t/ha) se situent en dessous du potentiel des variétés pratiquées. Les contraintes restent au niveau phytosanitaire et à celui de l'organisation des rotations. Un essai d'étalement de la culture de l'oignon a été testé avec succès depuis plusieurs années par le CDH. La spéculation fait partie de celles qui sont pratiquée timidement à l'irrigation au goutte à goutte dans les Niayes et dans certains périmètres tests dans le bassin arachidier.

Pomme de terre: en plus de ses exigences agronomiques (qualité de sols et calendrier cultural) et sa sensibilité aux nématodes, sa principale contrainte se situe au niveau des difficultés d'approvisionnement en semences (généralement importées) et par le coût élevé de celles-ci (elles peuvent représenter jusqu'à près de 70% des coûts d'opération).

Patate douce : exigeante en terme de sols, de drainage, de respect du calendrier cultural, et de contrôle phytosanitaire rigoureux (ce risque est accentué par le système de monoculture souvent pratiquée, à N'Der notamment).

Agrumes : très sensible aux attaques parasitaires et à la sécheresse, la production est limitée par les exigences des consommateurs sur le plan local (amertume) et international (couleur).

Manguiers : principale production fruitière du pays, sa conservation difficile oblige à envisager des mécanismes de transformation pour lesquels les infrastructures sont inexistantes.

Banane : sensible aux parasites, sa production est limitée par l'exigence des consommateurs en matière de goût, de taille, de forme et de couleur.

⁵ Chiffre DNH

2.3 Les différents types d'irrigation

Les principaux types d'aménagements hydro-agricoles développés au Sénégal sont décrits ainsi qu'il suit et les zones où ces irrigations se pratiquent sont indiquées.

Les aménagements par irrigation gravitaire dans la vallée du fleuve Sénégal, du Lac de Guiers et du bas Ferlo.

- *grands périmètres irrigués (GPI)*: de 400 ha à quelques milliers d'hectares et conçus en maîtrise totale de l'eau, les GPI sont réalisés par l'Etat⁶ et gérés par la SAED avant leur transfert progressif aux associations villageoises au rythme des réhabilitations; la taille des exploitations familiales est de 2 ha en moyenne; les coûts moyens d'aménagement sont de l'ordre de 10 millions FCFA à l'hectare pour les aménagements neufs et 3,5 millions de FCFA/ha pour les réhabilitations; la participation (sous toutes les formes) des agriculteurs est quasiment nulle; les rendements rizicoles moyens sont de l'ordre de 4,5 t/ha et les intensités culturales ne dépassent pas 1,1 en moyenne ;
- *aménagements intermédiaires (AI)*: de 60 à moins de 400 ha et de conception identique à celle des GPI, les AI sont aménagés par l'Etat et gérés par la SAED avant leur transfert aux organisations paysannes ; la superficie des parcelles familiales est de 1 ha en moyenne; les coûts d'aménagement sont de l'ordre 7,5 millions de FCFA/ha pour les aménagements neufs et de 2,5 millions de FCFA/ha pour les réhabilitations, sans participation paysanne particulière aux travaux; les performances agronomiques sont comparables à celles des GPI ;
- *périmètres irrigués villageois (PIV)*: de 20 à 30 ha en général, aménagés par l'Etat et gérés par des groupements villageois; l'objectif du moment était de garantir aux paysans la subsistance alimentaire avec de petites parcelles (0,1 à 0,5 ha), dans le contexte des sécheresses répétées; les coûts moyens à l'hectare d'aménagement neuf et réhabilité sont estimés à 3 millions et 1,5 millions de FCFA respectivement, avec une conception beaucoup plus sommaire que dans les deux cas précédents; la participation des bénéficiaires (essentiellement physique) est très forte ; les rendements rizicoles varient de 4 à 5 t/ha ;
- *petits périmètres irrigués privés (PIP)*: avec quelques dizaines d'hectares comme dans le cas des PIV, les PIP sont installés sur initiative strictement privée; la zone du delta et la basse vallée renferme l'essentiel des PIP; les aménagements sont particulièrement sommaires (sans étude préalable sérieuse), et les coûts investis sont dérisoires (150 000 de FCFA/ha à peine); les rendements en paddy diminuent rapidement de 5 à moins de 3 t/ha, du fait de l'absence de drainage en milieu salé et des difficultés à contrôler les mauvaises herbes liées au mauvais planage des parcelles;
- *Les petits périmètres horticoles du lac de Guiers et du bas-Ferlo* sont constitués de quelques hectares de superficie; en dehors des groupements féminins qui sont appuyés par des ONG, toute la petite irrigation maraîchère est financée par les bénéficiaires. La plupart sont irrigués de façon traditionnelle avec le seau. Cependant il existe maintenant des petits périmètres pratiquant le goutte-à-goutte avec des goutteurs en ligne sur des

⁶ Excepté les périmètres sucriers privés de Richard Toll (7 800 ha).

cultures horticoles. Les coûts varient selon les surfaces. Kits de 500 m² à 250 000 FCFA, Equipements sur un hectare à 1,5 à 2,5 millions de FCFA selon que l'eau est mobilisée ou non. Les rendements lorsque la facture d'eau est payée (ASUFOR) sont assez attractif⁷.

Les aménagements hydro-agricoles par digue anti-sel en Basse et moyenne Casamance et dans la région de Fatick.

Les aménagements anti-sel, financés par l'Etat, ont pour fonction principale d'arrêter le front salé qui envahit les vallées rizicole et de permettre de disposer d'un plan d'eau pour améliorer la riziculture des bas-fonds ; les communautés villageoises participent à la mise en place des aménagements et assurent leur gestion par le biais de comités de gestion; les coûts d'aménagement sont de l'ordre de 300 000 FCFA/ha ; les rendements rizicoles sont de l'ordre de 1,5 t/ha.

Les grands périmètres hydro-agricoles alimentés par des barrages des bassins de la Kayanga et de l'Anambé

Les grands aménagements de l'Anambé : deux barrages permettent d'irriguer 5000 ha mais la participation des bénéficiaires est quasi-nulle et le coût d'aménagement atteint 7 millions FCFA/ha. Les rendements rizicoles sont de l'ordre de 5 t/ha dans les meilleurs des cas (forte variabilité). Les taux de mise en valeur ne dépassent guère 30% en moyenne. Le problème d'appropriation des aménagements par les bénéficiaires reste une contrainte fondamentale dans cette zone.

Les périmètres bananiers au goutte-à-goutte ou par arrosage manuel des rives et des Vallées du Fleuve Gambie

Les périmètres bananiers de la zone de Gouloumbo ont une superficie constituée de blocs autonome de 4 ha dont le cumul peut aller jusqu'à 40 ha. Ces aménagements sont gérés par des producteurs privés affiliés à l'APROVAG (Association des Producteurs de la Vallée du Fleuve Gambie). Ils concernent essentiellement la culture de banane sur les berges du fleuve Gambie. Et le système d'irrigation utilisé est le goutte-à-goutte. Les problèmes d'entretien et de gestion des équipements (réseaux primaires et secondaire enterrés, pompage sur bac flottant sur une rivière à fort marnage), les crues récurrentes et incontrôlées du fleuve Gambie sont à l'origine des grandes difficultés de ces types d'aménagement.

Les aménagements hydro-agricoles de bas-fonds de la région de Kédougou

Les premières actions entreprises dans la zone de Kédougou par la SODEFITEX ont porté sur la vulgarisation, l'approvisionnement en intrants, la transformation et la commercialisation; tout récemment, de petits aménagements de micro-hydraulique sur bas-fonds ont été entrepris avec l'appui d'une ONG (le GADEC); le PSSA d'abord, puis le PAPIL ont procédé également sur les bas-fonds de Kédougou à des améliorations des techniques traditionnelles de maîtrise de l'eau et à l'utilisation de fertilisants chimiques avec de bons résultats agronomiques (4 t/ha).

⁷ Programme de Développement des marchés agricoles du Sénégal, Tests d'irrigation localisée

Les irrigations privées dans les Niayes

- *petits et moyens périmètres privés (PMPP)*: de quelques dizaines à plusieurs centaines d'hectares, les PMPP ont été initiés par le secteur privé (des particuliers et la société BUD-Sénégal) et sont destinés à l'horticulture ;
- *micro-irrigation privée (MIP)*: avec des parcelles de moins d'un hectare à quelques hectares, c'est la catégorie de maîtrise de l'eau pour agriculture irriguée horticole la plus répandue dans la zone des Niayes, avec divers systèmes de mobilisation de l'eau (céanes, puits bétonnés), d'exhaure (puisette, pompes à motricité humaine, petites motopompes). L'arrosage se fait aussi bien manuellement que automatiquement par distributeurs (goutte à goutte)

La petite irrigation dans le Bassin arachidier

- *micro-périmètres irrigués en aval de forages*: 1 à 2 ha par forage réalisé par l'Etat pour l'approvisionnement en eau des villages, lorsque le débit d'exploitation le permet; les aménagements sont exploités par les femmes qui disposent de micro-parcelles maraîchères individuelles ;
- *micro-périmètres en aval de puits* : quelques ares par puits pour le maraîchage, notamment dans le sud du Bassin (vallée de Sine).

Le potentiel global estimé par croisement de plusieurs références s'élève à 497 500 ha sur l'ensemble du pays reparti comme suit (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Potentiel des systèmes irrigués au Sénégal

Zones de développement potentiel de l'irrigation	Type d'irrigation dominant	Superficie potentielle en ha	Spéculations potentiellement dominantes	Principales Contraintes
Vallée du Fleuve Sénégal	Pompage depuis le fleuve ou le lac, Gravitaire par bassin, raie, Micro-irrigation naissante	228 000	Riz, Tomate Oignons, patate douce	Coût d'investissement, gestion de l'irrigation Problèmes fonciers
Lac de Guiers et bas ferlo	Pompage depuis le lac, Gravitaire par micro-bassin, raie, Micro-irrigation naissante	75 000	Tomate Oignons, patate douce	Coût d'investissement, gestion de l'irrigation Problèmes fonciers
Les Niayes	Arrosage manuel, Pompage à partir de pointe filtrantes ou de puits, Goutte-à-goutte, Aspersions	13 000	Cultures Horticoles	Baisse des nappes, Qualité de l'eau
Bassin arachidier	Goutte à goutte, Arrosage manuel	75 000	Cultures maraîchères	Mobilisation des eaux souterraines, Qualités des eaux
Fleuve Gambie + Bas-fonds de Kédougou	Pompage, Gravitaire, Goutte à goutte sur banane	20 500	Bananes, Riz, Cultures maraîchères	Coût des réalisations, Crues incontrôlées de la Gambie
Casamance	Bas-fonds, Arrosage manuel sur culture maraîchère	70 000	Riz, maraîchage en contre saison froide	Pérennisation des aménagements, Problèmes fonciers
Kayanga Anambé	Gravitaire à partir de pompage depuis des barrages	16 000	Riz	Coût de réalisation, Gestion des périmètres

III. Les politiques de développement de l'irrigation

3.1 La politique sectorielle dans le domaine de l'eau

Le Gouvernement du Sénégal, conscient que les problèmes liés à l'eau sont préjudiciables à son développement économique et social a enclenché un processus visant l'amélioration de la gestion des ressources en eau. Admettant aussi qu'il devient de plus en plus urgent de passer à de nouvelles formes de gestion de l'eau, le Sénégal a tenu à se conformer aux recommandations issues du Sommet de Rio-Dublin en 1991, du Sommet du Millénaire tenu en septembre 2000 et du Sommet de la Terre qui a eu lieu à Johannesburg en août 2002.

Le concept de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) se définit comme « un processus qui vise l'exploitation et la gestion coordonnées de l'eau, du sol, et des ressources qui en dépendent, dans le but d'optimiser le bien-être économique et social qui en résulte de manière équitable, sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux ».

Conformément aux directives et recommandations des différentes rencontres internationales sur l'eau, le Sénégal a élaboré en 2007 un Plan d'Action de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) qui a pour objectif de « contribuer à la mise en œuvre d'une gestion intégrée des ressources en eau, adaptée au contexte national, conforme aux orientations

définies par le Gouvernement sénégalais pour la réduction de la pauvreté, l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement et respectant les principes reconnus au plan international en matière de gestion durable et écologiquement rationnelle des ressources en eau ».

En matière de gestion de l'eau, l'essentiel des prérogatives appartiennent à l'Etat. Le rôle de l'Etat dans le domaine de l'eau est caractérisé par l'éparpillement des responsabilités, avec la diversité des services s'occupant des diverses questions d'eau.

3.2 Le plan national de développement de l'irrigation

Le Sénégal adhère aux principes directeurs du Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA). C'est ainsi qu'il a été formulé le Plan National d'Investissement Agricole (PNIA) qui constitue un cadre de référence. Ce cadre intègre le processus PDDAA ainsi que les principes et objectifs de ses quatre piliers dont le premier vise à accroître de façon durable les superficies cultivées et desservies par des systèmes fiables de maîtrise de l'eau.

Le Plan National d'Investissement Agricole, en tant que composante de la politique agricole des États de la CEDEAO (ECOWAP), elle-même émanant du PDDAA vise à accroître le niveau de l'activité économique en augmentant le taux de croissance économique des pays de la CEDEAO par le canal de l'agriculture au sens large qui couvre tout le secteur primaire en vue de l'atteinte des OMD.

La structure des coûts du PNIA par sous-secteur montre les postes « aménagements hydro-agricoles », à côté des postes « engrais » et « semences » occupent le poids le plus important dans le budget consacré à l'agriculture -- plus des 2/3 du montant. Cela signifie que le développement de l'irrigation constitue pour le Sénégal et ses partenaires, le pilier de la croissance économique et de la sécurité alimentaire.

À côté de ce cadre intégrateur des politiques d'interventions dans le secteur primaire, Le Sénégal a entamé l'élaboration d'un plan national de développement de l'irrigation. Sa réalisation se fait en deux phases. La première phase va consister à l'actualisation du potentiel hydro-agricole national et du niveau de son exploitation actuelle, l'analyse diagnostique du développement des cultures irriguées et l'identification des principales contraintes à la valorisation à grande échelle des ressources physiques disponibles.

La deuxième phase concernera les orientations stratégiques pour le développement de l'irrigation assorti d'un plan d'investissement à court terme (horizon 2015) et moyen terme (horizon 2025). Pour le programme d'investissements à court terme, le travail à faire va consister à l'élaboration de Termes de Référence des études d'avant projets sommaires et détaillés à mener et la préparation de dossiers d'appel d'offres des travaux de mise en œuvre du plan.

IV. Les contraintes du secteur irrigué

Bien que disposant d'un important potentiel pour son développement, l'agriculture irriguée sénégalaise se heurte à de nombreuses contraintes parmi lesquelles la faible maîtrise de l'eau qui constitue l'entrave la plus importante à l'amélioration de ses performances.

Le développement de l'agriculture irriguée sénégalaise reste conditionné par les principaux facteurs suivants:

La rentabilité économique : Le coût des aménagements demeure assez élevé du fait de multiples facteurs, et la conduite des irrigations peu efficiente. En effet les coûts à l'hectare varient de plus de 1 million de FCFA pour les PIV (périmètres irrigués villageois, de réalisation sommaire) à plus de 10 millions de FCFA pour certains grands aménagements avec maîtrise totale de l'eau ou en aval de barrages à vocation agricole⁸.

La domination de la riziculture et une diversification timide des cultures irriguées. Le riz est la culture principale pendant l'hivernage et la contre saison chaude. Au début des années 70, c'était la seule culture irriguée. Actuellement elle occupe environ 80 % de l'assolement en irrigué et est autoconsommée à 90%. La production en riz est ainsi utilisée pour la satisfaction des besoins alimentaires du ménage avant le remboursement du crédit reçu pour l'achat d'intrants. Pour les petites exploitations, le niveau d'autoconsommation élevé par rapport à la taille des parcelles, réduit ou annule le surplus rizicole commercialisable

Le niveau de valorisation faible des aménagements hydro-agricoles. Il est caractérisé par des taux d'intensification et de mise en valeur réduits. Quel que soit le type d'aménagement, les taux de mise en valeur dans la région du fleuve Sénégal à l'image du reste du pays, sont faibles et ne dépassent jamais les 100%. Dans certains cas, ces taux n'atteignent même pas 60% ce qui veut dire qu'il y a des jachères en irrigué et que la terre n'est même pas mise en culture qu'une seule fois par an ou, près de 50 % de la superficie équipée, est abandonnée.

La non-intégration de l'élevage à l'agriculture irriguée. Pour diverses raisons, le bétail est tenu loin des périmètres irrigués privant du coup l'agriculture les possibilités de développer des races plus laitières, l'engraissement sur les périmètres irrigués de bovins, ovins ou caprins maigres retirés des parcours (achetés dans des marchés locaux), (activité rémunératrice) et l'extension des cultures fourragères (le sorgho fourrager irrigué « sudan grass »), le maïs, etc.

La faible présence de l'agro-industrie. Le conditionnement et la transformation des produits agricoles doivent permettre une meilleure valorisation des productions. Sous ce rapport on note que la maîtrise des chaînes de stockage, de post-récolte et de transformation devant aboutir à une amélioration de la qualité des produits et à une meilleure commercialisation est peu organisée.

Les contraintes sociologiques liées à la terre. La terre devient de plus en plus une ressource rare dans certaines zones. Le remembrement et l'acquisition foncière, longtemps laissés aux mains des collectivités locales avec comme seul instrument de travail la loi du domaine national n'a pas permis l'émulation vers l'occupation des terres par le secteur privé.

Une dispersion du potentiel hydro-agricole. Les zones à haut potentiel hydro-agricole (vallée du fleuve Sénégal, Casamance) sont éloignées des marchés et zones industrielles (Région de Dakar et de Thiès), ce qui pose la question des infrastructures de liaison et de disponibilité de la ressource eau pour les zones à faible potentiel hydro-agricole (bassin arachidier).

Une faible mobilisation du potentiel hydraulique. Le potentiel hydraulique en termes de ressources en eau mobilisable est très faiblement exploité avec moins de 4% de taux de mobilisation. Cela s'explique par les coûts élevés décrits plus haut et la manque de compétitivité des filières irriguées faces au marché mondial.

Une multiplicité d'intervenants. Un nombre important de Sociétés de Développement régionaux, de programmes, de projets, d'agences nationales et de services techniques

⁸ Rapport sur la coopération Maroc-Sénégal dans le domaine des aménagements hydro-agricoles 1998 ; cité dans document Technique, Programme Nationale de Sécurité Alimentaire, 2006-2010.

traditionnels publics et privés intervient dans le sous-secteur de l'irrigué et parfois sur les mêmes sites. Sans la coordination efficiente qui devrait régir ces intervenants, il y a une dispersion des moyens et une entrave sérieuse au développement de ce sous-secteur.

V. La gestion des systèmes irrigués

La gestion des ressources en eau dans les systèmes irrigués est étroitement liée à la gestion globale de l'eau au niveau national. Celle-ci était jusqu'à une date récente essentiellement gérée par les pouvoirs publics à travers les sociétés régionales de développement.

A partir des années 80, le contexte socio-économique de l'Afrique sub-saharienne en général et du Sénégal en particulier est marqué par une libéralisation des marchés et un désengagement de l'Etat. En ce qui concerne le développement rural en général et le développement de l'agriculture irriguée en particulier, ce désengagement de l'Etat des secteurs de production devait théoriquement conduire à l'émergence de nouveaux acteurs et se traduire par un transfert progressif de la gestion des périmètres irrigués et donc des ressources en eau d'irrigation, aux producteurs.

Dans la réalité, beaucoup des fonctions de services assurées par l'Etat, telles que le conseil aux producteurs, l'appui à la gestion et à l'entretien des aménagements n'ont pas trouvé le relais attendu dans le secteur privé. Pour les groupements de producteurs, cette situation a supposé l'apprentissage et l'exercice de nouvelles tâches et de nouvelles fonctions de gestion, d'organisation et de coordination de l'exploitation tant des aménagements que des ressources en eau et en terre. Devant cette situation chaque forme d'irrigation a adapté sa stratégie pour la prise en charge de la gestion de son aménagement. La diversité des modes de gestions de l'irrigation est directement liée à la diversité des types d'aménagements.

Dans la vallée du fleuve Sénégal, les aménagements qui ont été transférés aux usagers sont gérés par des organisations paysannes de types faïtières dénommées Unions Hydrauliques. Ces Unions prennent en charge, depuis la station de pompage jusqu'au dernier drain tous les aspects liés au fonctionnement global du périmètre : approvisionnement en semences, intrants, travaux cultureaux, redevance d'eau y compris l'entretien des ouvrages et des canaux etc.

La gestion des infrastructures hydro-agricoles d'intérêt général, relève de la Société de Développement (la SAED). Celle-ci a mis en place plusieurs dispositifs sous forme de fonds destiné à la maintenance des aménagements collectif (Fonds d'entretien des adducteurs, des émissaires, des infrastructures, etc.). Les Unions participent⁹ selon un montant à l'hectare dans l'alimentation de ces fonds pour la pérennité de tels ouvrages et ou infrastructures.

Dans la même zone les périmètres privés sont gérés directement par leur promoteur, de façon tout à fait indépendante. Cette gestion concerne également toutes les étapes de la mise en valeur irriguée. Mais il est noté que le niveau et la qualité de l'entretien restent limités. Les PIV entre dans cette catégorie de périmètres : leur gestion est privée mais assurée par un collège regroupant les exploitants du village concernés (comité de gestion).

Dans la zone des Niayes, sur les bordures du Lac de Guiers, les exploitations sont pour la plupart de type irrigation privées. La gestion est assurée par leur promoteur avec parfois

⁹ Participation directement répercutée à chaque producteur sur la redevance individuelle à l'hectare

l'appui conseil de structures publiques ou privé ou d'ONG. Lorsque l'exploitant ne dispose pas de beaucoup de moyens, la contrainte principale à la gestion va être liée à la maintenance du système d'irrigation à un niveau de fonctionnement durable (entretien des équipements de pompage, renouvellement, conservation de la production).

Dans le bassin de l'Anambé, le transfert des aménagements hydro-agricoles est beaucoup moins avancé. Il existe également des Unions Hydrauliques (par exemple, Unions du Secteur G, du Secteur 2,...) calquées sur le même modèle que celui dans la vallée du Fleuve Sénégal. Mais la différence entre les deux zones ne réside pas dans la nature de système d'irrigation qui est identique. La différence réside dans le fait que dans cette partie du Sénégal, les pluies sont abondantes et dépassent facilement les 800 mm en moyenne annuelle. Donc les populations usagers de ces périmètres, membres de ces unions, savent que les cultures pluviales sont assurées de succès d'autant plus que, pour le Coton, la SODEFITEX est là pour garantir l'écoulement des productions. Alors le paquet est mis sur les activités en pluvial et pour l'irrigué, le moins de risque possible sera envisagé. D'autant plus qu'il subsiste des souvenirs de mévente de récolte de riz.

Dans la zone du Fleuve Gambie, les aménagements sont gérés par des groupements de producteurs sous forme de GIE avec un président. Il existe toutefois des exploitations tout à fait privées gérées par un grand propriétaire avec ses ouvriers qui sont payés à la tâche ou parfois en fonction des quantités récoltées.

Dans les zones d'aménagement de bas-fonds (avec ou sans ouvrages anti-sel) les populations des villages riverains bénéficiaires des aménagements s'organisent souvent en comité de gestion (villageois ou inter-villageois). L'exploitation étant individuelle, l'accent en matière de gestion est mis sur le contrôle du plan d'eau et sur l'entretien de l'ouvrage en saison sèche. En général, lorsque les ouvrages sont conçus et réalisés par des personnes qualifiées en la matière il met en place un petit manuel de gestion qui explique les règles essentielles pour le maintien du bon fonctionnement de celui-ci. C'est le cas des ouvrages réalisés dans le cadre du Programme d'appui à la Petite Irrigation Locale.

VI. Conclusions et perspectives

Les ressources en eaux du Sénégal, mal distribuées dans l'espace et dans le temps, sont menacées qualitativement et quantitativement par l'accroissement des prélèvements dont l'essentiel se fait sur la zone littorale et au niveau du bassin arachidier alors que plus de 80 % des réserves d'eau exploitables sont localisées hors de ces zones. Dans un contexte de sécheresse et de rareté des ressources en eau, le gouvernement du Sénégal a développé une politique hydraulique tournée de plus en plus vers l'exploitation des eaux de surface.

Compte tenu de la croissance démographique continue et du développement agricole et industriel accéléré, on peut logiquement craindre que, dans un avenir proche, les ressources en eau disponibles ne suffisent plus à satisfaire tous les besoins. Il semble raisonnable de rechercher dès à présent, les voies et moyens pour limiter la consommation, la ressource étant peu extensible. Des recherches méthodologiques qui ont été menées à travers le Pôle Systèmes Irrigués, concluent à la nécessité d'articuler les aspects techniques de la gestion de l'eau aux aspects fonciers, sociaux et organisationnels.

Pour assurer une gestion performante des aménagements hydro-agricoles, il faut mettre à la disposition des organisations paysannes, des producteurs et des services d'appui conseil en matière d'irrigation, de nouvelles méthodes et stratégies de gestion adaptées au contexte mondial. C'est ainsi que les systèmes d'information ont été mis à profit pour développer des outils d'aide à la discussion et à la négociation entre les acteurs intervenant sur les périmètres irrigués. Une gestion performante des aménagements hydro-agricoles suppose:

- la construction de prévisions à court et moyen termes reliant les aspects techniques de la gestion à leurs impacts économiques et financiers ;
- le suivi du fonctionnement de l'aménagement par la mise en œuvre d'un système d'information et l'identification d'indicateurs fiables ;
- l'analyse des écarts entre les réalisations et les prévisions et la formulation de diagnostics ;
- la recherche d'un compromis acceptable entre rationalité « technique » et souplesse « sociale » pour l'utilisation d'un outil de production collectif.

La nécessité d'une gestion plus performante et les exigences de durabilité impliquent une gestion globale des systèmes irrigués. En effet, la gestion communautaire de la ressource en eau mobilisable doit intégrer les besoins de tous les usagers et préserver l'équilibre, déjà fragile, des écosystèmes de l'environnement irrigué. De plus, les aménagements hydro-agricoles sont situés dans des espaces faisant l'objet d'usages diversifiés qui interfèrent avec leur exploitation. Leur fonctionnement et leur gestion ne sauraient être efficaces et durables sans une prise en compte des modalités d'occupation et de gestion de l'espace à l'échelle locale.

Cette gestion réclame des compétences dont ne disposent pas actuellement les gestionnaires. Il apparaît alors que l'amélioration de la gestion des aménagements hydro-agricoles nécessite une professionnalisation des gestionnaires. Cette professionnalisation peut résulter d'une formation des gestionnaires actuels lorsque ceux-ci disposent d'une formation de base suffisante. Elle peut aussi s'effectuer par le biais de l'émergence de prestataires de service ou de petits bureaux d'études de droit privé assurant un ensemble d'interventions pour un groupe de périmètres. II

Un autre aspect concerne l'application de systèmes d'irrigation peu consommateurs d'eau, et le développement de la production de matériel d'irrigation pour ces systèmes. Le Sénégal avait adopté depuis 1999 une stratégie nationale de développement de la petite irrigation.

La stratégie nationale, plus globale va être mise sur pied dans le cadre du Programme National de développement de l'irrigation. Ce programme est en cours d'élaboration avec l'appui de bailleurs de fonds multilatéraux. Ce développement va nécessiter un accompagnement par la recherche sur la promotion ou la mise au point de méthodes et systèmes de maîtrise et de gestion de l'eau agricole, de façon plus rationnée que les technologies actuellement en vigueur. Il en va de même de l'adoption de techniques de gestion de l'irrigation prenant en compte l'économie et le rationnement de l'eau en fonction besoins réels en eau des cultures irriguées pour un objectif de rendement donné. En effet d'importants résultats pouvant être mis à profit au Sénégal existent dans ce domaine.

L'avènement de la décentralisation avec le transfert de compétence dans la gestion des ressources naturelles aux collectivités locales, constitue un cadre propice à l'élaboration de stratégies pertinentes dans la gestion des ressources en eau locales dans la dimension économique. La recherche devra aussi s'orienter sur ce terrain qui implique une approche holistique.

Le recyclage permettant de consommer deux fois la même eau est aussi à envisager. Des techniques de traitement des eaux usées, notamment par macrophytes ou lagunage ont été expérimentées au Sénégal (abattoir de Thiès, université de Dakar) et doivent être poursuivies.

Des programmes ayant l'irrigation comme composante majeure sont en cours d'exécution ou en préparation. Il s'agit du :

- Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal (PDMAS) dont la Composante développement de l'irrigation privée va permettre d'accroître de façon notable les surfaces irriguées dans la vallée du fleuve Sénégal et le Lac de Guiers (5000 ha) par la réalisation d'adducteurs structurants la Zone de Niayes par la réhabilitation de forages ruraux ; la vallée de de Bignona (1000 ha), la Zone Goulombo, le bassin arachidier, la haute Casamance
- Projet Bassin de Rétention, et valorisation de Forage ruraux à des fins agricoles (BARVAFOR) dans 5 Régions du Sénégal (Fatick, Diourbel, Thiès, Kaffrine, Kaoloack)
- Projet de Développement de la Petite Irrigation Locale (PAPIL) qui réalise l'aménagement de bas-fonds et des aménagements anti-sel dans quatre régions du Sénégal (Fatick, Tambacounda, Kédougou, et Kolda)
- Projet d'Appui aux filières agricoles (PAFA) qui vise la valorisation de Forage ruraux à des fins agricoles dans le bassin arachidier
- Millénium Challenge Account qui possède un important volet aménagement de périmètres irrigués dans le delta et la moyenne vallée du Fleuve Sénégal.

Et de beaucoup d'autres actions menées par des ONG ou autres structures d'interventions en direction du monde rural ayant toutes des volets maîtrise de l'eau à des fins agricoles.

Bibliographie

- Dacosta H. 2001. Programmes d'actions pour la gestion des ressources naturelles du complexe Kanaga Anambé. 85 p+ Annexes
- Ingésahel, 2000. La Maîtrise de l'eau pour une agriculture productive et durable au Sénégal. 160p
- Legoupil, J.C. 1999. Bilan des activités de recherche du PSI-CORAF. 25p
- Ministère de l'Hydraulique. 1994. Bilan-diagnostic des ressources en eau du Sénégal, Ministère de l'Hydraulique
- Wade, M, I. Faye, 1995. Un système d'amélioration de la riziculture de submersion basse Casamance. In Actes du colloque sur les rizicultures ouest africaines. Bordeaux-Talence. 15 p
- Wade, M, 1996. Synthèse des acquis de la recherche en hydraulique Agricole dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal 40 p
- Wade, M. 1997. Amélioration des modes transports de l'eau d'irrigation dans les zones sableuse autour du Lac de Guiers, In GRID, 9 p.
- Wade M., S.M. Seck et M. Kane, 1998. La gestion des aménagements transférés du Delta du fleuve Sénégal : Perspectives de recherche. In Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation. Actes de l'atelier PSI-CORAF, 10 p. Niamey, octobre 1996, Edition CORAF, ISSN 0851-0296.
- Wade M., B. Lidon, J.C. Legoupil, J.C. Poussin et M. Sy, 1999. Les outils d'aide à la discussion, à la négociation et la décision entre les acteurs pour une gestion plus performante des aménagements hydro-agricoles. In « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne », séminaire de synthèse du PSI-CORAF, Edition CORAF, Dakar, décembre 1999.

Irrigation and Water Resources Development in Sierra Leone

Abdul Rahman Kamara¹ and Adama Fatu Kamara²

¹ Irrigation Engineer, Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security, Freetown, Sierra Leone

² Assistant Director, Land and Water Development Division, Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security, Freetown, Sierra Leone

Abstract

Sierra Leone is blessed with tremendous natural resources including land and water that are not judiciously exploited to address the present food insecurity situation, which was aggravated by the 11-year civil conflict which started in 1991. This war affected every sector of the economy, but, most significantly, the agriculture sector, resulting in acute poverty in terms of depth and incidence. Child malnutrition is a particularly critical problem with around 40% of all children under five years being chronically malnourished and acute child malnutrition at a rate of 10%.

After the cessation of hostilities in 2002, there was a remarkable improvement in the economic performance of the country due to resumption of activities in both the agriculture and mining sectors. This was evident by the increase in production and productivity, which was made possible by the tremendous support given to farming communities by various agricultural projects throughout the length and breadth of the country. Even though agricultural activities are gaining momentum, the rate at which the forests are depleted is a cause for serious concern as this activity will surely affect the nation's water resources. Sierra Leone has a total land area of approximately 7.2 million hectares (Mha), of which about 5.365 Mha are considered arable. There are five major arable land types, namely, uplands (80% of food growing area), bolilands, inland valley swamps, riverine grasslands and mangrove swamps. The total water withdrawals are only 0.2% of internal renewable water resources.

The total area equipped for irrigation as a percentage of cultivated area is 5% and total irrigated grain production is 230,000 tons, which is about 38% of the total grain production. Sierra Leone must be regarded as being exceptionally well-endowed with water resources. Rainfed crops can be grown for periods of up to less than 270 days at one end and over 300 days at the other end. In order to make maximum use of the country's huge water resources, which are presently underutilized, exploitation of this valuable resource through irrigation is justifiable.

Background

Geographical Features

Sierra Leone is a small country situated along the Atlantic Ocean in West Africa, and is bordered by Guinea to the North and Northeast. It lies between latitudes 6° 55' and 10° 00' North and longitudes 10° 16' and 13° 18' West. Sierra Leone has a land area of 72,278 km² and a population estimated at around 4.7 million in 1999, which is growing at rate of 1.9% per annum. The population is expected to reach about 7.26 million in 2020.

The country is endowed with tremendous natural resources, but is characterized by a high level of poverty and physical underdevelopment. The economy of the country is dependent on natural resources, which are particularly based on agriculture as well as rutile, diamond and gold mining. Also, offshore fisheries constitute one of the largest industries of the country. The social and economic situation of the country steadily deteriorated during the last two decades and accelerated with the onset of the war in 1992. Nearly all sectors of the economy suffered during the war; the agriculture sector being no exception.

The Economy

Sierra Leone is one of the world's poorest countries. It belongs to the group of the Least Developed Countries (LDCs), and meets the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) criteria for a low-income Food-Deficit Country (LIFDC). The Human Development Report of the United Nations Development Programme (UNDP) has consistently ranked Sierra Leone last out of 175 countries on the basis of the Human Development Index. Sierra Leone qualified for and opted to participate in the Heavily Indebted Poor Countries (HIPC) Initiative. The number of people living in extreme poverty is still high at 70% nationwide. The poverty gap index is 29%, showing a high depth of poverty. The gap is particularly higher in the rural areas (34%) with a serious disparity among regions. Food insecurity is also pervasive and chronic, with about 47% of the population estimated to be undernourished in 1998-2000. Nutrition surveys for that period reported a high prevalence of childhood stunting (34%), wasting (10%) and underweight (27%). The stunting indicator, in particular, underlines the prevalence of chronic malnutrition.

The annual economic growth averaged about 4% and 3.5% in the 1960s and 1970s, respectively, but declined sharply to an average of 1.5% in the 1980s, mainly because of misguided economic policies, indiscipline in the public sector, mismanagement and several other problems. Coupled with a population increase of over 2% per annum, this led to a considerable decline in per capita income from over USD 350 in 1981 to only USD 200 in 1989. The armed conflict which started in 1991 plunged the economy into further decline, with an average fall in output of 4.5% annually between 1990 and 2000. Inter alia, the Government of Sierra Leone initiated a Structural Adjustment Program (SAP) in 1989. Disappointing results led to the subsequent adoption of a wider-ranging Economic Reform Program, which included tax reforms, trade liberalization, introduction of market-determined exchange and interest rates, and the commencement of government divestiture out of activities better suited to the private sector. Reforms of the civil service and financial sectors were also initiated.

With the cessation of hostilities, there was a remarkable improvement in economic performance due to the restoration of security and strengthened confidence, which facilitated

economic recovery that is mostly spurred on by the resumption of activities in the agriculture and mining sectors. The manufacturing, construction and service sectors also expanded during the period. Between 2002 and 2005, real gross domestic product (GDP) growth averaged around 7% per annum. The economy grew between 6 and 9% a year from 2004 and 2006.

Agriculture and Its Contribution to the Economy

According to the recently concluded Agricultural Sector Policy, economic growth and poverty reduction in Sierra Leone depend on the development of the agriculture sector, because agriculture dominates the national economy. It accounts for about 45% of GDP and is the primary source of employment for the majority of the population. The crop sub-sector, with rice dominating, contributes about 75% of agricultural GDP; the fisheries sub-sector contributes 21%; and the livestock sub-sector contributes about 4%. The contribution of the forestry sub-sector varies between 9 and 13%. The development of this sector is expected to stimulate that of the other sectors due to its linkages with these sectors, for example, demand for tools and other inputs, and the supply of raw materials for agro-based industries as well as marketing.

Land, Water and Climatic Resources

Land Resources

There are five major types of land in the country (Table 1). The uplands account for 81.7% of the total compared to lowlands (18.3%). Wetlands that may be seasonal or perennial include four main types, namely, the *bolilands*, inland valley swamps, riverine grasses and sedges in low terraces, and mangrove swamps. The uplands are highly leached, low in fertility, suitable for the cultivation of a variety of food and cash crops, and available all over the country. *Bolilands* are seasonally flooded with inherent low fertility, found in the northern part but concentrated mostly in the central part of the country.

The inland valley swamps are highly fertile, with the possibility for irrigation and multiple cropping, and like the uplands are available all over the country. Riverine grasslands are fertile, suitable for mechanical cultivation of rice, and are most commonly found in the southern part of the country and are highly flooded in the rainy season. Mangroves are medium in fertility, suitable for paddy rice cultivation, and are confined mostly to the Northwest and Southern coastal areas subject to seawater flooding during the rainy season.

Sierra Leone has a total land area of approximately 7.2 Mha, of which about 5.365 Mha are considered arable, comprising 4.20 Mha (80% of the food growing area) of uplands and 1.165 Mha (20%) are lowlands. Only about 12% of this total potential was cultivated in 1992 (FAO 1995). About 70% of the population lives in the rural areas; there are about 400,000 farm families. Under traditional farming practices, yields of rice, the country's staple food crop, average about 1 ton ha⁻¹. However, under improved water management practices, rice yields in the range of 2-3.2 tons ha⁻¹ have been achieved.

Closed high forest now exists in about 6% of the country's forest type formation area of about 6.305 Mha while forest regrowth accounts for about 60% of the total potential forest cover, suggesting a severe level of deforestation. There is evidence to suggest that when

forest cover diminishes, water resources also dwindle, thereby increasing the risk of perennial streams becoming seasonal. It is essential and a matter of urgency, therefore, for policymakers and planners to move away from the notion that water resources are limitless and introduce pragmatic ways of planning the management of the country's water resources.

Table 1. Ecological distribution of land in Sierra Leone (ha).

District	Uplands	<i>Bolilands</i>	Inland valley swamps	Riverine	Mangroves	Total
Bo	452,514	6,950	62,422.5	2,523.5	0.0	524,410
Moyamba	493,272	11,300	68,031.5	18,332.5	61,264	652,200
Pujehun	305,579	1,900	42,682.4	27,266	6,173	383,600.4
Bonthe	146,813	1,700	10,288	104,165	60,634	323,600
Kailahun	353,347	0.0	43,494.5	658.5	0.0	397,500
Kenema	543,977	0.0	64,997	1,314	0.0	610,288
Kono	504,150	0.0	46,847	3	0.0	551,000
Bombali	606,847	80,166	54,170.5	13,924.5	0.0	755,108
Kambia	209,458	15,689	19,968	20,359	35,932	301,406
Tonkolili	534,507	28,929	54,646.5	4,117.5	0.0	622,200
Port Loko	446,189	18,589	62,309	22,338	66,772	616,197
Koinadugu	1,070,302	0.0	116,816	6,280	0.0	1,193,398
Western area	59,651	0.0	3,005	1,962	9,082	73,700
Total	5,726,606	165,223	649,677.9	223,243.5	239,857	7,004,607.4
Percent Total	81.7	2.4	9.3	3.2	3.4	100.0

Source: Birchall et al. 1979

Climatic Resources

The climate is a monsoon type humid tropical with two distinct seasons – a rainy season from May to October and the dry season from November to April. The annual rainfall averages about 3,000 mm, ranging from 2,000 mm in the North to 4,000 mm in the South. Rainfall distribution is uni-modal, with a peak in August; about 95% of the total annual rainfall occurs during the months of July, August and September. About 20% to 50% of total annual rainfall generally becomes surface runoff, contributing to the discharges of the nine main river systems. The dry season is prolonged, during which time many streams and rivers cease to flow and water deficits are a common feature, amounting to about 500 mm per annum and persisting for 160 to 170 days in some agro-climatic regions. Furthermore, the start of the rains is quite variable and this has important consequences, since much of the country's agricultural production is rainfed.

Climate remains the dominant factor in determining the status of physical resources of a country, considering the vision for increased agricultural production. The assessment of the agricultural potential of a country is dependent on the availability of adequate climatic data. Such data are essential for the determination of crop water requirements, on which planning, design and operation of both rainfed and irrigated agriculture need to be based. The Agricultural meteorology (Agromet) section was established in 1978, among other sections of the water resources project (Land and Water Development Division), to assess and monitor the climatic

resources of Sierra Leone, with a view to plan and develop agriculture in the country. Basically, it was meant to provide climatic data. The areas with potential for agriculture were targeted, and 12 stations were set up, including Moyamba, Mattru, Newton, Njala, Kenema, Potoru, Kailahun, Rolako, Alkalia, Mongo Bendugu, Musaia and Kamakwie. Over the years, many of these stations have closed mainly due to incidental vandalization during the war and lack of spare parts. The non-functionality of the stations over the years has led to breaks in observations, and hence discontinuity in meteorological data collection. From data gleaned from these observation locations, it is possible to make a number of conclusions:

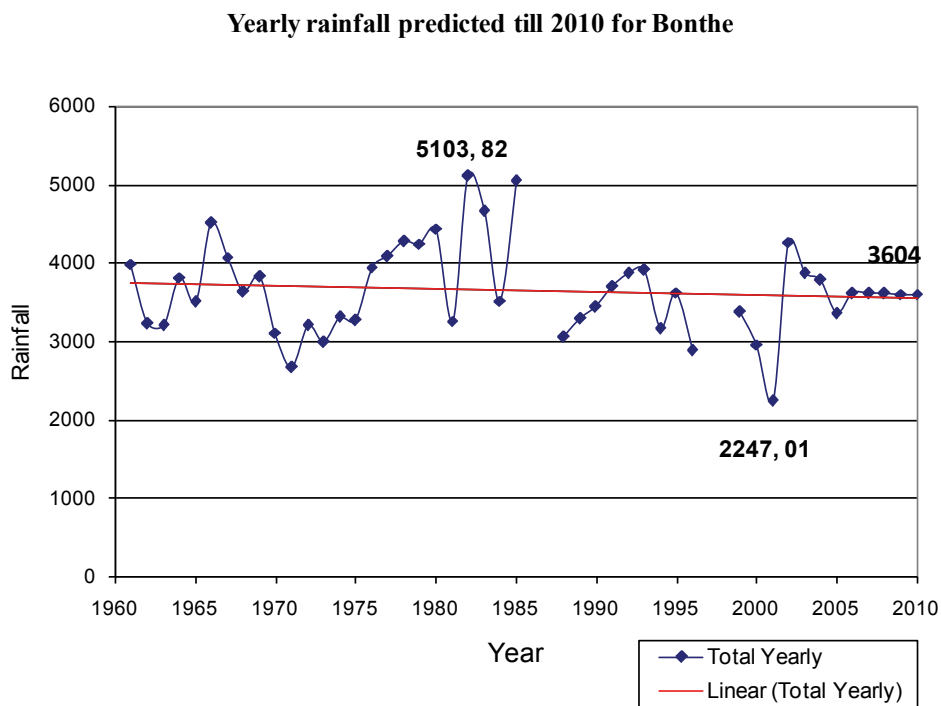
- Average monthly temperatures are in the range of 23-29 °C, but this can rise to a maximum of 36 °C in the lowlands towards the end of the dry season. In the highlands (particularly in the North), the average monthly temperature could be as low as 15 °C at the beginning of the dry season.
- The mean duration of sunshine varies markedly between the rainy season and the dry season, with January/April having a range of 6-8 hours/day and June/September having 2-4 hours/day.
- The annual radiation receipts range from 405 cal cm⁻² per day in the coastal south to about 440 cal cm⁻² per day in the northwest.
- Relative humidity is generally high throughout the year with an average of 95-100% during the rainy season, but can drop from 100% to 20% during the harmattan in the dry season.
- Average annual wind speed data for two locations show these to range from 0.73 to 2.57 m s⁻¹ for Daru in the East for the period 1950-1983, and from 1.42 to 2.92 m s⁻¹ for Kabala in the North for the period 1955-1983. Evaporation is in the range of 1,200-1,900 mm /yr.

Climatic data analysis at three weather stations, namely, Lungi, Bo and Bonthe, from 1991 to 1995 indicates the effect of climate change on the amount of rainfall in Sierra Leone. The wet or monsoon season runs from July to September with a country average rainfall of about 2,746 mm, varying from 3,625 mm in Bonthe in the South to 2,739 mm in Lungi (Freetown) in the West and 2,667 mm at Bo in the central parts of the country. Recently, there have been periods of delays in the rains and associated water shortages, particularly in Freetown. Heavy rainfall accompanying such dry spells often results in extensive flooding throughout the country. The effects of these unusual temperature and rainfall patterns on agriculture, water supply and sanitation are evident in various parts of Sierra Leone.

Some hydrographs were drawn for monthly and annual rainfall versus time. Trend lines were drawn for both monthly and annual data as seen in Figures 1, 2, and 3. Based on these observations, the following conclusions can be made:

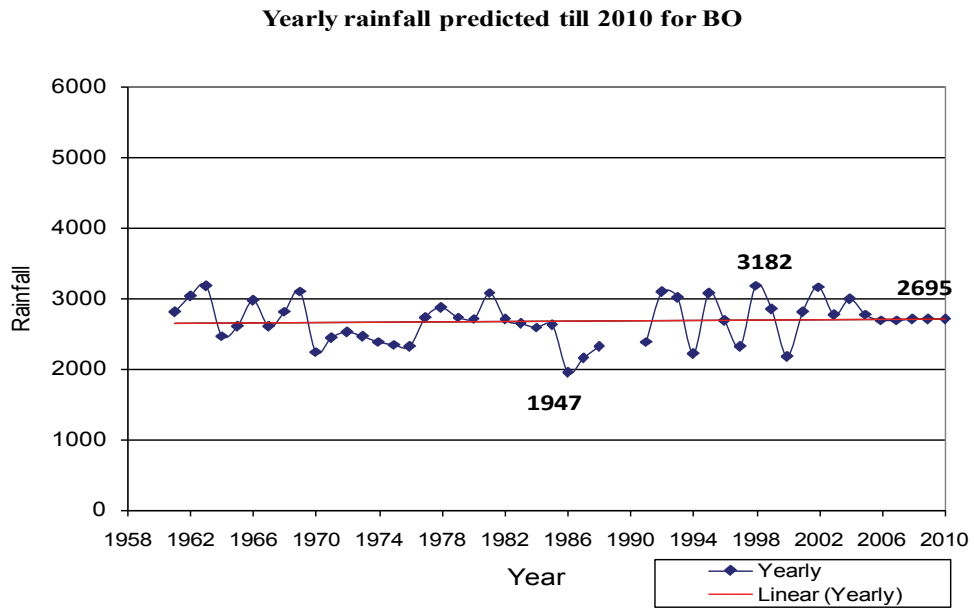
- There was noticeable change in the rainfall from one year to another in each station.
- The start of the rainy season was April not May, which is earlier than before.
- There was significant variation in the rainfall quantity from district to district.
- The predicted rainfall in 2010 was 2,569.65, 2,696.64 and 3,604.02 mm/y for Lungi, Bo and Bonthe stations, respectively.
- The average monthly rainfall is 681.4, 531.2 and 834.4 mm/month for Lungi, Bo, and Bonthe stations, respectively, for the period 1961-2005.
- The trends show that rainfall is decreasing with time for Bonthe and Lungi, while it is increasing with time in Bo.

Figure 1. Rainfall in Bonthe predicted till 2010.



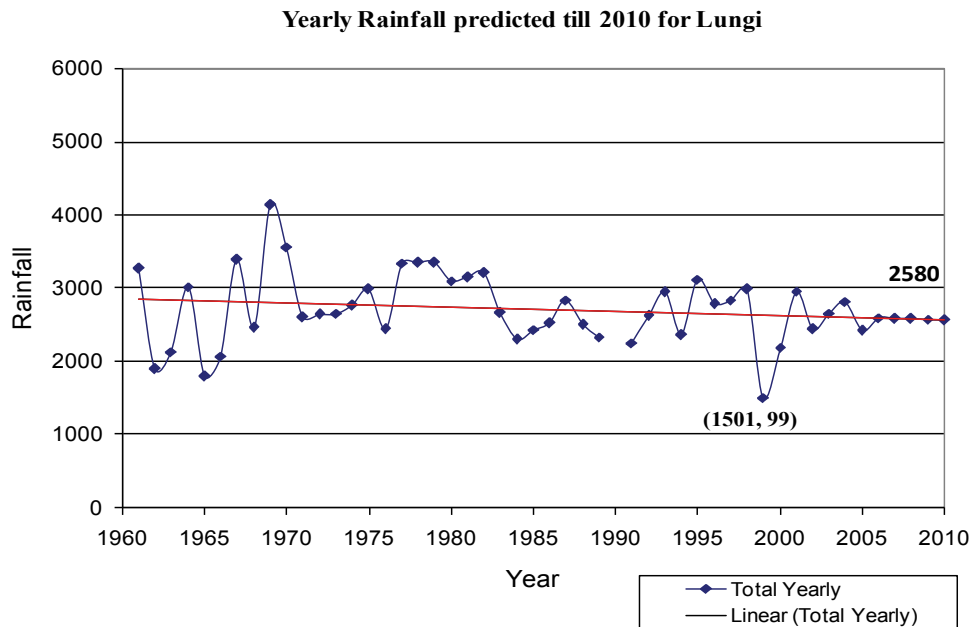
Source: MAFFS 2010

Figure 2. Rainfall in Lungi predicted till 2010.



Source: MAFFS 2010

Figure 3. Rainfall in Bo predicted till 2010.



Source: MAFFS 2010

Water Resources

Sierra Leone has a total internal renewable water resources (IRWR) of 160 km³/year (MAFFS-MFMR 2004), comprising 150 km³/year of internal surface water resources, 50 km³/year of internal groundwater resources and an overlap of 40 km³/year. River discharges vary widely according to seasons, ranging from 10 to 1,296 m³/s during the rainy season, and from 8 to 500 m³/s during the dry season for some of the major rivers in the country (MAFFS-MFMR 2004). Although the period of low flow is relatively short, such a wide variation in river regime is not conducive to irrigation development.

Surface Water Resources

Sierra Leone has abundant water resources mainly due to rainfall (2,000-4,000 mm per annum). There are nine major river systems flowing through the country in the northeast to southwest directions, and into the Atlantic Ocean through the coastal plain region. The total river catchment area varies from 720 to 14,140 km². The important lakes in Sierra Leone are Lake Sonfon (Koinadugu District), Lake Mappe (Bonthe District) and Lake Mabessi (Pujehun District). Lakes Mappe and Mabessi, which are located in the south, are major fishing lakes. River discharges are high and the runoff coefficient is estimated to be between 20% and 40%, on average. Some earlier estimates suggest that Sierra Leone's global renewable water resources (surface water + groundwater + atmospheric) are about 160 km³/year. Average runoff was computed for each basin based on some selected rainfall stations totaling about 74 km³/year (Table 2). This suggests that more than half of Sierra Leone's water resources consist of surface water. Some figures of the flow measured are shown in Table 3. The Sewa, the Little Scarcies and Moa contribute more than 55% of the total surface water resources.

Table 2. Major river systems in Sierra Leone.

River basin	Catchment area (km ²)	Mean annual rainfall (mm)	Estimated mean annual discharge (10 ⁶ m ³ /year)	Annual discharge (%)
Great Scarcies	3,115	2,750	3,427	4.65
Little Scarcies	13,000	2,413	12,548	17.01
Rokel	10,620	2,411	10,250	13.89
Sewa	14,140	3,017	17,064	21.13
Waanje	4,510	3,133	5,652	9.66
Moa	9,220	3,046	11,233	15.23
Mano	2,530	3,293	3,333	4.52
Coastal creeks	6,960	3,320	9,243	12.53
Peninsular	720	3,540	1,020	1.38
Annual			73,770	100

Source: MAFFS-MFMR 2004.

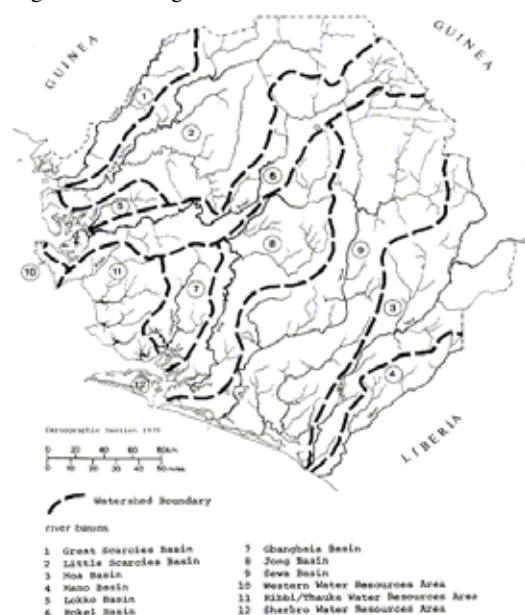
Table 3. Discharge of some catchments in Sierra Leone.

River	Gauging station	Catchment area (km ²)	Monthly average discharge rainy season (m ³ /s)			Monthly average discharge dry season (m ³ /s)		
			Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Sewa	Jaiama	6,870	248	450	38	57	172	8
Moa	Gofour Bridge	7,150	668	1,296	92	89	500	15
Rokel	Bumbuna Bridge	3,990	173	429	10	22	68	15
Pampana	Matotoka Bridge	2,407	155	271	14	27	92	32
Moboa	Dodo Bridge	57	4	10	0.2	0.64	1.86	28

Source: MAFFS-MFMR 2004.

Drainage network in the country is dense, characterized by nine main river systems (Figure 4). All of these rivers are perennial and at times overflow their banks causing flooding of riverbanks.

Figure 4. Drainage and river basins.



Source: UNDP/FAO 1980.

It can be argued that water is not in short supply from a national perspective. However, that cannot be said at the local level, where a number of swamp thickets have been removed for agricultural purposes. There is evidence to suggest that the minor tributaries that used to be perennial have become seasonal due to excessive removal of vegetation cover. Since there

is hardly ever any measured data to suggest that the river flows are in fact reducing, this trend can only be speculated. There is also evidence to suggest that the fallow periods have reduced on average from 9-10 years to just about 5-6 years, especially in upland farms due to population pressure. These land-use patterns can threaten water resources and it is imperative that measures are taken at community levels to reverse the trend (MAFFS-MFMR 2004).

Groundwater

The groundwater resources of the country have not been extensively studied and are not used, except for a limited number of rural wells and recent installations for large cities. It corresponds almost totally to the baseflow of the rivers and the permeability of the substratum is high. Some exploitation of groundwater for rural water supply is taking place, but hydrogeological data is scarce. Sierra Leone could be divided into two groundwater systems, namely, the soft rock areas which consist of sedimentary rocks and the hard rock areas which are marked by folded igneous and metamorphic rocks of Precambrian age.

The soft rocks (e.g., Bullom, Kasila, Marampa Groups, Freetown complex) are said to cover more than 70% of the country, suggesting that groundwater recharge could be high, thus contributing to surface flow (effluent flow in the major river basins during the dry season). In the Bullom series, groundwater levels could come as high as 0-0.2 m below ground level during the rainy season. Some estimates of the yields of the crystalline basement aquifer system put the figures at 20-60 m³/day. The unconsolidated and poorly consolidated aquifer material which belongs to the hard rock formations (e.g., Rokel River Group, Saionia Scarp Group) could also yield between 20 and 50 m³/day. In the latter, groundwater has been found to occur around 8-10 m below ground level, on average, with seasonal fluctuations of 3-5 m.

Water Resources Utilization

Total water withdrawal was about 0.38 km³ in 2000 (Table 4). About 80% of the rural population obtains its water from surface sources, including many streams and ponds.

A summary of water balance in the country is shown in Table 4 (Frenken 2005).

Table 4. Water sources and use: Renewable water resources.

Average precipitation		2,526	mm/yr
Average precipitation		181.2	km ³ /yr
Internal renewable water resources - total		160	km ³ /yr
Internal renewable water resources - per capita	2004	30,960	m ³ /yr
Dependency ratio		0	%
Total dam capacity	1995	220	km ³
Water withdrawal			
- Agriculture (irrigation plus livestock)	2000	353.6	10 ⁶ m ³ /yr
- Domestic or municipalities	2000	19.6	10 ⁶ m ³ /yr
- Industrial	2000	6.7	10 ⁶ m ³ /yr
Total	2000	379.9	10 ⁶ m ³ /yr
Per capita	2000	86	m ³ /yr
As a percentage of internal renewable water resources		0.2	%

Source: Frenken 2005.

Irrigation and Drainage

Managing water for agriculture starts with the assessment of water demands made by the crop and its environment. This is referred to as crop evapotranspiration or crop water requirements. There is hardly any data on crop water requirements and hence attempts were made to compute water requirements for two of the most important crops, namely rice and vegetables (Okra, garden egg, tomato and pepper) (Table 5). It can be noted that, for the same crops, water requirement is highest in the drier north than in the wetter south. Moreover, standard values were assumed for crop coefficient since there is no such data available in the country (MAFFS-MFMR 2004). Even though agricultural water resources management in Sierra Leone is currently not based on data on crop water requirements, sample calculations have been prepared on these parameters to demonstrate differences across regions and for different crops. These are shown in Table 5. The table clearly shows the differences among regions and hence indicates the need for these types of data in the design and operation of irrigation activities.

Table 5. Crop water requirements for selected stations.

Area	Station	Crop	Transplanting data	Harvesting data	Crop water requirements (mm)
North	Kabala	Rice	Late June	Late October	554
		Vegetables	Late December	Early April	557
South	Bonthe	Rice	Late June	Late October	460
		Vegetables	Late December	Early April	425
East	Daru	Rice	Late June	Late October	487
		Vegetables	Late December	Early April	455
West	Lungi	Rice	Late June	Late October	423
		Vegetables	Late December	Early April	521

Source: MAFFS-MFMR 2004.

Of the total water potential, only about 0.38 km³/year is used, mainly in agriculture, for irrigating a total water-managed area of 155,360 ha, comprising 1,000 ha of surface-irrigated sugarcane, 28,360 ha of equipped wetlands and inland valley bottoms, and 126,000 ha of other cultivated wetland and inland valley bottoms (MAFFS-MFMR 2004). This level of utilization is very low in relation to the available potential. As yet, there is no national program to utilize the surplus annual rainfall for extending the growing season into the dry season.

Irrigated agriculture is poorly developed in Sierra Leone and no recent data on its extent are available. Sierra Leone's irrigation potential was estimated at 807,000 ha in 1981.

Agriculture used to be the second most important priority of the Government of Sierra Leone after energy. However, with significant successes being made in the energy sector, agriculture is now regarded as the top priority of the government. In a bid to vigorously pursue the food security drive, the government has embarked on the meaningful exploitation of arable land suitable for irrigation. Presently, production levels are low, but with the advent of this intervention the following are envisaged to be achieved: two or three crops of rice and other crops (increased production and productivity), increased incomes, reduce importation of rice and enhance foreign reserves.

Sierra Leone has huge potentials for irrigation to meet the nation's food requirements in line with the national food security drive. This is because of the existence of ideal soils and an enormous water resources potential in the country. Irrigated agriculture can be implemented both in the uplands and lowlands. Small-scale irrigation is practiced in inland valley swamps whereas plans for the implementation of large-scale irrigation on about 123,500 ha are under way in Rhombe swamps, Kumrabai Mamilla, Rolako, Torma Bum and Gbundapi areas.

Irrigation system development and management as it were, is under the auspices of the Land and Water Development Division, one of the divisions of the Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security. This division comprises several sections, including Water Resources (Irrigation and Drainage Unit, Hydrology and Hydrogeology), Remote Sensing, Soils, Agrometeorology, Analytical Laboratory, Cartographic and Administration sections.

The irrigation systems are developed by both the ministry and non-governmental organizations in collaboration with the selected communities. The communities are trained on the use, management and rehabilitation of irrigation infrastructures. There is no existing policy for irrigation at present, besides a draft which has been prepared for the water supply division. However, plans are under way for the preparation of an irrigation policy, starting with a policy/strategy on inland valley swamp development/lowlands, which has now been drafted.

Emerging from a 10-year civil conflict, which caused untold destruction to the nation, especially the agriculture sector, as infrastructure, equipment and technical personnel were lost. As a result, the ministry is facing quite a lot of constraints, such as inadequate technical staff, both in numbers and quality, lack of requisite water resources survey equipment, tools, etc., inadequate financial support to conduct surveys and establishment of a water resources data bank, lack of irrigation water policy, absence of water users organizations, low salaries, and inadequate or lack of mobility for field staff.

The Government of Sierra Leone is vigorously trying to address the above challenges by planning to train more staff and recruiting new personnel in irrigation development and management, seeking donor support for the provision of equipment, increasing the government budgetary allocation towards agriculture and initiating the development of policies relating to water utilization.

There are four major irrigation (or agricultural water management) types observed in Sierra Leone as shown below:

- Large-scale full or partial control equipped surface irrigation systems.
- Equipped lowland systems (i.e., wetlands, inland valley bottoms, floodplains and mangroves).
- Informal small-scale lift irrigation systems.
- Other forms of irrigation and water management.

Generally, areas with good water control and having the possibility of cultivating more than one crop a year are very limited. Simple drip irrigation systems (bucket and hose type) are currently being introduced to Sierra Leone by non-governmental organizations (NGO), which distributed about 500 kits in 2003 after the systems tested met with approval.

Large-scale Full or Partial Control Equipped Irrigation

Large-scale full or partial control equipped irrigation is undertaken by the Chinese on marginal land adjacent to the Rokel River in the North for the production of sugarcane on 1,000 ha. Water

is pumped from the river using electric pumps and discharged into a concrete-lined trapezoidal-shaped main canal, which feeds secondary and tertiary canals. The water is then applied to the cane plots by gravity flow. Pumping costs are high, although biogas is sometimes used during the season for producing the power required for driving the pump motors and for powering the cane processing machines. There is some doubt as to the overall efficiency of surface irrigation for this scheme due to the sandy soil texture in parts of the farm.

Another scheme, which is yet to be implemented, is the Rhombe Swamps and Rolako Area Irrigation project in the North of the country. An irrigation development feasibility study was carried out in 2004/2005, with the support of the African Development Bank (AfDB) and the Government of Sierra Leone, which recommended the development of about 4,600 ha of swamps using surface methods; water was to be pumped from the Little Scarcies River and channeled downstream to irrigate the adjacent lowlands. The scheme also incorporated flood protection and drainage works. A cost-benefit analysis of the scheme showed an economic rate of return of about 8.1%, which AfDB did not think was high enough to warrant its implementation. An appraisal team recommended its implementation for the socioeconomic development of the populations in the target areas.

Equipped or Formal Water Control in the Lowlands

This type is more prevalent in inland valley swamps. Essentially, this involves the development of inland valley swamps following the Asian model for achieving complete water control, principally for paddy rice production during the rainy season. Where the swamp water regime permits a second crop of rice, it is usually grown using short-duration rice varieties. The area equipped for this form of water control is about 29,000 ha. The development of inland valley swamps was formally introduced in the country in the mid-seventies through the Eastern Integrated Agricultural Development Project. While yield increases were generally realized, the ultimate goal of attaining self-sufficiency in rice remained elusive. The major factors for this failure include the following:

- Failure by the planners to take into consideration that swamp rice farmers and upland farmers are not two distinct groups; farmers use the entire upland-inland valley as a continuum, growing different crops along the topo-sequence at different times of the season, taking advantage of the water regime/soil moisture regime at different parts of the landscape.
- Lack of basic understanding of the biophysical characteristics of inland valley swamps which, in turn, led to the erroneous assumption that all swamps were the same and, hence, they can be developed using the same design. Subsequent characterization work carried out under the aegis of the Inland Valley Consortium has contributed to a rethinking of the development approach.
- Abandonment of developed inland valley swamps by farmers, which was largely due to the aforementioned and socioeconomic factors.

Informal Small-scale Lift Irrigation

This method of irrigation is characteristic of urban and peri-urban agriculture or, as is sometimes called, 'market gardening'. It is concentrated in the traditional 'vegetable baskets' of the nation around Kabala and Makeni in the North, around Lungi-Mahera in the Northwest of the country,

and in the mountain villages of Regent, Leicester and Bathurst in the Western Area of the country. Holdings range from about 500 to 3,000 m², on average (Rashid-Noah 2004). It is carried out in the hydromorphic fringes and valley bottoms of inland valley swamps, stream/river terraces and dry riverbeds. It is believed that the potential of lift irrigation is considerable, although its actual areal extent has so far not been determined.

Crops that are commonly grown include green leafy vegetables (e.g., cassava, sweet potato, krain krain, spinach), salad crops (lettuce and cabbage), cucumber, maize, pepper, okra, garden eggs and onion. These crops not only provide urban dwellers with much needed nutrients in their daily diets, but their sale contributes directly to the family income and, in some cases, this is the only source of income for the family. The practice has also contributed to the integration of poor and disadvantaged groups into the socioeconomic system of the cities, and has helped to minimize urban solid wastes by making use of wastes or recycling it into organic manure for crop production.

As a result of the scarce water resources during the dry season, gardeners are generally compelled to move to the valley bottom in inland valley swamps or they have to rely on hand-dug wells for tapping groundwater for irrigating crop beds. Several methods are used to irrigate crop beds and/or conserve applied water: scooping water from a well/stream using a container, conveying and applying it to the crop beds by sprinkling, and applying water to crops on constructed sunken beds to conserve moisture. Simulation studies carried out at Njala University have revealed that as much as 56% of total irrigation time is spent on fetching and conveying water from the source to the crop beds, while 44% of the time is spent on actually applying the water to the crops (Toronka 2000). As market gardening is carried out mostly by women, this level of labor input represents an enormous burden on the gardeners. Furthermore, this method of irrigation is not only very debilitating, but it also limits the area that a farm family can cultivate effectively to only a few hundred square meters, on average.

Major challenges of peri-urban agriculture include: the use of contaminated waters, especially for gardens that are irrigated with wastewater from factories; inadequacy of available land; the absence of urban agriculture in the planning and development of programs of city authorities; and the lack of capacity building programs.

In an effort to address a major constraint faced by small-scale irrigation practitioners, the International Atomic Energy Agency (IAEA) supported a technical cooperation project, *Improved Water Management Technologies in the Inland Valley Agro-ecology in Sierra Leone*, based at the former Njala University College (NUC). The aim of this project was to use nuclear and related techniques for the identification and implementation of simple and appropriate technologies for utilizing soil water resources in inland valley fringes and slopes, towards extending crop production into the dry season. The activities of this project have resulted in the identification of simple water management technologies (including treadle pumps, drip kits and micro-sprinklers) that have potential applications in the farming environment of Sierra Leone.

IAEA also provided the project with 25 sets of the proven treadle pump and some drip kits for initial testing and demonstration to farmers. Furthermore, engineers of Njala University have tested and adapted these technologies and others from elsewhere (including a manually-operated 'Guinea' pump and the Rower pump). Desirous to further empower the Farmer Field Schools (FFS), FAO and the Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security (MAFFS) have taken up some of these technologies (i.e., treadle pump and drip kits) in the implementation of the Special Program for Food Security (SPFS)/Operation Feed the Nation (OFTN). They

have acquired at least 72 sets of the treadle pump and 60 of the family drip kits and transferred them to the FFSs in all 14 agricultural districts of the country. Technology transfer included training of district coordinators and facilitators, technology installation teams in each district and beneficiary farmers in equipment operation, use and routine maintenance. Monitoring of equipment installation and performance was also included as a follow-up activity.

Initial indications are that there is a good potential for the expansion of this method of irrigation to other farmers in the country. Major challenges to be addressed include: the introduction of simple methods of developing tube wells in sandy soil fields to prevent the caving in of the traditional hand-dug water wells; and the development and transfer of simple irrigation schedules and other practices for the more efficient use of water during the dry season.

Other Forms of Irrigation and Water Management

Excess water from hydropower (HP) schemes: An example of the use of such waters is the Chinese Mini-Hydro Power (HP scheme) located at Makali in Tonkolili District. Excess water from the reservoir is channeled through a concrete-lined irrigation canal, from where the water is used to irrigate rice polders and for fish culture downstream of the reservoir. Given that the Ministry of Energy and Power has identified at least 20 sites that are suitable, albeit to different degrees, for HP development, there appears to be some good potential for this form of irrigation if some of the above schemes are implemented.

The use of *Residual Soil Moisture (RSM)*, particularly in the hydromorphic fringes of inland valley swamps, is one way of utilizing soil moisture at the cessation of the rainy season and during part of the early dry season. Farmers do practice this method of water management for the cultivation of a second crop, usually after the main rice crop. Commonly, leafy and other vegetable crops, cowpea and groundnut are grown. Although the extent of this practice is not known, there is potential for developing it further. A major requirement is to identify suitable areas, determine how long the residual soil moisture can be used within a certain catchment and identify crop types that can be adapted to this practice. The use of RSM can also be combined with lift irrigation.

Watershed Management

The underlying principle of watershed management is that people, land and water are connected. People use land in a variety of ways, affect ecosystems and, ultimately, their own communities for better or worse. Managing and protecting the environment while providing a high quality of life for people is a complex process that is most successful when governing bodies, community members and experts in various fields are true partners in the planning process. Any sort of activity in a watershed, ranging from agricultural to urban, can affect the quality of water in a watershed. Thus, it is important that proper land management practices are used to ensure good water quality.

There are no formal practices for watershed management in Sierra Leone, although there are legislations for the protection of the environment. Current practices make the environment liable to degradation. In Sierra Leone, the effect of rainfall erosivity, soil erodibility, topography, vegetation cover and land management practices was reviewed and the following conclusions were made:

- The exceptionally high rainfall (2,000-5,000 mm/yr) may accelerate soil erosion, if the land is without cover during the rainy season. On the other hand, the very high rainfall, high humidity and moderately high temperature provide excellent conditions for the growth of crops, trees and other vegetation. The natural vegetative cover, whether forest or grass, is profuse, prolific and very dense. If this is disturbed temporarily, the natural rate of vegetation is so fast that there is no risk of accelerated soil erosion. It is only when the land is rendered bare of vegetative cover by the activities of man that accelerated soil erosion takes place.
- Soils are inherently less erodible. However, when associated with moderate to steep slopes and also when devoid of vegetative cover, these soils will also be subject to accelerated erosion under the given rainfall conditions.
- The mangroves, swamps and flat valleys, by virtue of their flat or their flat gentle slope, do not have a potential for accelerated soil erosion. In fact, they may need drainage and water management. The inland plains and plateaus (which have gentle to moderate slopes) and the hills and mountains (which have moderate to steep slopes) have the potential for accelerated soil erosion if the vegetative cover is removed or destroyed.
- Forest reserve, protected forests and game reserves are in such an excellent condition that there is no danger of accelerated erosion. Though the private forest is degraded (mostly by bush fallow cultivation), the vegetation cover appears soon and fast, so as to preclude the possibility of the accelerated erosion except during the very short period when land is cleared, crops are being sown and the crops are in the process of covering the land.
- Upland (i.e., non-flooded areas), which accounts for about 80% of agriculture, are under bush fallow cultivation. Much criticism has been leveled against this system of cultivation, in that it is primitive and wasteful of land and forest resources. It is conveniently forgotten that given the high rainfall, low soil fertility, and lack of inputs and markets, this is the most ecologically sound response of farmers to meet their food needs. In Sierra Leone, the farmers leave some naturally growing oil palm trees on the land and also do not burn the trees but extract fuelwood and sell it, thus supplementing their income and also contributing indirectly to conservation. Shifting cultivation only degrades the forest, but settled agriculture destroys the forest.
- Sierra Leone must be regarded as being exceptionally well-endowed with water resources. Rainfed crops can be grown for periods up to less than 270 days at one end and over 300 days at the other end. There is the need for irrigation during the dry season.
- There is a great, but untapped, resource of hydropower. In spite of the degradation of forests (mostly by bush fallow cultivation), the river waters are carrying very low content of suspended sediment. However, rivers located in mining areas generally carry a lot of suspended materials which may affect fish stock.
- There is no heavy cattle population in whole of Sierra Leone. At present, the cattle are concentrated in the Northern Province.
- Un-tarred roads are the cause of sediment generation and erosion within the road itself. However, the accelerated erosion does not extend beyond the roads since grass cover comes up naturally up to their edges. The erosion will extend beyond the road if the road is completely destroyed.

- In the urban areas there is a lot of land degradation due to the unplanned construction of dwelling houses and other structures.
- There are situations where once developed inland valley swamps had reverted to their original condition or to bush as a result of poor design and construction of water control structures.

From the above analysis of the factors influencing soil erosion and watershed degradation, it may be concluded that the pressure on land or the space of development are not so serious so as to result in accelerated rates of erosion.

REFERENCES

- Birchall, C.J.; Viccunt, C.C.; Van Wambehe, J.; Parker, H. 1979. *Land in Sierra Leone: A reconnaissance survey and evaluation for agriculture*. Report prepared for the Government of Sierra Leone. FAO/LRSP, Technical Report No.1.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. *Irrigation in Africa in figures - L'irrigation en Afrique en chiffres*. FAO Water Reports No. 7. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Frenken, K. (ed.). 2005. *Irrigation in Africa in figures. AQUASTAT survey 2005*. FAO. Water Reports 29 (with CD ROM). FAO Land and Water Development Division. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- MAFFS (Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security). 2010. National Irrigation Development Scheme of Sierra Leone.
- MAFFS (Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security) – MFMR (Ministry of Fisheries and Marine Resources). 2004. *Agricultural sector review and agricultural development strategy, volume III: Sector report - Water management and irrigation*. MAFFS-MFMR in collaboration with Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Bank, United Nations Development Programme (UNDP) and International Fund for Agricultural Development (IFAD).
- Rashid-Noah, A.B. 2004. Proposal for NEPAD/CAADP National Medium-Term Investment Plan.
- Toronka, U. 2000. *A comprehensive study of labour utilization on irrigation using treadle irrigation pump and the traditional system*. fthoro, Njala University.
- UNDP/FAO (United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1980. *Agro-ecological atlas of Sierra Leone: A survey and appraisal of climate and crop resources*. Land Resources Survey, Sierra Leone. AG: DP/SIL/73/002. Technical Report No. 5.

Analyse de l'état actuel de développement de l'irrigation au Togo

Jean Koffi Bolor

Direction de l'Aménagement et de l'Équipement Rural

Abstract

Agriculture in Togo covers about 1.4 million hectares (or 40% of a potential 3.6 million hectares) and is mainly rainfed. Use of improved seed varieties is limited to less than 3% of cropped land while more than 80% of land does not benefit from fertilizer application. Production increases have been mainly brought about by area expansion. Cropping practices are largely traditional and this extensive agricultural production system remains vulnerable to climate variability. The area equipped for irrigation is 2,300 ha (compared to an estimated potential of 180,000 ha), out of which only about 1,200 ha are actually cropped. There is now a realization that the creation of more irrigation facilities is essential to stabilize agricultural production and ensure food security. This paper describes the efforts underway to develop the irrigated agriculture sector in Togo, and improve water management and irrigation performance. They include a combination of (a) rehabilitation of existing irrigation schemes together with transfer of management responsibilities to farmers; (b) construction of new irrigation schemes, both large- and small-scale; and (c) development of bas-fonds. The roles and responsibilities of the State, farmer organizations and individual farmers will be clearly defined. Accompanying measures such as offering incentives to expatriate Togolese water and irrigation engineers and technicians to return home, creating an agriculture development bank, encouraging the adoption of water saving techniques among farmers, identifying ways to lower costs of irrigation infrastructure, and promoting participatory management of irrigation schemes to improve their operation and maintenance will also be put in place.

Introduction

Le Togo est un petit pays qui s'étire tout en longueur - environ 700 km de long pour 50 à 150 km de large (figure 1). C'est un pays essentiellement agricole ; l'agriculture occupe plus de 70% de la population active. Elle représente environ 40% du PIB et contribue à plus de 20% des recettes d'exportation. Elle constitue donc le soubassement de toute stratégie et politique de développement socio-économique du pays.

Figure 1 : Togo : Carte du pays



Malgré les multiples efforts consentis par l'Etat depuis des décennies, l'agriculture togolaise demeure encore une agriculture itinérante, de type pluvial et donc tributaire des aléas climatiques. Les techniques culturales sont restées traditionnelles et peu performantes. Moins de 3% des superficies cultivées reçoivent des semences améliorées, plus de 80% des terres exploitées en vivriers ne sont pas fertilisées (DSID 1996) et moins de 1% sont irriguées.

L'augmentation de la production des différentes spéculations est due essentiellement à l'extension des superficies cultivées.

Aussi le Togo à l'instar des autres pays africains subit actuellement d'importantes modifications qui sont entre autres :

- L'irrégularité des pluies,
- La dégradation de l'environnement,
- L'augmentation des phénomènes d'érosion,
- La dégradation de la fertilité des sols

L'ensemble de tous ces facteurs combiné à un système d'exploitation de type extensif est à l'origine d'une baisse continue des productions et des revenus agricoles.

En conséquence, la maîtrise de l'eau devient une des voies essentielles pour sécuriser et augmenter la production et les revenus agricoles. Cependant, la maîtrise de cette importante ressource de même que sa mise en valeur passe, entre autres, par la réalisation d'infrastructures hydro-agricoles et d'aménagements appropriés.

La non maîtrise de l'eau se révèle de plus en plus comme une des contraintes majeures de l'agriculture Togolaise.

En effet, la grande variabilité des conditions climatiques tant spatiale que temporelle détermine la production agricole du pays. La persistance des sécheresses et inondations successives et l'accentuation de leur sévérité rendent pratiquement aléatoire l'agriculture

pluviale. C'est pourquoi, la maîtrise de l'eau de manière générale et en particulier l'irrigation deviennent un impératif incontournable pour régulariser et stabiliser la production agricole et par là assurer dans une large mesure la sécurité alimentaire du pays.

Potentiel agricole et de l'irrigation

En termes de superficie agricole utile, le Togo dispose de ressources en sols non négligeables qui s'élèveraient actuellement à 3,6 millions d'hectares dont 1,4 millions seulement sont effectivement exploités (40% du potentiel réel).

Trois bassins hydrographiques se partagent l'espace togolais :

- au Nord le bassin de la Volta par l'intermédiaire de la rivière Oti collectant notamment les eaux de Koumongou, de la Kara et du Mo ;
- au centre le bassin du Mono ;
- enfin au Sud le groupe des rivières côtières qui se jettent dans le Lac Togo où l'on différenciera le Zio du Haho.

A l'exception des rivières du Nord du pays et principalement de l'Oti en aval et de sa confluence avec le Koumongou, les cours d'eau relativement importants prennent leur source dans la dorsale de l'Atakora.

On distingue également les cascades qui offrent un paysage pittoresque :

- Cascade de Kpimé dans le Kloto qui alimente le premier barrage hydroélectrique du Togo.
- Cascade d'Ezime près d'Amlamé sanctuaire de l'Eglise Catholique lieu de pèlerinage, pour les fidèles. Ce centre est fréquenté par beaucoup de touristes.
- Cascade d'Aklowa dans le Wawa resté à l'état sauvage mais facile d'accès grâce aux escaliers naturels dessinés sur le flanc de la montagne.

Il faut également rappeler l'importance du Lac Togo dans le sud.

La superficie des terres irrigables est estimée à 180 000 ha en tenant compte des ressources mobilisables. Toutefois, les superficies irriguées actuellement en maîtrise totale ou partielle ne s'élèvent qu'à 1200 ha (moins de 1% du potentiel irrigable) pour une superficie aménagée et équipée de 2300 ha (les ouvrages non exploités sont dans un état de dégradation avancée).

Développement de l'irrigation au Togo

Les **périmètres classiques** sont de deux sortes : Les périmètres mis en place par l'Etat Togolais et les périmètres développés par les privés (chinois).

- Les périmètres mis en place par l'Etat.
 - Le périmètre irrigué de Mission Tové : La superficie irriguée est de 360 hectares et les travaux en cours permettront de dominer dans deux ans 660 hectares
 - Le périmètre irrigué d'Agome Glouzou dont les travaux en cours permettront de dominer 100 hectares. Il est prévu une extension pour dominer 500 hectares
 - Le périmètre de Koumbé l'Oti pour une superficie d'environ de 50 hectares

- Le périmètre classique mis en place et géré par les chinois : la superficie dominée est d'environ de 600 hectares pour la culture de canne à sucre.

Les **petits périmètres** irrigués sont installés soit par le gouvernement soit par les ONG et contribuent énormément au développement de l'irrigation au Togo. On peut noter

- La prise d'eau au niveau des rivières : Ce système est pratiqué sur les cours d'eau qui sont situés au pied de la montagne
- Les ponts déversoirs : C'est un système qui permet de profiter de la mise en place d'un pont sur un cours d'eau plus ou moins pérennes pour irriguer des espaces avoisinants
- Le système de pompage couplé avec les bouts des arrosoirs : C'est un système développé chez les maraichers installés aux périphéries des villes
- Le développement du système sprinkler : Observé chez les maraichers des périphéries des villes

Il faut notamment souligner le déclin du système d'irrigation à partir des pompes actionnées par la force humaine est en nette recul dans le pays. Ceci s'explique par le fait que les prix des motopompes ont énormément diminué sur le marché de la sous région.

L'accent est en train d'être mis sur la prise d'eau au niveau des cours d'eau.

La **gestion** des systèmes d'irrigation dépend de l'importance du périmètre. Pour les grands périmètres, la gestion est confiée aux producteurs sans une réelle implication des services de l'Etat. On note l'absence d'un organe indépendant pour s'occuper de la gestion et surtout de l'entretien des ouvrages. Au niveau des petits périmètres c'est plutôt un système de gestion individuel car les producteurs ont rarement des ouvrages à gérer ensemble.

Plan de développement de la maitrise de l'eau et de l'irrigation au Togo

La diversité des conditions édaphiques du Togo permet dans une première approche d'esquisser une carte des vocations agricoles régionales pour chacune des unités. En intégrant les disponibilités des ressources en eau de ces unités, on peut déterminer de façon optimale la vocation propre de production agricole et le type d'agriculture pour les différentes zones. Cette vocation agricole régionale assurera une meilleure valorisation des potentialités naturelles offertes et une rationalisation de l'exploitation de ces ressources qui s'inscriront dans la stratégie d'un développement agricole durable.

L'objectif de la sécurité alimentaire requiert ainsi impérativement la levée du double défi à savoir l'extension des actions de maîtrise de l'eau surtout de l'irrigation en optimisant la mobilisation et la valorisation des ressources en eau disponibles et l'amélioration des performances et de la productivité des périmètres existants.

L'amélioration des performances de l'existant passe par le rattrapage d'un double décalage : celui entre les superficies aménagées et équipées et celles effectivement exploitées et le décalage entre la mise en valeur potentiellement offerte par les périmètres irrigués et celle réellement réalisée. La nécessité de lever ce double défi implique des mesures d'ajustement et d'accompagnement pour le développement de l'irrigation au Togo. Ces mesures sont :

- L'appui de l'Etat aux agriculteurs à travers la DAER et les Agences ICAT et ITRA pour le développement de programmes d'économie de l'eau au niveau de la parcelle,
- La généralisation des systèmes favorisant l'économie de l'eau, adaptés aux conditions

- édaphiques et aux niveaux techniques et technologiques des producteurs,
- La recherche d'aménagement à faible coût permettant une meilleure maîtrise de l'eau à la parcelle,
- Le développement de la gestion participative et l'approbation par les bénéficiaires des aménagements hydro agricoles

Améliorer les performances et la productivité des périmètres existants

Il s'agit de procéder dans un premier temps à un inventaire exhaustif et un diagnostic approfondi de l'état physique des ouvrages hydro agricoles (retenues d'eau et aménagements aval) existants à travers le pays ; proposer des techniques et procédés de réhabilitation selon la nature et le type des dégradations relevées. Les travaux de réhabilitation devraient inclure l'augmentation de la capacité de la retenue et l'extension de la superficie aménagée là où les terres sont disponibles et les problèmes fonciers surmontables. Un tel travail doit aboutir à une classification de ces ouvrages selon une échelle de priorité de réhabilitation établie sur la base de critères d'appréciation bien définis.

Le fichier obtenu à l'issue de cette phase doit servir à la programmation des travaux de réhabilitation des ouvrages hydro agricoles existants à travers les différents programmes en cours ou en préparation au niveau du département (PADAT, PASA, PNIAA etc....)

Durant tout ce processus, la gestion participative et l'approbation par les bénéficiaires des aménagements hydro agricoles doit être un souci permanent.

Réalisation de nouveaux ouvrages et périmètres

Parallèlement au processus de réhabilitation de l'existant, il convient aussi d'initier de nouveaux projets hydro agricoles de grande envergure à l'instar de ceux dont les études de faisabilité sont en cours actuellement (Plaine de Mô, Plaine de l'Oti, Plaine de Djagblé etc....). A terme, ces grands aménagements devraient servir de soubassement à une politique de promotion d'agro-business et d'agro-industrie.

A côté des grands aménagements, une politique de promotion de la petite irrigation doit être entreprise par la mise en place de petits périmètres irrigués conçus pour recevoir l'eau de manière gravitaire à partir des prises d'eau installées en aval de petites retenues réhabilitées ou construites et/ou sur des cours d'eau par la réalisation d'ouvrages de dérivation, des canaux de distribution et de réseaux de drainage.

Dans cette perspective, les types d'aménagement suivants pourraient être envisagés :

- Le captage des eaux des cascades : Ce captage au pied de la montagne permet de mieux profiter de l'énergie de position de l'eau pour développer des petits périmètres avec le système gravitaire
- Les petits périmètres horticoles : Les petits périmètres horticoles à aménager devraient avoir une superficie moyenne ne dépassant pas 5 hectares. L'aménagement consiste à la réalisation :
 - d'une station de pompage équipée d'une motopompe pouvant assurer un débit de 100 m³/h environ placée sur une dalle en béton armé et protégé contre la végétation aquatique,

- d'un réseau de distribution constitué de conduites flexibles et/ou de canaux en terre compactée,
- d'un système d'arrosage des parcelles selon le type d'arrosage le mieux indiqué (siphons ou rampes perforées pour l'irrigation à la raie, rampes et filtres pour la micro-aspiration ou le goutte à goutte)
- d'un réseau de drainage,
- nivellement et planage des parcelles
- Les petits périmètres irrigués villageois. Le système à mettre en place dans le cadre des possibilités d'irrigation par gravité devra comporter un certain nombre d'éléments qui sont :
 - une prise d'alimentation gravitaire et un chenal adducteur,
 - un réseau d'irrigation,
 - un réseau de drainage,
 - un planage sommaire des parcelles.

Valoriser les barrages aménagés dans chaque préfecture pour double objectif : Eau de boisson et l'irrigation. Malheureusement, dans la plus part des cas, le second volet (aménager les avals de ces barrages) n'est pas encore opérationnel.

Développer l'aménagement des bas-fonds

Les bas-fonds sont de petites vallées inondables recevant l'eau soit d'un cours d'eau individualisé, soit les eaux de ruissellement d'un versant vers une zone dépressionnaire. De manière générale, les bas-fonds se prêtent bien à la riziculture surtout dans leurs parties profondes dominées par des sols hydromorphes, et au maraîchage de contre saison sur les sols légers des versants grâce à l'humidité résiduelle et la réalisation des puisards.

L'exploitation et la mise en valeur rizicole des bas-fonds sont généralement pratiquées de manière sommaire par les populations locales depuis des générations. Le plus souvent il n'y a aucune maîtrise de l'eau car le bas-fond n'est pas aménagé et ceci conduit à des rendements à la fois très variables et aléatoires et se situant en moyenne autour de 500 Kg par hectare.

Au Togo, les techniques d'aménagement de bas-fonds consistent généralement:

- à la réalisation de casiers élémentaires par des diguettes perpendiculaires à la direction générale de la pente et pourvus ou non de déversoirs en pierres sèches,
- au nivellement approximatif du bas-fond (pré-planage).

Certes, ces aménagements ne permettent pas d'éliminer tous les aléas des cultures de bas-fond mais ils favorisent toutefois un accroissement des rendements moyens, lesquels au demeurant dépassent rarement la tonne par hectare. On notera que les bas-fonds sont généralement exploités par les femmes.

Tout en conservant le souci de la pérennité et du coût optimal, il s'agira donc d'améliorer la qualité des ouvrages, leurs performances ainsi que les appuis nécessaires aux organisations paysannes qui exploitent ces bas-fonds.

Le type d'aménagement que nous proposons pour les bas-fonds consiste en :

- la construction de diguettes filtrantes avec des moellons,
- la construction de diguettes en terre compactée séparant les différentes parcelles,
- la réalisation d'un drain collecteur pour l'assainissement et la protection du périmètre contre les fortes crues,
- la mise en place d'ouvrages de régulation du plan d'eau dans chaque parcelle.

Les versants dominant les bas-fonds devront également faire objet d'aménagement dans un souci de préservation de l'environnement car, ces zones sont souvent très fragiles et susceptibles de s'éroder à cause des fortes pluies et du relief. C'est pourquoi, tout schéma d'aménagement proposé devra nécessairement inclure un dispositif antiérosif. Ceci permettra d'éviter les problèmes d'ensablement des rizières et de baisse de fertilité des sols rencontrés dans la plupart des bas-fonds.

L'aménagement des plaines alluviales situées le long des grands fleuves du pays (Mono, Oti, Zio et Haho) est également une nécessité. En effet ces plaines alluviales représentent d'importantes superficies très fertiles soumises en année normale au phénomène de crues et de décrues. La fertilité des sols y est maintenue grâce au dépôt de particules fines (limon) durant les crues. Les terres situées le long de ces fleuves sont généralement utilisées par les paysans pour des cultures de décrue surtout le maïs.

Malheureusement, avec le retour des fortes pluies dans la sous-région, d'importants dégâts sur les cultures céréalières localisées dans les plaines alluviales sont causés par la fréquence des inondations.

Cette situation vient illustrer si besoin en était, la nécessité de procéder à leur aménagement et mise en valeur agricole en prenant des mesures préventives consistant en la réalisation de diguettes submersibles de faible hauteur, car toute tentative de régulation par la construction de grandes digues le long de ces fleuves aurait des effets néfastes sur les sols par le simple fait qu'elles empêchent leur submersion et par conséquent le dépôt de particules fines (limon) qui assurent leur fertilité. Ce type d'aménagement est peu coûteux et aboutit à la réalisation de polders une fois les casiers endigués.

Tous ces aménagements que nous venons de proposer dans la présente stratégie ne pourront se réaliser que s'il existe dans le pays, des spécialistes en aménagements hydro agricoles de qualité en quantité suffisante.

Mesures d'accompagnement

- Initier une politique de rapatriement des Ingénieurs et Techniciens Supérieurs Togolais en aménagements hydro agricoles vivant dans les pays voisins

L'Etat devra adopter une politique volontariste d'incitation pour faciliter leur retour et leur installation au pays. Ceci pourra passer par la mise en place des mesures pour les encourager à créer leurs propres Bureaux d'études ou leurs entreprises spécialisées en aménagement hydro agricole en les accordant par exemple une période de grâce 2 à 3 ans pour ce qui concerne le paiement des impôts et autres charges fiscales. Pour ceux d'entre eux qui choisiront d'intégrer l'Administration, l'Etat pourra leur proposer un statut particulier avec une grille salariale attrayante.

- Créer une banque agricole

Cette banque pourra jouer un rôle important dans le financement des exploitants (qu'ils soient individuels ou en groupements) des différents aménagements hydro agricoles qui seront réalisés, et aussi dans le développement de l'agro-business et de l'agro-industrie au Togo.

- Gérer et maintenir les ouvrages

Il s'agira de distribuer les rôles et de partager les responsabilités entre l'Etat, les organisations paysannes et les exploitants individuels.

Etat : Il s'occupera :

- De la gestion, de l'exploitation et de l'entretien des grands ouvrages, des stations principales de pompage et des grands adducteurs ;
- De la planification des ressources ;
- De la fixer d'une redevance au niveau de la zone dominée par les ouvrages ;
- De la formation et de la sensibilisation des exploitants.

Organisations paysannes : Elles auront comme tâches :

- La gestion des aménagements en aval des grands ouvrages (incluant les stations de reprise s'il y en a) ;
- La gestion et l'entretien des canaux ainsi que leur exploitation (tour d'eau) et tarification interne, plus collecte des autres redevances ;

Exploitants : Ils se chargeront :

- De la gestion de l'eau à la parcelle ;
- De la participation à l'entretien des ouvrages collectifs.

Irrigation Development Experiences of Central Asian Countries and Lessons for West Africa and Sub-Saharan Africa

Mohan Reddy Junna, PhD

Principal Researcher and Head of the Office, International Water Management Institute (IWMI), Central Asia Office, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

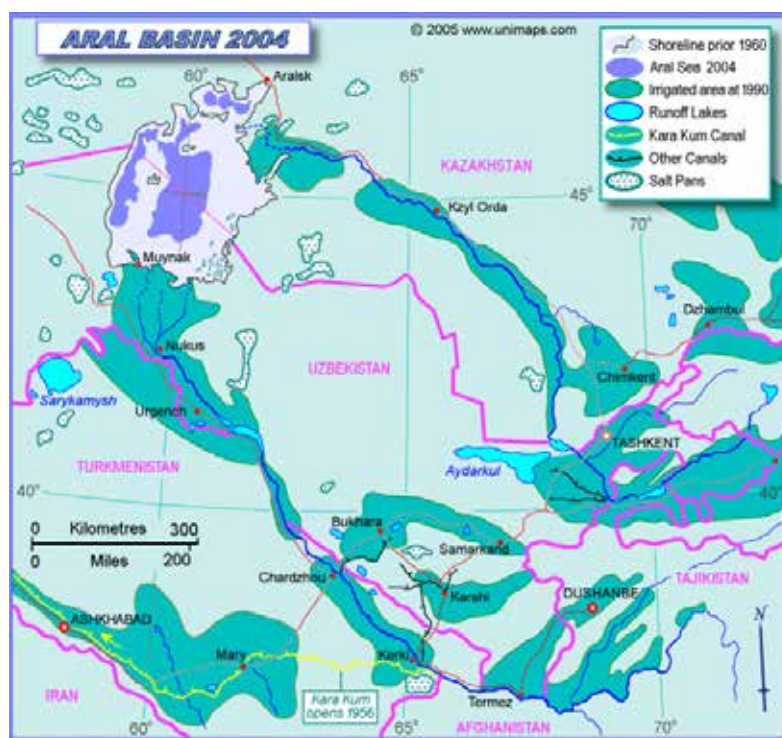
This paper provides an overview of the irrigation development experiences of Central Asian states and drives lessons for sub-Saharan Africa. Amu Darya and Syr Darya are the two lifeline rivers of Central Asia supporting irrigated agriculture. Groundwater resources are also available. Irrigation development followed population growth. The rapid development of irrigation took place in the 1970s and 1980s following population growth trends. During the Soviet era, irrigated farms were operated by the State or collective farms. These farms were assigned specific crop production targets to fulfill, with little consideration given to economic or environmental issues. The State provides all agricultural inputs (including irrigation water) and subject matter specialists for advisory services. During the Soviet era, waterlogging and salinity were major problems. After collapse of the Soviet Union, the state/collective farms were disintegrated with nobody to claim ownership of irrigation and drainage infrastructure. Continued withdrawal of huge quantities of water from the two lifeline rivers drastically reduced the water level and storage of the Aral Sea. Inadequate management of irrigation schemes exacerbated waterlogging and salinity problems. The ultimate consequences have been reduced crop yields and increased food insecurity. The irrigation development experience in Central Asia indicates the significance of the combined technical, institutional and extension interventions in improving the productivity and equity of irrigation systems.

Introduction

Central Asia consists of five countries: Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan. Large portions of Kyrgyzstan and Tajikistan are covered by mountains which are capped by snow. Glaciers, winter snow and groundwater are the main sources of water supply. Kyrgyzstan and Tajikistan are the headwater states, whereas Kazakhstan, Turkmenistan and Uzbekistan are the downstream water user states. Amu Darya and Syr Darya are the two lifelines of Central Asia, as shown in Figure 1. The headwater states of Amu Darya are Tajikistan and Afghanistan, and this river flows along the boundaries of Tajikistan-Afghanistan, Afghanistan-Uzbekistan, and Uzbekistan-Turkmenistan, and empties into the Aral Sea after 2,580 km.

Similarly, Syr Darya originates in the mountains of Kyrgyzstan and Tajikistan, and flows for 2,220 km through the countries of Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan and Kazakhstan, before emptying into the Aral Sea. On average, the annual volume of water carried by Amu Darya is 78.5 billion cubic meters (Bm^3), whereas the annual volume of water carried by Syr Darya is 37.2 Bm^3 . In addition to surface water resources (glaciers and precipitation mainly in the form of winter snow), groundwater resources are also available in the region. The potential (useable) groundwater resources are about 17 Bm^3 , but the actual groundwater resources used for irrigation are only 4 Bm^3 .

Figure 1. Irrigated areas of Central Asia.



Irrigation Development in Central Asia

Rainfall is scanty in Central Asia and irrigation has been practiced for several centuries. As far back as 1940, the irrigated area was 3.8 million hectares (Mha) and the population in the region was approximately 10.6 million. Irrigation development followed population growth, so that by 1990 population was 33.6 million and the potential irrigated area reached 7.6 Mha. The rapid development of irrigation took place in the 1970s and 1980s (Table 1). The amount of water diverted from rivers for irrigation reached its peak value of 106.8 Bm^3 per year in 1980.

Table 1. Irrigation statistics for Central Asia.

Indicator	Unit	Year						
		1940	1960	1970	1980	1990	2000	2008
Population	Millions	10.6	14.1	20.0	26.8	33.6	41.5	51.1
Irrigated area	Thousand hectares	3,800	4,510	5,150	6,920	7,600	7,890	7,960
Total water withdrawal	Bm ³ /year	52.3	60.61	94.56	120.7	116.3	100.9	98.8
Irrigation withdrawal	Bm ³ /year	48.6	56.15	86.84	106.8	106.4	90.3	89.6

As part of irrigation development, several water reservoirs were multi-purpose – irrigation and hydropower. Irrigation water is diverted either from these reservoirs or rivers. Since most of the irrigated area is at a higher elevation than the rivers, 60 to 70% of the water supplied to fields has to be pumped or lifted by several meters.

Furrow irrigation is the main method of irrigation used in Central Asia (Figure 2). No sprinkler and drip irrigation systems were designed, except in research plots, during the 1970s and 1980s. The main crops grown were cotton, wheat, alfalfa, and fruit and vegetable crops. An extensive network of canals (lined and unlined) was constructed to supply water to collective and state farms. In fact, one of the biggest canals in the world, the Karakum Canal, runs through the Karakum desert for 800 km and carries a discharge of more than 450 m³/s. All the agricultural lands and farms were owned by the State. Each of the farms had subject matter specialists such as irrigation specialists, agronomists, soil scientists, plant protection specialists, farm machinery or equipment specialists, farm managers, etc. Collective farms had specific crop production targets to fulfill year-after-year. All agricultural inputs, including irrigation water, were supplied by the state.

Figure 2. Furrow irrigation system.



Problems Faced by Irrigation Systems in Central Asia

As a result of the continued withdrawal of huge quantities of water from the two major rivers which feed the Aral Sea, its water level and storage declined drastically. Due to inadequate management of irrigation schemes, waterlogging and salinity became a major problems by 1990. After independence from the former Soviet Union (around 1990), all the Central Asian states were struggling for political and economic stability. During this period, the operation and maintenance of the irrigation systems was neglected due to lack of financial resources. This exacerbated the preexisting problem of waterlogging and salinity of irrigated lands. In Uzbekistan, the total irrigable area is more than 10.7 Mha, out of which close to 8 Mha are subjected to salinization.

More than 5.97 Mha, out of a total irrigated area of 8 Mha, requires artificial drainage. Drainage is accomplished through a combination of vertical and horizontal drains. Due to lack of proper maintenance, most of the drainage system is not working properly, further exacerbating the problem of waterlogging and salinity (Tables 2 and 3). There were significant investments in drainage in the region until the 1990s. However, with the collapse of the Soviet Union, drainage systems are no longer properly maintained, and the area under waterlogging and salinity has been increasing steadily between 1990 and 1999.

Table 2. Waterlogging in Central Asia (1990-1999).

Planned zone	Irrigated area in 1990 (x 1,000 ha)	Area with water tables < 2 m (x 1,000 ha)	
		1990	1999
Kyrgyzstan	410	11	14
Uzbekistan	1,860	413	566
Tajikistan	250	26	31
Kazakhstan	780	98	294
Total on Syr Darya Basin	3,300	548	905
Tajikistan	690	92	111
Uzbekistan	2,400	670	801
Turkmenistan	1,310	528	654
Totals on Amu Darya Basin	4,400	1,290	1,566

After the collapse of the Soviet Union, the state/collective farms were disintegrated, with nobody to claim ownership of irrigation and drainage infrastructure. Land was distributed to local people, whether they were farmers or not. As a result, teachers, doctors, policemen, etc., also became farmers. In Kyrgyzstan, Kazakhstan and Tajikistan, farmers owned their land, whereas in Turkmenistan and Uzbekistan, farmers leased their land from the government. The disintegration of large farms increased the number of farmers, but most of them have a poor knowledge of irrigated agriculture. The existing on-farm irrigation infrastructure is inadequate and in a dilapidated condition to distribute water to individual farmers. During the Soviet era, every state/collective farm had professional agronomists and irrigation specialists providing advisory services. With the collapse of the system, most of this expertise was lost. Without adequate irrigation infrastructure and any organizational support for water distribution below the

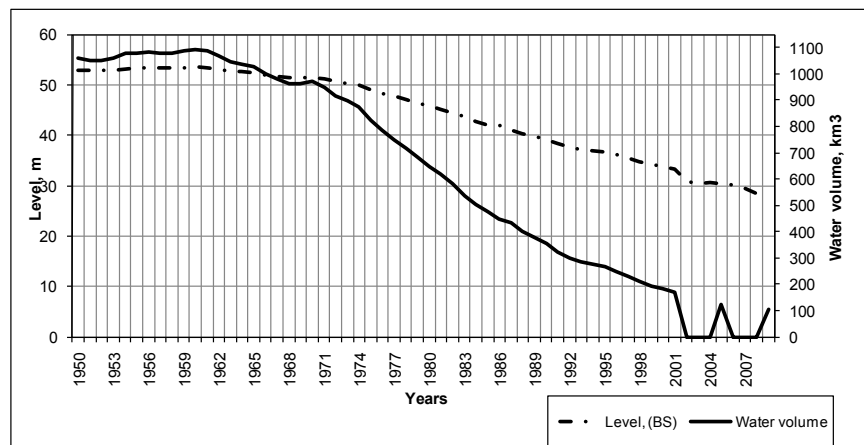
tertiary canal level, irrigated agriculture became chaotic: head-end/tail-end problems, inequity and unreliability in water supply, lack of advisory services on agricultural practices, lack of appropriate farm machinery for operation on small farms, etc. This situation combined with problems of waterlogging and salinity. The result was a significant reduction in crop yields and by the early 2000s, food security became a major issue in Central Asia.

Table 3. Salinization in Central Asia (1990-1999).

Planned zone	Irrigated area in 1990 (x 1,000 ha)	Areas with high and medium salinity levels (x 1,000 ha)	
		Average	
		1990	1995-1999
Kyrgyzstan (total)	410	9.1	8.4
Uzbekistan (total)	1,860	199	330
Tajikistan	250	15.3	54
Kazakhstan (South)	780	119	215
Totals on Syr Darya Basin	3,300	342	608
Tajikistan (total)	690	18.6	18.5
Uzbekistan (total)	2,400	505	638
Turkmenistan (total)	1,310	636	1,166
Totals on Amu Darya Basin	4,400	1,160	1,822

In addition to diverting unsustainable levels of irrigation water from the two major rivers, return flows (drainage waters) were diverted into depressions in the desert. The result has been a rapid decline in the volume of water reaching the Aral Sea after 1970. Today, the volume of water stored in the lake is only about one-tenth of what it was during the 1950s and 1960s (Figure 3). The water level has decreased from 55 m to 27 m above sea level, creating significant environmental and health problems for the population living around the Aral Sea.

Figure 3. Water level and volume in the Aral Sea.



Approaches Used to Address the Problems

A two-pronged approach was taken to address the problems of the irrigated agriculture sector: rehabilitation of irrigation and drainage infrastructure, and agricultural reforms. Rehabilitation of the infrastructure included lining canals, repairing broken control structures, and cleaning irrigation canals and collector drains.

Even when the irrigation and drainage infrastructure was in good condition, waterlogging and salinity indicated flaws in the planning, design (assumptions made on seepage losses through canals, hydromodel zoning values, adequacy of size, type and location of different regulating structures used, design of drainage systems), canal operational plans and operation of irrigation systems at field level. Even after the rehabilitation work was completed, irrigation was still not properly operated and maintained, and there was no coordination between the operation of irrigation and drainage (vertical and horizontal) systems. Huge investments will be needed to rehabilitate the entire irrigation infrastructure (unlined and lined canals, vertical and horizontal drains, including collector drains, pumping stations, etc.) and it will take several years to complete.

As part of the agricultural reforms in 2004 to 2005, water users were mandated to form Water Users Associations (WUAs) for proper control and distribution of irrigation water. However, this process has been very slow in Turkmenistan and Tajikistan. Even in places where WUAs were formed, these were based on administrative rather than hydrologic boundaries. In some places, WUA chairmen were appointed by government officials rather than being elected by the water users and they were not registered as non-profit organizations. Several donor agencies have invested money to strengthen WUAs, but the magnitude of this problem means that it will take several more years to complete the capacity building process.

Investments to improve infrastructure below the tertiary canal level have been very minimal. Hence, water distribution below the tertiary level is still a challenge. In most of the Central Asian countries, there are no good agricultural extension systems for farmers that are new to irrigated farming. In addition, no flow measurement structures exist at individual field level and hence no information is available on seepage losses. As a result, irrigation is inefficient at field level and water is unequally distributed among farmers within the command areas of tertiary canals, exacerbating the existing problems of waterlogging, salinity and low crop yields (Figure 4).

IWMI's Efforts to Address the Issues

The International Water Management Institute (IWMI), along with its partner, the Scientific Information Center of the Interstate Commission for Water Coordination (SIC-ICWC), has been working in the Fergana Valley (Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan) of Central Asia since 2002. The project has been funded by the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), and its main focus is on capacity building and institutional strengthening. Specifically, in each of these three countries, one irrigation canal (Figure 5) was selected and the following activities were undertaken:

1. WUAs were registered as non-profit organizations. Technical support to build/improve water distribution networks within WUAs was provided. The capacity of WUAs to

- operate and maintain irrigation infrastructure, water accounting, financial management, etc., was strengthened.
2. WUAs were reorganized using hydrographic principles (Figure 6).
 3. Union of Water Users Associations (UWUA) and Canal Management Organizations were formed along the main canals for fair distribution of irrigation water to the main canals of the three project sites (Figure 6) in the three countries. These are as shown below:
 - South Fergana canal - Uzbekistan (42 WUAs).
 - Aravan-Akbura canal - Kyrgyzstan (6 WUAs).
 - Khojibakirgan canal - Tajikistan (20 WUAs).
 4. In 2005, all the three main canals were automated to improve canal operations. A Management Information System (MIS) was designed for each canal, and capacity building of the operation and administrative staff of the canal was implemented.

Figure 4. Inequity in water distribution.

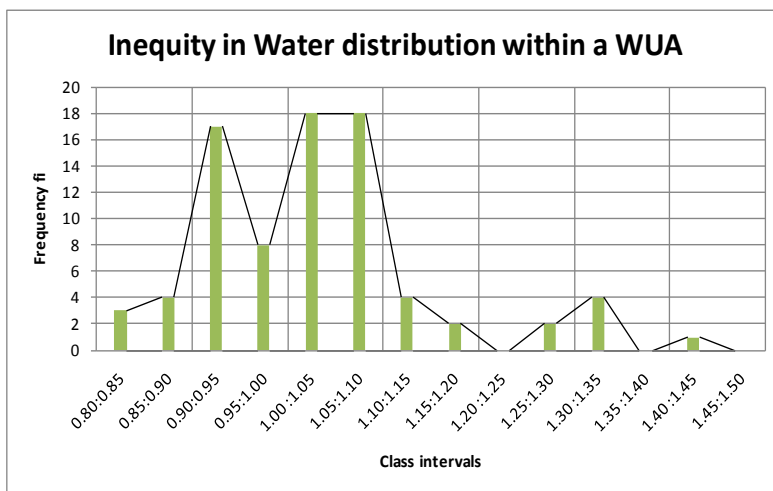


Figure 5. Location of project sites.

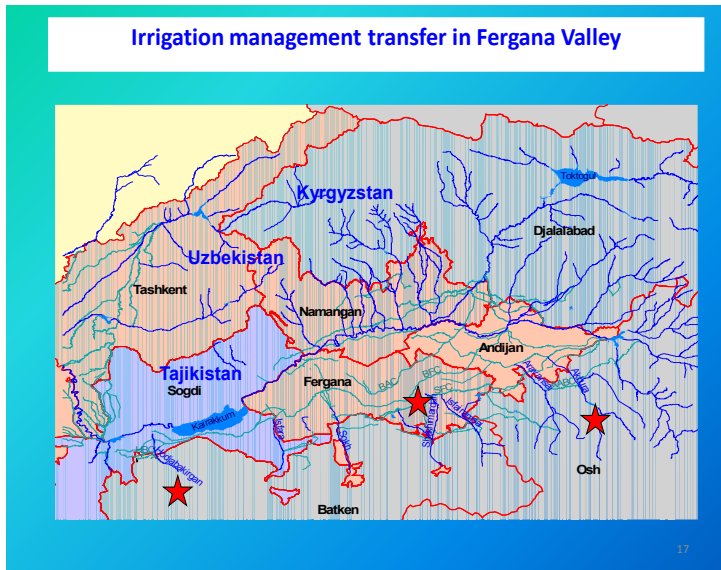
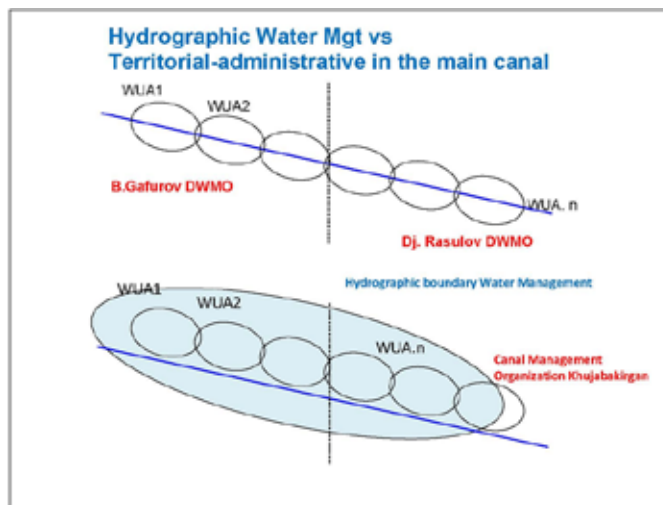
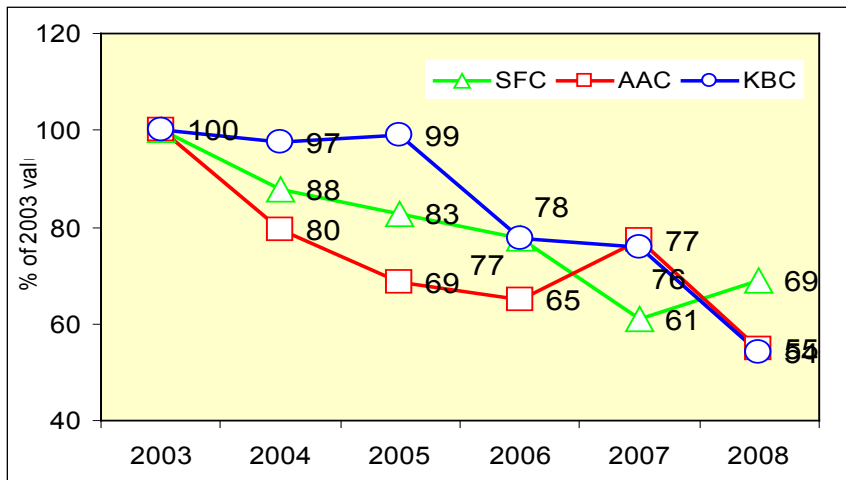


Figure 6. Administrative and hydrographic boundaries.



The data collected on the amount of water released into South Fergana, Aravan-Akbura and Khojibakirgan canals showed that this has decreased gradually since 2003 due to new institutional arrangements and canal automation. Although there is a 30% decrease in the volume of water delivered to the irrigated areas in the three countries (Figure 7), all of this decrease cannot be attributed to the interventions alone. The decrease in the amount of water delivered is also caused by a change in cropping pattern (from alfalfa to wheat) and shortage of water or rainfall during the vegetation period.

Figure 7. Water savings from technical and institutional interventions.



Notes: SFC: South Fergana; AAC: Aravan-Akbura; KBC: Khojibakirgan.

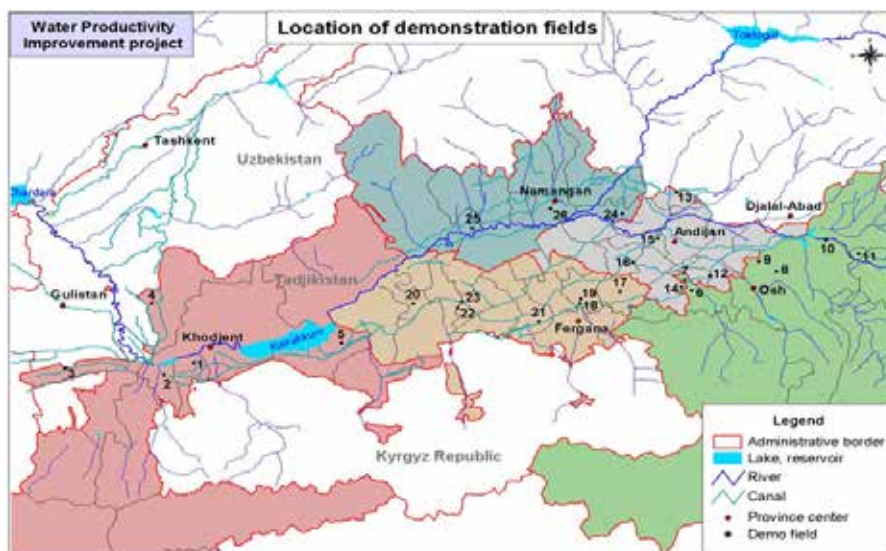
In addition to savings in water, the reliability of water supply (quantity of water requested by WUAs versus quantity of water received) has improved. A cursory analysis of data indicates that the water supply has been reliable after the introduction of technical and institutional interventions.

In IWMI's project areas, no infrastructure improvements below the tertiary canal level were financed by the project. The only technical help provided to WUAs was capacity building of staff in improved water distribution, flow measurements and water accounting procedures. A preliminary analysis of data on water distribution within WUAs indicates that water supply is inequitable (Figure 4). Currently, methodologies are being developed to improve equity in water distribution. However, there are other factors that contribute to inequity in the amount of water received. Some farmers use groundwater resources and water from collector (surface drainage system) drains. There is no accounting of the total amount of water received by different farmers from different sources, and there is no coordination between the administration of surface water and groundwater/collector drainage waters.

The performance of on-farm irrigation systems, in terms of water savings, has not changed significantly over the project period (from 2002 to 2010). On-farm practices remained the same - business as usual. The impact of improved water delivery to WUAs has not really translated into improved water delivery to all the farmers within the command areas of WUAs. Also, due to the lack of adequate infrastructure (water distribution and flow measurement structures), water distribution has been very inequitable. Thus, the impact of improved canal deliveries on water productivity has been minimal.

SDC provided funding to IWMI and its local partner SIC-ICWC to devise an innovative information dissemination mechanism to improve water productivity at field level. The main thrust of this project is to design an organizational structure and test its effectiveness to disseminate information. Twenty-five demonstration sites were selected in Fergana Valley (Figure 8), where innovative practices to improve water productivity were introduced and closely monitored.

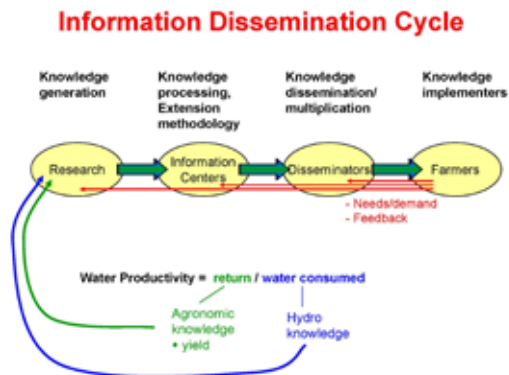
Figure 8. Location of demo field sites.



The innovation cycle has the following four components and is presented in Figure 9:

1. *Research Centers*: to provide scientific information on the innovative practices that have been identified (in consultation with farmers in the project area) to improve water productivity at field level.
2. *Information Centers*: to synthesize the information provided by the research centers, convert it into a farmer-friendly language, and publish the materials for distribution to trainers and farmers. In addition, information centers also conduct ToT (training of trainers) workshops.
3. *Trainers (Information disseminators)*: to train the farmers in their locations and disseminate information on innovative practices in the project area. The 25 demonstration farms are used to demonstrate the application of innovative practices and their impact on water productivity. In addition to training farmers, the disseminators collect new information needs of farmers to improve water productivity. This information is then passed to the information and research centers to provide answers to the questions raised by the farmers.
4. *Water users (farmers)*: This project basically focuses on carrying information to and from farmers.

Figure 9. Innovation cycle.



The verbal feedback received from partners and farmers indicates that the innovation cycle is working very well. During the Spring of 2011, an independent agency will be assessing the entire working of the innovation cycle, including farmers' satisfaction with the entire process of information dissemination.

Conclusions and Lessons for West and Sub-Saharan Africa

Most of the irrigation development in Central Asia took place during the Soviet era (1940-1990). Back then, the main criteria used for development of irrigation projects was production of agricultural crops, and economic and environmental issues were secondary. However, by 1980, waterlogging and salinity started to become a problem. These worsened by 1990 and exacerbated by the economic condition of the post-independent states. From the late 1990s, there have been major efforts to address the issue of low crop yields (and the consequent food security) due to waterlogging and salinity. Most government efforts went into rehabilitation of the existing irrigation and drainage infrastructure, with minimal emphasis on modernization of institutional arrangements. Based upon the rehabilitation/modernization experiences of the Central Asian countries, the following lessons can be learned:

1. The last three to four years of data collected by IWMI and its partner SIC-ICWC indicate that a combination of institutional and technical interventions are required to improve the performance of water delivery systems. The approach taken by IWMI and SIC-ICWC to implement institutional and technical interventions to improve canal operations has been proposed for a new project funded by the World Bank and SDC in Uzbekistan.
2. Even though the main canals of the three irrigation projects (in Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan) have been automated, water delivery schedules are still based upon pre-planned, delivery schedules. This is because the engineers operating the canals are used to operating the canals the old-fashioned way and there is some resistance to change over the mode of operation.

3. In the past, most of the irrigation systems were designed to be supply-based and on the technologies available at that time. However, supply-based irrigation delivery schedules typically result in sub-optimal utilization of irrigation water. Today, there are a variety of communication and hardware technologies for demand-based operation of irrigation canals that optimize water use. In the future, new irrigation systems or systems planned for modernization should be designed for demand-based (or arranged) water delivery.
4. One of the reasons for the low level of performance of on-farm irrigation systems is the lack of knowledge of farmers on efficient utilization of irrigation water. Currently, there is no mechanism for efficient dissemination of information/knowledge on improved irrigation practices to farmers, i.e., irrigation extension services are nonexistent. IWMI, along with SIC-ICWC, has devised an innovation cycle to disseminate information on improved irrigation and agronomic practices with positive results. Therefore, irrigation extension service is a key element to improve irrigation water management at field level.
5. Whenever modern technologies are introduced into an irrigation project, the concerned staff of the department/organization must be trained in the operation and maintenance of the modern infrastructure/equipment. Even though there have been some minor faults in the software developed to run the main canals, they have been operating smoothly for the last four seasons.
6. It is difficult to improve the performance of on-farm irrigation systems in the absence of dependable water supply to fields. In most of the Central Asian countries, water is either free, charged a low nominal amount (except in Tajikistan), or water charges are based on the area irrigated and/or crop type. In addition, farmers do not have credit facilities to invest in technical interventions. Therefore, farmers do not have the motivation to improve on-farm water management.
7. There is no coordination between the operation of irrigation systems, pumping of groundwater for irrigation and pumping water from collector drains. As a result, it is very difficult to control waterlogging and salinity in the project areas.

Accelerating Smallholder Irrigation in Sub-Saharan Africa: Lessons from South Asia's Groundwater Revolution

Tushaar Shah

Senior Fellow, International Water Management Institute (IWMI), Anand, India

Abstract

This paper argues that enhancing smallholder water control by improving their access to small Motorized Pump-And-Pipe Irrigation (MoPAPI) systems – supported by local water storages, water harvesting and recharge structures – can revolutionize smallholder farming in sub-Saharan Africa (SSA). Such a strategy can quickly improve food and livelihood security in the region, and make famine history. The argument draws upon the experience of South India, similar to SSA in some hydrogeological respects, where a veritable boom in groundwater-based MoPAPI systems generated massive livelihood impacts but also caused serious sustainability issues. If planned according to scientific guidelines, the rapid expansion in MoPAPI systems in SSA has the potential to replicate South India's livelihood and food security benefits and avoid or minimize sustainability threats. The challenge is how to quickly accelerate the use of MoPAPI systems in SSA. Policies so far have focused on subsidizing the capital cost of MoPAPI systems, which encourages ownership but not sustainable utilization. India's experience suggests encouraging the use of MoPAPI systems by smallholders at affordable prices in a risk- and hassle-free format, which may be more effective in accelerating smallholder irrigation in SSA than subsidizing MoPAPI systems.

Smallholder Irrigation in Sub-Saharan Africa

Back in the 1960s, the economist, Ishikawa (1967), described irrigation as the leading input to agricultural growth in Asia. In this paper, we argue that irrigation can play a similar role in kick-starting smallholder agricultural growth in SSA. In Ishikawa's stage I of agrarian evolution, rainfed crop yields remain low and variable, and extensive land use for a single crop is the norm due to lack of water control. In stage II, supplemental irrigation stabilizes crop yields and minimizes production risk. In stage III, irrigation moves smallholders to a higher production possibility frontier through the adoption of modern seed-fertilizer technologies. In stage IV, as yields approach their potential, irrigation promotes multiple cropping of land. Ishikawa overlooked a new stage V, in which water control is moving Asia's smallholders towards more diversified mixed farming systems of high-value market products (Shah 2009).

In its responsiveness to irrigation, African agriculture is no different. In a sample of 24 SSA countries, Svendsen et al. (2008) estimated that irrigated farms (4.4% of Africa's total cultivated area) contributed 20% of the value of agricultural output.

However, these irrigated farms largely exclude the poor, smallholder farmers of SSA, operating a holding of 5 hectares (ha) or less. Much of smallholder farming in SSA today is stuck in Ishikawa's stage I, where lack of water control accentuates rural poverty and food insecurity. Less than 5% of the region's agricultural areas are equipped for irrigation (FAO 2003). Over 80% of African irrigation is concentrated in 10 countries of North and West Africa besides South Africa¹. Of the little irrigation areas that the remaining 28 countries in SSA have, most are in the hands of commercial farmers. Of the poor people in SSA, 85% live in rural areas and subsist as smallholder farmers, but they are largely deprived of the productivity benefits of water control that Asian smallholders have enjoyed for decades (ADB, FAO, IFAD, IWMI and World Bank 2007; The World Bank 2010).

Improving irrigation is critical to making smallholder agriculture in SSA thrive. To achieve food security, the Forum for Agricultural Research in Africa (FARA) and the New Partnership for Africa's Development (NEPAD) have called for a 6% annual growth in agricultural output in SSA through agricultural intensification, requiring effective and efficient use of land and water. FAO (2003) estimates that about 75% of the agricultural growth required by 2030 in SSA will have to come from yield increases (62%) and higher crop intensities (13%), while the expansion of arable land is expected to contribute the balance 25% (Sally et al. 2003).

SSA has a huge potential for irrigation expansion mostly through large multi-purpose projects (You 2008); it uses just around 2% of its water resources in irrigation compared to 36% in South Asia and 53% in the Near East/North Africa regions (Faurès et al. 2009). However, most of this potential may have little use for smallholder communities scattered over a vast hinterland. For these communities, it is critical to develop over 4-6 million hectares (Mha) of irrigation technologies appropriate for smallholders. This area will serve as a bulwark against frequent droughts, hunger and malnutrition, and increasing hydro-climatic variability from climate change.

Giordano (2006) estimates that 1-2 Mha in SSA is irrigated using groundwater, but it is not clear how much of this area belongs to smallholders. At the current rate of expansion of around 1% per year (Svendsen et al. 2008), the region will take 80-100 years to create 4-6 Mha of smallholder irrigation that is needed to tackle agrarian poverty and food insecurity. Faurès et al. (2009) forecast that, in 2030, SSA will use only 115 billion cubic meters (Bm³) of its annual water resources of 3,450 Bm³ for irrigation, adding 2.5 Mha to its 1997/1998 irrigated area of 4.5 Mha. This low growth rate is in contrast to the experience of South Asia, where nearly 2 Mha of newly irrigated areas have been added annually over the past two decades (Shah 2009:31). Even in a small country like Bangladesh, the irrigated area increased from 1.7 Mha to 5.9 Mha between 1981 and 1982 and 2006 and 2007, at an average rate of 168,000 ha/year (Parvin and Rahman 2009). Andhra Pradesh, a single state of India, similar in many respects in its hydrogeology to SSA, has over 6 Mha under irrigation, which is sufficient for the entire SSA to eradicate hunger and poverty (Indiastat.com n.d.). If accelerating smallholder

¹ Egypt, Sudan, South Africa, Morocco, Madagascar, Nigeria, Algeria, Libya, Angola and Tunisia have over 80% of African irrigated areas. Twenty-eight countries, covering over 30% of Africa's landmass, have 5% of water-managed lands (Tafesse 2003:7).

irrigation is an important human development goal in SSA, the region's policymakers need to systematically analyze the South Asian irrigation experience of recent decades, its successes as well as its failures, opportunities and threats.

Mega Irrigation Projects and Africa's Smallholders

Irrigation research and development in SSA are influenced by multilateral financial agencies and national governments such as China and Japan. These agencies have focused energies and resources on large multi-purpose irrigation projects. However, such projects have contributed little to accelerate smallholder irrigation in SSA.

First, large irrigation projects have a long gestation period. Second, in most large reservoir projects in SSA, hydropower is viewed as the main product whereas irrigation development is seen as a 'spill over benefit' whose management is not top priority (You 2008).

Third, compared to Asia, canal irrigation projects have proved to be significantly more expensive to build in SSA. Scholars have tried to challenge the impression that irrigation potential is costlier to create in Africa than in Asia. If we compare only 'successful' projects, African capital costs are comparable to Asia (ADB, FAO, IFAD, IWMI and World Bank 2007). You (2008) argued that, since reservoirs are built primarily for hydropower, irrigation should be 'charged' only for canals and distribution systems. However, most materials, which have to be imported, are costlier in SSA than in Asia; transport costs within Africa are high; and since local expertise is in short supply, project execution requires expensive consultants. In addition, poor utilization of irrigation infrastructure contributes to the high investment cost per hectare in SSA. In the arid north of Nigeria, River Basin Development Authorities (RBDAs) built 160 dams with a storage of 11 Bm³ of water. In India, a project like Sardar Sarovar, with a live storage of 9 Bm³, was designed to irrigate 1.8 Mha. However, in Nigeria, the plan was to irrigate only 725,000 ha with 11 Bm³. The actual irrigated area under the RBDAs was 45,000 ha in 1990/1991 and declined to 26,000 ha in 1999/2000. Capital costs per hectare, which were already high at the planning stage, increased many times because of the underutilization of the infrastructure (Omilola 2005).

Fourth, sparsely populated catchment areas and densely cultivated command areas, which are ideal for reservoir irrigation projects, are absent in many parts of SSA. Sparsely populated catchment areas ensure minimal displacement; and densely cultivated command areas ensure minimal canal network needed per hectare of command area irrigated. This is arguably why canal systems in SSA have a high ratio of canal network length per hectare of smallholder area irrigated, and why it is so difficult to find enough farmers to cultivate in a command area. In explaining poor performance of Tono and over 200 small dams constructed in Northern Ghana, Schraven (2010:108) cites several factors as being responsible for this, but "... probably the most severe reason... is that the number of farmers in these schemes still is very limited, despite the almost amazingly high number of constructed dams..." Similarly, another study of Ghana notes that, "Severe capacity under-utilization of existing irrigation facilities... [is a major issue]... in most cases, only a fraction of developed/equipped area is put to use in any given season or year." (Namara 2009:5).

Fifth, while in Asia canal networks are generally laid to serve areas already under intensive cultivation, and many SSA projects construct canals and then look for farmers to settle in the

command. The easiest option in such cases is to find enterprising commercial farmers who can take up large plots for cultivation. Smallholders in SSA, lacking entrepreneurial skills and the financial muscle to operate on a commercial scale, are unlikely candidates for taking up such opportunities, except under institutional arrangements that require neither entrepreneurship nor financial resources from smallholders. This is perhaps why small canal irrigation projects under apartheid South Africa were managed in an estate-farming mode, in which farmers ended up being wage earners while all entrepreneurial roles were managed by estate managers (Shah et al. 2002). Out-grower schemes on sugarcane estates in many SSA countries are little more than new generation farming estates with smallholder farming areas as an adjunct. There are examples that show that smallholders have benefited in such out-grower schemes built on canal irrigation. However, it seems very unlikely that out-grower schemes on canal irrigation can cover the 4-6 Mha needed in the near future.

Sixth, throughout the developing world, the operation and maintenance (O&M) of canal irrigation projects and their deteriorating performance has been a source of much concern. In South Asia, for example, despite billions being invested in modernizing old and constructing new systems, canal irrigated areas have been stagnant or even shrinking mostly because of poor O&M (Shah 2009). This concern appears to be even more serious in SSA, leading to declining interest in canal irrigation systems. According to You (2008), 1 Mha of water-managed areas in Africa are in dire need of rehabilitation. Donors fear the Asian syndrome of ‘build-neglect-rebuild’ cycle may have afflicted African irrigation as well. A recent four-country study of Niger, Nigeria, Burkina Faso and Mali noted that governments of these countries have withdrawn from large and medium canal irrigation projects, “partly in response to the many failed irrigation investments (lack of financial sustainability, poor maintenance and poor governance)” (The World Bank 2010).

Canal irrigation, however, has done very well in SSA when designed for a small number of large commercial farms. Their O&M becomes simple because the system managers have to deliver water in bulk at a small number of outlets and commercial farmers are responsible for water management. One of the few examples of farmer-managed canal irrigation in the developing world comes from South Africa’s Irrigation Boards (now called Water Boards), which serve large-scale commercial farmers (Shah et al. 2002). In that same country and elsewhere in the region, water users’ associations of smallholders have proved far less robust and sustainable than Water Boards.

What is the future of canal irrigation in SSA? It is likely to be developed as a by-product of hydropower projects. However, much of the canal irrigated areas may be controlled by large-scale commercial farmers and the new agri-business companies, who are better equipped to manage distribution of large volumes of canal water. For SSA’s smallholder communities, improved water control will have to come from more decentralized, dispersed and locally managed irrigation technologies.

Treadle Pump: The Magic Bullet?

While governments and multilateral agencies are focused on large projects, private foundations and international non-governmental organizations (NGOs) have preferred to work with small, low-cost, manual irrigation technologies such as the treadle pump, rower bump, micro irrigation,

and “bucket and drum kits.” Following the rapid spread of treadle pumps in Bangladesh during the 1990s, promotion of manual pumps emerged as a sunrise industry in SSA. Some striking similarities between Bangladeshi and SSA smallholders made early promotional efforts credible. Like Bangladeshi farmers, most of SSA's smallholders operate very small landholdings as food plots or gardens on margins of subsistence and lack access to mechanical pumps. As with canal irrigation, the fundamental preconditions for sustainable treadle pump adoption by smallholders were all present in Bangladesh in the 1980s and are all absent in SSA. Some of the preconditions are that the adopter should:

- have access to year-round water supply at a depth of around 3 meters (m) or less;
- have a large endowment of family labor with low opportunity cost;
- have easy access to output markets;
- have easy access to cheap spare parts and repair services; and
- *not* have access to cost-effective motorized pump irrigation.

All these conditions were present in Bangladesh in the 1980s and early 1990s (Shah et al. 2000). Farmers did not have access to cost-effective motorized pumps due to the disingenuous government policy, which created a public monopoly for the import of motor pumps of a few highly-priced brands. Thus, Bangladeshi farmers adopted treadle pumps on a large scale. Around the mid-1990s, around a million treadle pumps were in use in Bangladesh (Shah et al. 2000). Eventually, the Government of Bangladesh opened the import of pumps and dismantled the public monopoly (Palmer-Jones and Mandal 1987). A flood of imported new and second hand motor pumps, mostly from China, marked the disappearance of the treadle pump from Bangladeshi agriculture in the early 2000s.

In SSA, motor pumps are costlier than in Asia today. Although prices are falling, none of the other four preconditions outlined above, which were all present in Bangladesh in the 1980s, are present in SSA. First, except when water has to be lifted from a pond, a stream or a dry riverbed, there are not many places in SSA, other than dry riverbeds, that offer year-round groundwater availability at 3 m or less. Second, smallholder farming in many parts of SSA is far more feminized than in South Asia. In many SSA countries, men move to towns while women do most of the farming. Additionally, due to the high incidence of human immunodeficiency virus (HIV)/acquired immunodeficiency syndrome (AIDS), many SSA countries have also suffered high mortality in their working age population. As a result, the family labor available for arduous treadle pump irrigation in a typical smallholder family farm may be less in SSA than in Bangladesh. Third, proximity to output markets and access to cheap spare parts and repair services is uncommon in SSA. It is, therefore, not surprising that after two decades of intensive promotional campaigns, less than 500,000 treadle pumps were sold in SSA. The number in use is probably smaller²; and the area irrigated by treadle pumps in SSA is smaller than 100,000 ha³. The cost of promoting treadle pumps in SSA is probably several times higher

²How many of the treadle pumps distributed are used is not known, but “it should be hugely different from the volume of numbered sales” (The World Bank 2010:40). A study in Burkina Faso found that a treadle pump purchased with own money increased irrigated area by 140% whereas a treadle pump given away free led to an increase of only 40%. The World Bank (2010:40) also suggests that many more treadle pumps in SSA are used for drinking water than for irrigation.

³In Burkina Faso, a study found that the average area irrigated by a treadle pump to be 0.26 ha (The World Bank 2010:41).

than the cost of manufacturing one or the incremental benefit it delivers. If smallholders in SSA were to depend completely on treadle pumps, the region would need to put 20 to 22 million treadle pumps in actual use for the 4-6 Mha of smallholder farms that need supplementary irrigation. Manual irrigation is certainly better than rainfed farming. However, the promise it offers is far too modest compared to what is needed to pull SSA's smallholder agriculture up by the bootstraps. In a study of vegetable cultivators in five West African countries, Dittoh et al. (2007) found that 85% of growers interviewed used buckets and other manual lifting systems, but all of these people said they would like to use motor pumps if only they had access to them at an affordable cost.

The irrigation technology that SSA's smallholders need has to enable a woman farmer to expand her cultivated garden or food plot to a size she can operate with her family labor without having to use the bulk of it for watering plants. Small MoPAPI systems are a perfect answer to this call. In studying a small-scale MoPAPI revolution in Northern Ghana, Schraven (2010:135) found that motor-pump irrigators of tomatoes operated plots three times as big as those operated by bucket irrigators. In the words of a small-scale woman farmer in Munguley village of Katuba, a few miles north of Lusaka, "with the bucket, we could do 10 beds; with a treadle pump, 20-30 beds; but with motor pumps, we can do 100 beds or even more if we can manage it within the family."

The South Asian Experience

Neither large-scale canal irrigation nor small manual irrigation are likely to provide significant relief to SSA's smallholders. To accelerate smallholder irrigation in SSA, the drivers of the South Asian experience need to be analyzed.

South Asia has been an irrigation civilization for millennia. For centuries, agriculture in the region thrived on a variety of community based traditions of irrigation management, from tanks to intricate networks of overflow canals (Shah 2009). In the 1800s, the British began neglecting traditional systems as being 'primitive' while investing in massive, centrally managed canal irrigation systems to reduce relief expenditure during famines and enhance land revenue (Whitcombe 1983). This strategy created pockets of agrarian prosperity in command areas, but left vast areas to rainfed farming. After 150 years of canal building, at their independence in 1947, India and Pakistan had only 20 Mha under canal irrigation. The region experienced a fourfold population growth in the twentieth century. As landholdings shrank, it became a critical need for the survival of South Asia's smallholders to leap from Ishikawa's stage I to stage IV through intensive-farming with irrigation.

While governments and donors kept investing in large colonial projects, private MoPAPI systems based on groundwater wells boomed. Initially, it took off in the green revolution belt of Northwest South Asia, but quickly spread to the entire subcontinent, including hard-rock peninsular India. Between 1980 and 2010, South Asia (plain areas of India, Pakistan, Bangladesh and lower Nepal) added 45-55 Mha of MoPAPI while the canal irrigation area stagnated at around 28 Mha (Shah 2009). The number of MoPAPI systems in use increased from less than 200,000 in 1960 to over 25 million in 2000; the quantum of groundwater delivered by MoPAPI grew from around 20 Bm³ in 1960 to over 300 Bm³ by 2000; and the net irrigated area by MoPAPI increased from some 15 Mha in 1960 to some 70 Mha in 2000. Around 1960, the US

was the biggest user of groundwater in agriculture. Today, India is the groundwater champion of the world. Together, India, Pakistan, Bangladesh and Nepal use more groundwater in agriculture than any other country in the world.

The MoPAPI boom in South Asia has been a subject of much concern because it has left aquifers in large areas of South Asia heavily depleted, raising serious questions on the sustainability of MoPAPI. A host of problems associated with intensive groundwater use (drying up of wetlands, reduction in lean season streamflows, deterioration of water quality, etc.) have emerged as major water governance challenges. The MoPAPI boom has also made irrigation more energy-intensive; and progressive depletion of groundwater has further increased this energy intensity. In India, subsidies on electricity used by farmers to pump groundwater have become a great drag on the economy, and have impeded the viability and modernization of the power industry. Perpetuation of perverse power subsidies in India has also saddled that country with massive inefficiencies in the use of power and groundwater that exacerbated the environmental crisis. South Asia's MoPAPI boom occurred in a chaotic manner, without any planning and scientific management; as a result, the region's governments are finding it hard to 'govern' this massive new MoPAPI economy.

While these problems have received much attention in popular media as well as scholarly discussions, the benefits of the MoPAPI boom are often overlooked but are substantial as explained below:

- The MoPAPI revolution made access to irrigation 'democratic'; irrigation was no longer the privilege of farmers in the command area; and with MoPAPI, some 'water control' was available to all smallholders.
- Amartya Sen argued that democracy has made famines history in India. In reality, it is the MoPAPI revolution that did it. Pakistan had no democracy most of its life, but it had a MoPAPI boom and no famines. Bangladesh was a chronically food-deficit country until 1980, but thanks to the MoPAPI boom it turned into a rice exporter.
- The MoPAPI revolution has also made India drought-proof. A 20% shortfall in annual precipitation reduced India's food grain output by 19% in 1965-1966, when the MoPAPI boom had just begun. However, a similar 20% shortfall in precipitation in 1986 resulted in a 2% decline in food production thanks to 12 million MoPAPI systems being in operation.
- The MoPAPI boom in India has been pro-poor; it has been sought out by small and marginal farmers between 1970/1971 and 1995/1996; India's marginal farmers (less than 1 ha) increased their MoPAPI irrigated area by 4.5 times; and in contrast, large farmers (over 10 ha) increased their irrigated area only by 50% (Shah 2009).
- MoPAPI systems have multiple benefits: higher water productivity compared to gravity irrigation; cultivation of high-value market products such as vegetables, fruit and dairy enterprise; and ability to provide life-saving irrigation just-in-time, so that millions of MoPAPI users in dryland areas are able stabilize their livelihoods.

There is little evidence to suggest that MoPAPI systems can have the same impact on SSA's smallholders as it did in South Asia. Schraven (2010) describes how small pump irrigation of tomato cultivation in Northeastern Ghana prevented thousands of smallholders from migrating during the dry season. Zambia's smallholder rainfed cotton areas can double their productivity with supplemental MoPAPI systems. The same is the case with rainfed cocoa cultivation by smallholders in Ghana.

Opiate for One, Elixir for Another

South Asia's MoPAPI boom has helped the region cope with population pressure, food insecurity and agrarian poverty. SSA can reap many of the benefits that South Asia has derived from the MoPAPI revolution without facing serious sustainability threats. An unplanned MoPAPI revolution has proved an opiate for South Asia; but a planned and calibrated one, can be an elixir for SSA's smallholder economy for the following reasons:

- The supply characteristics of SSA aquifers need to be weighed against the demand of SSA's sparse smallholder population. As Allaire (2009) and Taylor and Tindimugaya (2009) have claimed, "groundwater availability per capita in sub-Saharan Africa is three times the availability in China and six times that in India"⁴. FAO (2003) estimated internally renewable groundwater resources of SSA at 1,500 Bm³, compared to 800 Bm³ for China and 400 Bm³ for India; and less than 1% is developed. Svendsen et al. (2008) explored smallholder irrigation potential in 24 SSA countries and concluded that, "With the exception of South Africa, all the available values [of water utilization] are very small, suggesting the potential for much greater development. Shallow groundwater aquifers are good water sources for individual and small community irrigation systems. Like surface water reservoirs, groundwater aquifers may also serve to buffer fluctuations in the supply of irrigation water."
- The key reason why the MoPAPI boom in India resulted in widespread environmental externalities was that it was driven by high population as well as cultivation density. Population density in South Asia ranges between 300-1,100 people/km² and cultivation density (cultivated (km²)/cell area (km²)) ranges between 30-70%. In SSA, these numbers are 30-80 people/km² and 5-8%.
- Even with low population and cultivation density, sustainability threats might be serious if smallholder farming areas are concentrated in small peri-urban pockets. However, smallholder farming areas in much of SSA are scattered over a vast hinterland. Even if SSA's MoPAPI boom were to be based entirely on groundwater, the pattern of resource use would be spread over large areas. If anything, a serious groundwater threat in SSA may emerge from rapidly growing urban water supply and commercial farming areas (as in South Africa). At 5,000 m³/hectare, bringing 4-6 Mha of smallholder farming areas under MoPAPI would require 20-30 Bm³ of water, which is barely 5% of SSA's known water resources and 1% of its average annual precipitation. SSA's MoPAPI does not need to rely on groundwater as much as South Asia's has. MoPAPI systems mainly draw water from small reservoirs, streams and rivers. Arguably, a larger proportion of smallholder communities in SSA have access to surface water bodies than is the case in South Asia today.
- Yet, despite these favorable factors, we do occasionally encounter sustainability issues caused by smallholder MoPAPI in SSA. A well-known case is the *fadama* areas of northern Nigeria, where massive expansion in groundwater irrigation has brought to the fore concerns over resource depletion. On a smaller scale, similar concerns have arisen

⁴In Ethiopia, for example, Tsega Tibebe (pers. comm.) estimated groundwater availability at 28,000 million cubic meters (Mm³) and annual withdrawals at 18 Mm³, mostly for domestic and industrial uses.

from the rapid expansion of MoPAPI on riverbeds in Northern Ghana. Both of these examples refer to rich alluvial formations that attracted overcrowding of MoPAPI systems, much like in alluvial aquifers of western India. However, most of SSA's hydrogeology is more akin to peninsular India. In India, crowding of MoPAPI systems in alluvial aquifers has created long-term sustainability concerns while in hard-rock aquifer areas, resource development and exploitation is more of a self-regulating nature. Crowding of MoPAPI systems here has reduced the short-term buffer value of aquifers, but it will not lead to a decline in groundwater levels simply because beyond a stage it becomes uneconomic.

- Finally, groundwater over-exploitation by smallholders in India today is clearly a *result* of perverse incentives encouraged by state policies. In much of western and southern India, annual groundwater draft would decline significantly if perverse power subsidies were withdrawn or even curtailed. Nigeria's MoPAPI boom in *fadama* areas was also fueled by diesel subsidies, but most SSA countries would not have the resources to provide such perverse subsidies.

For all of the above reasons, there seems to be little threat of serious environmental and sustainability concerns from a calibrated drive to aggressively promote smallholder MoPAPI systems in SSA.

Barriers to the MoPAPI Boom in Sub-Saharan Africa

If MoPAPI holds out such a great promise for SSA's smallholders, why has the technology not spread in the region like it did in South Asia? The barriers to the MoPAPI boom in SSA may be grouped into four clusters:

High cost, risk and hassle: Much of African literature places high capital and operational costs – drilling, pumps, pipes and spares – as the speed-breaker in accelerating MoPAPI systems in SSA. In reality, it is a triad of high cost, risk and hassle in the sustainable adoption of MoPAPI. High risk of a failed MoPAPI investment and the considerable hassle involved in organizing fuel, spares and support services are as important as high capital costs. Pump costs are falling in many parts, but the cost of drilling rigs and boreholes remains high because of small volumes and high costs of European drilling firms⁵. SSA smallholders do not have the power to choose from a wide variety of price-quality combinations in irrigation equipment. Equally deterring are the costs of fuel, spare parts and repair services, which have to be fetched from faraway towns. Some of these costs fall as 'MoPAPI communities' emerge (Schraven 2010).

In smallholder communities in Zambia and Ghana, where 50 or more pumps were in use in a village over several years, 'scope economies' reduce the cost of using MoPAPI. Some young farmers have learned to fix broken pumps and maintain a small inventory of spares. Between 1983 and 1990, two World Bank programs led to the establishment of 65,000 shallow tube wells in Nigeria's *fadama* areas. This created 'scope economies' with growing competition among private drilling contractors. With growing competition among them, Grimm and Richter

⁵ In Ghana, 10 European companies dominate the well-drilling business, mostly under European aid projects which gives them a monopoly. These companies charge around USD 10,000 for drilling a borehole. However, costs have been falling with new Chinese and Indian drillers who only charge a mark-up on their home-country costs.

(2006) reported that the cost “has been lowered to USD 79 per tube well in 1992 while in other countries in the region the costs are a multiple of that price (Ghana USD 313 in 1992; Burkina Faso USD 356 in 1995; and Niger USD 200 in 1991).”

Elsewhere in SSA, MoPAPI remains constrained by high ‘set up’ costs. Foster et al. (2006) estimate drilling costs at USD 100/m for 50-m deep wells. According to The World Bank (2010:35), Enterprise Works Worldwide, an international NGO, introduced a ground auger motor in Burkina Faso for motorized drilling of boreholes. Over 5 years, only 20 drillings were done because the cost of mechanized drilling is 10 times higher than the cost of a manual job. A similar experiment in Niger in 1999 led to the same conclusions. In both situations, the operator could recover his investment in an expensive asset by a high-price-low-volume strategy or a high-volume-low-price strategy. By underwriting 2,000 drillings, an intermediary could have bargained with the operator to pare down the cost of a motorized drilling to a fraction of what he charged now. High duties and taxes on imported equipment, corruption, poor workmanship, lack of scale economies and competition all contribute to keeping the high costs of MoPAPI.

Culture of smallholder agriculture: South Asian small-scale farming has a fairly deep machine culture. Many use custom-hired tractors for deep-ploughing and a pair of bullocks. Use of small threshers and other small equipment is common, too. This culture of using tools, animals and machines in farming operations makes adoption of MoPAPI a small step forward for a typical South Asian small farmer. For smallholders in SSA, MoPAPI adoption is a great leap forward. A large majority of smallholders in SSA use very few tools, drought animals or machines. Many are women who arguably may be slower to adopt machines⁶. On one hand, the absence of high population pressure on farmland, which drove small farmer demand for MoPAPI in South Asia, may be dampening MoPAPI adoption in SSA. On the other hand, limits to family labor may act on the smallholders in SSA in much the same way that the limit to landholding size acts on small farmers in South Asia.

Institutions: Smallholders find MoPAPI most attractive for moving from field crop cultivation to garden agriculture, and to transit from pure subsistence farming to market-orientation. In South Asia as well as in SSA, farmers using MoPAPI produce high-value market crops in addition to subsistence food crops. Therefore, MoPAPI attracts smallholders who have easy access to input and output markets. With half of its hinterland areas away from market towns by 8 hours or more (HarvestChoice (<http://harvestchoice.org/>)), high transport costs, and absent or exploitative market intermediaries, SSA agriculture is somewhat unfavorably placed compared to South Asia. Also critical is the absence of institutional credit which fuelled South Asia’s MoPAPI boom. Lack of private land titles may affect MoPAPI adoption in two ways: first, it limits SSA smallholder’s access to credit; and second, it decreases the incentive to invest in unmovable assets such as boreholes on a plot of land on which the farmer has no secure title^{7,8}.

Political Economy: Finally, the political economy of the government, donor and foundations prevented a ‘big push’ of the kind that kick-started South Asia’s MoPAPI boom during the 1960s. Multilateral financial agencies and national donors have preferred multi-purpose projects and private foundations have supported manual irrigation. Wells and boreholes are constructed mainly for drinking water and livestock needs. The promotion of MoPAPI to

⁶In Anateem, northern Ghana, 3,500 farmers practiced groundwater irrigation from dugouts in a dry riverbed, 2,700 used buckets and about 800 used motor pumps. According to the chief, Eric, most bucket irrigators were women and most motor-pump users were men (own fieldwork).

accelerate smallholder irrigation is low on the policy agenda, because of sustainability concerns as well as lack of clarity on how to promote MoPAPI adoption.

Accelerating MoPAPI: India's Lessons for SSA

When Indian politicians and administrators began promoting MoPAPI among smallholders 60 years ago, they had three advantages over SSA now: (a) Indian farmers had clear, private landownership titles; (b) most of them were men; and (c) environmental sustainability was not a major concern. In the Ganga Basin, most ideal for MoPAPI with groundwater, the local government struggled from 1935 to 1970 to promote MoPAPI on a mass basis. In South Asia, the MoPAPI boom evolved in three stages as follows:

Stage I: While in SSA, MoPAPI is promoted mostly by subsidizing investment in the system, in India, the strategy was to make MoPAPI use (and not ownership) affordable, risk-free and hassle-free. Government corporations ran Public Tube well Programs, which established heavy-duty tube wells to supply MoPAPI irrigation to smallholders through buried pipeline networks. Irrigation service was sold at highly subsidized rates while the government absorbed the capital as well as O&M costs. In Bangladesh, donors supported NGO-managed community tube wells (Ahmed 1993; Palmer-Jones 1995; Palmer-Jones and Mandal 1987). These programs provided South Asia's smallholders with a low-cost method of testing, exploring and learning about a new way of watering crops and how to expand their opportunity set. As farmers became confident with MoPAPI technology, the most enterprising ones began investing on their own shallow tube wells, pumps and piped distribution. Around 1960, private MoPAPI owners began to emerge as major competitors of public tube wells in service provision.

Stage II: Eventually, public and community management of government tube wells failed everywhere in South Asia (Palmer-Jones 1995), because they were crowded out by a boom in private MoPAPI service providers. Decades later, states like Gujarat successfully transferred thousands of public tube wells to farmer groups for self-management (Mukherji and Kishore 2003). In retrospect, South Asia's failed public tube well programs proved to be a good strategy to promote MoPAPI as a new irrigation technology appropriate for small farmers (Shah 1993). Once the private MoPAPI boom commenced, governments introduced schemes, such as the pump subsidy, free boring scheme and Million Wells Scheme, aimed at reducing the 'ownership cost' of MoPAPI for the poorest smallholders.

Stage III: Rapid growth of borehole drilling, use of electric and diesel pumps, rubber, PVC and RCC pipes created 'scope economies' by fostering the emergence of a village-level support system. Where electric pumps were widely used, a cottage industry developed for

⁷Some researchers argue that communal land tenure does not impede smallholder irrigation development in SSA. For example, Grimm and Richter (2006:9) argue that, "approximately 75% of all irrigated land (in Africa) is cultivated by smallholders under communal or traditional tenure systems. This would suggest that the existing tenure systems are not curtailing irrigation initiatives."

⁸Landless people often rent farmland for intensive dry-season cropping with groundwater irrigation. Such tenants naturally have no incentive to invest in an expensive well; so they use dugouts. In Northern Ghana, Namara (2009) found that, "Because of land tenure insecurity many farmers have to endure the drudgery of digging and refilling wells (which, in some cases, can be as deep as 9 m) every season."

repair and maintenance of these pumps. Where buried pipes were used to convey water, as in central and north Gujarat, specialist contractors emerged for manufacturing and laying buried pipelines. In hard-rock southern India, entrepreneurs and farmers collaborated to adapt existing technologies to blast rocks, and drill through granite and lateral boreholes inside dug wells. In hard-rock areas of Gujarat, specialist gangs from neighboring state Rajasthan began annual campaigns to deepen and de-silt wells, and drill bores within open wells to augment yield.

As demand for boreholes increased, it became affordable for small entrepreneurs to invest in manual and mechanical drilling rigs to support a cluster of three to four villages. Similarly, as demand for pumps and priming devices increased, so did the competition among the equipment manufacturers who were obliged to reduce their costs and prices. A highly competitive MoPAPI support industry emerged in every small town to provide low-cost pumps, rigs, pipes, and repair and maintenance services in a cluster of neighboring villages. Indian policymakers realized that providing the ultra-poor with the opportunity to use modern technologies in an affordable, risk- and hassle-free environment works better than giving them the technology for free. For instance, the Government of Gujarat signed a five-year contract with John Deere & Company (a leading manufacturer of agricultural equipment in the world) to provide farmers with affordable, risk- and hassle-free use of tractors and then allow them to decide whether they would like to buy them.

The disadvantage of subsidizing the MoPAPI capital cost is that it promotes ownership but not sustainable use, because the deterrents of risk and hassle are not addressed. This strategy promotes the use of a new technology, but then generates a ‘demand pull’ for ownership while also creating a MoPAPI user community with scope economies. An intervention in the promotion of MoPAPI that may work best in SSA is a three- to five-year program that provides smallholders with access to MoPAPI at an affordable cost. Foundations or donors can set up a local NGO as a Project Support Unit (PSU) with MoPAPI technical and training capacity. The PSU can train groups of 8-12 women franchisees in the O&M of MoPAPI systems, and establish them as Irrigation Service Providers (ISPs). The ISPs are incentivized to supply irrigation-on-demand to neighboring farmers at the cost of fuel plus a service charge. A weekly mobile service operated by the PSU may replenish the fuel used by each ISP, collect charges for fuel used and provide general technical backstopping to each ISP. The capital cost of equipment as well as operating costs (depreciation, interest, repair and maintenance, training and technical support) are met by a foundation/donor grant to the PSU. What such a program does is promote the use of MoPAPI services at fuel cost plus service charge, without users having to worry about procuring fuel, operating and maintaining the system or finding a mechanic to repair a broken pump.⁹

Such an intervention will overcome several constraints that act as barriers to MoPAPI adoption in SSA. Land tenure insecurity, which may keep smallholders from investing in a borehole, will no longer be a constraint when using an irrigation service provided by an ISP. Neither the high cost of pumps, pipes and rigs nor the capital scarcity of smallholders and their poor access to irrigation credit will be barriers. High maintenance and repair costs and non-availability of spares and skills will be addressed between the PSU and the ISP.

⁹The PSU will have to play an active monitoring and technical backstopping role for such a program to succeed. “Lessees are often failing to properly maintain leased equipment or overuse it, thus contributing to frequent breakdowns and shortening engine life. Whilst there is a lot of merit in such initiatives, there is a need to monitor them more closely and develop them further.” (Grimm and Richter 2006).

Our surmise is that after three to five years of implementing such a program, MoPAPI systems may take one of several possible directions. First, the NGO operating the PSU, together with its network of ISP franchisees, may evolve into a viable business model and continue to grow in a self-sustaining operation. Second, regular users of a MoPAPI service may become MoPAPI owners and service providers themselves, crowding out PSU franchisees. Third, private investors may come forward to operate an irrigation service provision business through franchisees of their own. In any of these cases, the driving force will be a strong economic demand for irrigation services, which will spur investment in its provision. This demand will grow as SSA's smallholders move through the various Ishikawa stages to create vibrant smallholder agrarian economies, liberated from droughts, famines, and food and livelihood insecurity.

References

- ADB (Asian Development Bank); FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); IFAD (International Fund for Agricultural Development); IWMI (International Water Management Institute) and World Bank. 2007. *Investment in agricultural water for poverty reduction and economic growth in Sub-Saharan Africa*. Synthesis report. Colombo: International Water Management Institute. (<http://siteresources.worldbank.org/RPDLPROGRAM/Resources/459596-1170984095733/synthesisreport.pdf>)
- Ahmed, Q.F. 1993. Socialization of minor irrigation: A strategy for growth with equity. In: *Groundwater irrigation and the rural poor: Options for development in the Gangetic Basin*, eds., Kahnert, F.; Levine, G. Washington, DC: The World Bank.
- Allaire, M. 2009. *Drought mitigation in semi-arid Africa: The potential of small-scale groundwater irrigation*. SustainUS: U.S. Youth for Sustainable Development.
- Dittoh, S.; Issaka, B.; Akuriba, M.A.; Nyarko, G. 2007. *Extent of use and impacts of affordable micro-irrigation for vegetables in five countries of West Africa - Burkina Faso, Ghana, Mali, Niger and Senegal*. Taiwan: The World Vegetable Center.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. AQUASTAT database. Available at <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm> (accessed on February 12, 2013).
- Faurès, J.-M.; Hoozevee, J.; Bruinsma, J. 2009. *The FAO irrigated area forecast for 2030*. Land and Water Development Division. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Foster, S.; Tuinhof, A.; Garduño, H. 2006. *Groundwater development in Sub-Saharan Africa: A strategic overview of key issues and major needs*. GW-MATE Case Profile Collection Number 15. Washington, DC: The World Bank.
- Giordano, M. 2006. Agricultural groundwater use and rural livelihoods in sub-Saharan Africa: a first-cut assessment. *Hydrogeology Journal* 14(3): 310-318.
- Grimm, J.; Richter, M. 2006. *Financing small-scale irrigation in sub-Saharan Africa*. Part 1: Desk Study. Financing series. Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH; The World Bank. Available at http://agriwaterpedia.info/images/0/06/GIZ_%282006%29_Financing_Small-Scale_Irrigation_in_SSA_Part_1_DeskStudy.pdf (accessed on January 16, 2011).
- Indiastat.com. n.d. Irrigation data information statistics – irrigated agriculture area, drip irrigation and major and medium irrigation in India. New Delhi: Datanet India Pvt. Ltd. Available at <http://www.indiastat.com/table/agriculture/2/irrigation/145/398883/data.aspx> (accessed on February 12, 2013).
- Ishikawa, S. 1967. *Economic development in Asian perspective*. Tokyo: Kinokuniya Bookstore Co.
- Mukherji, A.; Kishore, A. 2003. *Tubewell transfer in Gujarat: A study of the GWRDC approach*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 40p. (IWMI Research Report 69).

- Namara, R. 2009. *Irrigation development in Ghana: Past experiences, emerging opportunities and future directions*. Accra: International Water Management Institute (IWMI); International Food Policy Research Institute (IFPRI); Ghana Irrigation Development Authority (GIDA).
- Omilola, B. 2005. *Rapid poverty reduction appraisal of the impact of small-scale fadama irrigation investment in Nigeria*. Unpublished report. Pretoria: International Water Management Institute (IWMI).
- Palmer-Jones, R. 1995. *Deep tube wells for irrigation: Efficiency, equity and sustainability*. Unpublished manuscript. Norwich: University of East Anglia.
- Palmer-Jones, R.W.; Mandal, M.A.S. 1987. *Irrigation groups in Bangladesh*. Volume 87 of ODI/IIMI Irrigation Management Network paper. London: Overseas Development Institute (ODI).
- Parvin, L.; Rahman, M.W. 2009. Impact of irrigation on food security in Bangladesh for the past three decades. *Journal of Water Resource and Protection* 3: 216-225.
- Sally, H.; Inocencio, A.; Merrey, D. 2003. Agricultural land and water management for poverty reduction and economic growth in Sub-Saharan Africa: Setting the research agenda. *African Water Journal* (Pilot Edition): 20-29.
- Schraven, B. 2010. *Irrigate or migrate? Local livelihood adaptation in Northern Ghana in response to ecological changes and economic challenges*. Inaugural dissertation. Bonn: University of Bonn.
- Shah, T. 1993. *Groundwater markets and irrigation development: Political economy and practical policy*. Bombay: Oxford University Press.
- Shah, T. 2009. *Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Shah, T.; Hussain, I.; Rehman, S. 2000. *Irrigation management in Pakistan and India: Comparing notes on institutions and policies*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 20p. (IWMI Working Paper 4).
- Shah, T.; van Koppen, B.; Merrey, D.; de Lange, M.; Samad, M. 2002. *Institutional alternatives in African smallholder irrigation: Lessons from international experience with irrigation management transfer*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Svendsen, M.; Ewing, M.; Msangi, S. 2008. *Watermarks: Indicators of irrigation sector performance in Sub-Saharan Africa*. Summary of Background Paper 4. Africa Infrastructure Country Diagnostic. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and the World Bank.
- Tafesse, M. 2003. *Small-scale irrigation for food security in sub-Saharan Africa*. Report and recommendations of a CTA study visit. CTA Working Document Number 8031. Available at www.cta.int/fr/content/download/865/4584/version/1/file/wd8031.pdf (accessed January 6, 2011).
- Taylor, R.; Tindimugaya, C. 2009. Can groundwater enable communities in sub-Saharan Africa to adapt to predicted impacts of climate change on freshwater resources? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 6.
- The World Bank. 2010. *Lessons learned in the development of small-scale irrigation for high-value crops in West Africa*. Accra: The World Bank.
- Whitcombe, E. 1983. Irrigation. In: *The Cambridge economic history of India volume 2: c. 1757-c. 1970*, eds., Kumar, D.; Desai, M. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 677-737.
- You, L.Z. 2008. *Irrigation investment needs in Sub-Saharan Africa*. Background Paper 9. Africa Infrastructure Country Diagnostic. Washington, DC: The World Bank.

Irrigation Development in West Africa: A Look into the Past and the Future

Regassa E. Namara and Hilmy Sally

Abstract

Based on ideas transpired in the other chapters in this proceeding, supplemented by a targeted literature review, this chapter analyzes: (1) the economic rationale for continued investment in agricultural water management (irrigation); (2) the complex challenges facing the sector; and (3) the potential interventions that might be taken to improve the productivity of the sector and enhance further investment.

Introduction

The global food crisis of the recent past has sparked grave unrest on the streets of major West African cities (Walt 2008). The underlying causes for the food crises are many and complex, but this situation does beg the question of the contribution and performance of the agricultural water management sector. Investment in agricultural water (a) contributes to food security; (b) enhances and sustains agricultural production by reducing the vulnerability of the sector to the debilitating effects of climate change and climate variability; and (c) contributes, directly and indirectly, to poverty reduction. Furthermore, it allows agricultural intensification and diversification, increased farm outputs, greater agricultural wage employment, lower local food prices and hence higher real net incomes. On the other hand, it can engender higher rural and urban employment as a result of the multiplier effect on growth in rural and urban non-farm economies. In fact, the potential multipliers from investment in agricultural water are generally higher than those from comparable investment in dryland agriculture (World Bank 2006). The subregion has abundant useable land and water resources and a market of 255 million consumers, and therefore enormous potential for growth. The satisfaction of regional food requirements depends, in large part, on local and intra-regional production.

The West African agricultural water sector is faced with twin problems of poor performance and underinvestment. The International Water Management Institute (IWMI), with support from the Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), hosted a workshop in Ouagadougou, Burkina Faso, from December 1-2, 2010, to discuss the future of irrigation development in West Africa. Representatives from 14 of the 15 Economic Community of West African States (ECOWAS), as well as representatives from regional, bilateral and multilateral development agencies, participated in the workshop and contributed papers on the current state of irrigation development in the region, opportunities for further development and the major challenges facing the irrigation sector. All in all, 21

papers were scheduled for presentation. However, only 19 papers were actually presented. The workshop was attended by 35 participants (see annex for the list of participants).

The overall objective of this chapter is to synthesize key messages of the foregoing chapters and presentations (and the scholarly discussions that ensued), and analyze how and where the agricultural water sector can best contribute to food security and poverty reduction in the subregion. The chapter specifically focuses on the following:

- Revisits the agricultural water sector development experiences in West Africa, and assesses the technical, institutional, economic and policy constraints as well as the opportunities.
- Assesses the potential of the land and water resources, and the present and future food and water demand scenarios of the subregion.
- Provides a stylized review of irrigation investments, policies and institutions in the subregion.
- Provides key strategic intervention messages based on regional and international best experiences.
- Identifies key topics that require further research.

Land and Water Resources and Projections of Food and Feed Demand for West Africa

Given the current demographic situation of the subregion, West Africa has relatively abundant water resources compared to the rest of sub-Saharan Africa. Only Cape Verde and Burkina Faso have available water resources below the Falkenmark water scarcity criteria threshold of 1,700 m³/capita/year. Countries that have available water resources below this threshold can expect to face regular water stress. However, the degree of development of water resources remains low, and there are considerable unexploited surface water and groundwater resources. Only 2 to 4% of total renewable water resources are withdrawn for use and consumption in human activities. In South Asia, this percentage is more than 10 times higher (25%). Liberia and Sierra Leone have the least water withdrawal levels relative to their total renewable water resources. Mauritania, Burkina Faso, Niger, Mali, Senegal and Nigeria had the highest withdrawal levels. The water withdrawn is mainly used for agricultural purposes (see Paper 1, *Water and Food Trends in West Africa: Drivers of Change*, in this proceeding).

However, it has to be underlined that this seemingly comfortable picture at macro level actually hides significant temporal and spatial variability in the availability of water at local levels within countries. A substantial reduction in average rainfall has been observed in West Africa over the last fifty years (ECOWAS-SWAC/OECD 2008). The reduction is severe in the Sahel. For example, a southwards shift of the 100 mm isohyet, accompanied by a decrease in the length of the growing season by 20 to 30 days, has been reported in Burkina Faso (MAHRH 2006). Consequently, the main rivers have witnessed a drop in their streamflow. For instance, the average annual streamflow of the Niger River fell by 30% between 1971 and 1989; the streamflow of the Senegal and Gambia rivers fell by almost 60% (ECOWAS-SWAC/OECD 2008). The percentage reduction in streamflow was relatively greater than the drop in rainfall levels, pointing to an increased demand for water. Signs of groundwater overdraft are showing, for instance, in Nigeria and Cape Verde, where intensive groundwater-based irrigation

is practiced.

Another climate-related factor is that temperature changes in West Africa and in the Sahel, in particular, have been greater than the global average. The increase has varied between 0.2 and 0.8 °C since the end of the 1970s. Also, this trend is stronger in terms of minimum rather than maximum temperatures (ECOWAS-SWAC/OECD 2008). West African farming is directly correlated to weather hazards. Analysts estimate that, by 2100, farm sector losses will amount to 2-4% of the regional gross domestic product (GDP). Pastoral and agro-pastoral areas will undoubtedly be the most affected by climatic variations. Analysts also indicate that the average yield of millet and sorghum, which is the staple diet of the Sahelian population, is likely to fall by 15 to 25% in Burkina Faso and Niger by 2080 (ECOWAS-SWAC/OECD 2008).

The effect of climate change and climate variability on water resources is compounded by the surge in the demand for food and feed as a direct result of human and livestock population growth, the change in diets and food consumption patterns, and changes in settlement dynamics. The West African human population more than doubled in the past 50 years, and will double again in the coming 45 years with more than half of the West African population living in Nigeria (See Paper 1, *Water and Food Trends in West Africa: Drivers of Change*, in this proceeding). By 2050, the number of people in rural areas is expected to level-off at around 200 million while the urban population will continue to grow to over 400 million. In 1960, 16% of the population lived in urban areas, in 2008 this was 43% and in 2050 an expected 68% of the population will live in the cities (See Paper 1, *Water and Food Trends in West Africa: Drivers of Change*, in this proceeding). The population is also becoming increasingly young as more than half of the population is below 20 years of age.

In 2011, West Africa had an estimated livestock population equivalent to 142.3 million TLU (Tropical Livestock Units), which consumes about 1.6 km³ of water per annum. This livestock population is expected to grow to 155.7 million TLU and 186.9 million TLU in the years 2015 and 2025, respectively, with the corresponding annual water demand of about 1.71 km³ and 2.05 km³, respectively.

With urbanization and economic growth, dietary habits have changed. Between 1961 and 2008, total rice and wheat consumption in West Africa increased by a factor of 8 and 15, respectively. West Africa imports 47% of its rice and 97% of its wheat consumption, amounting to an annual import bill of around USD 2.5 to USD 3 billion (See Paper 1, *Water and Food Trends in West Africa: Drivers of Change*, in this proceeding). Per capita meat consumption increased by 50% from 8 kg per year in 1961 to 12 kg per year in 2007 while vegetable consumption tripled. Per capita millet and sorghum consumption decreased slightly from 40 kg per capita in the early 1960s to 35 kg per capita in 2007. Cassava consumption increased from 80 kg per capita per annum in 1961 to 120 kg in the mid-1990s and decreased again in the last decade to 100 kg in 2007. In summary, changes in food consumption patterns coupled with population growth resulted in a more than tenfold increase in demand for cereals between 1961 and 2007.

While there exists a substantial unexploited agricultural development potential, it is doubtful whether improvements in traditional rainfed agriculture alone (through productivity enhancements and/or area expansion) can sustain the expected massive increase in demand for food and feed in West Africa. It has to be emphasized that, out of the total of eight countries in sub-Saharan Africa (SSA) with a rainfed growing period of less than 200 days, five (Senegal, Burkina Faso, Niger, Mauritania and Mali) are from the West African region. It is equally difficult or even undesirable to continue relying on imports, at the scale currently observed,

to offset the domestic food deficits. As also articulated in many of the preceding chapters, we believe that enhanced investment in irrigated agriculture is one of the feasible solutions to address food deficit problems in West Africa and indeed in the rest of SSA. Despite the effects of climate change and climate variability, by and large, irrigation development in West Africa is not yet limited by physical water scarcity and the potential for further development exists, especially if the requisite investments are made available. The recent increase in the foreign land (and implicitly water) deals supports this view. In West Africa, land deals covering 870,000 hectares (ha) have been confirmed.

The billion dollar question is: Why have the West African states not been able to develop irrigation to adequately exploit the huge potential offered by nature? An even more interesting empirical question is: Why are the performances of the hitherto developed irrigation projects dismal? In the following sections, we try to provide answers to these policy relevant questions.

Irrigation Development: Potential and Experiences

Almost all of the West African countries, except Cape Verde, reported the existence of significant irrigation potential that is yet to be tapped. Thus, these countries have elaborated irrigation policies, strategies and plans to realize this potential, except for the post-conflict countries which are relative rich in water resources, such as Sierra Leone and Liberia. For instance, the Government of Ghana alone has a plan of bringing about 500,000 ha of land under irrigation within the coming five or so years (see Paper 10, *Current Status of Irrigation Development in Ghana*, in this proceeding). However, these plans and strategies are often too optimistic or unrealistic because they do not take into account the financial, technical and human resource capacities of the respective countries. Furthermore, the irrigation development plans are focused on surface water resources and are, in most of the cases, silent about groundwater resources, except Cape Verde, which already has significant groundwater irrigation (about 3,500 ha).

After many years of neglect, donors and national governments recently began to re-engage themselves in irrigation development (World Bank 2006). A joint irrigation sector diagnostic study involving the World Bank, African Development Bank, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), IWMI and the International Fund for Agricultural Development (IFAD) was conducted and the results of this study are synthesized in a document (World Bank 2008). The results of this joint action also contribute to realizing the continental efforts to boost agricultural productivity encapsulated in the Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP) of the New Partnership for Africa's Development (NEPAD). The Land and Water Management Pillar (Pillar 1) of CAADP targets the development of 16.1 million hectares (Mha) of irrigation (14.2 million small-scale and 1.9 million large-scale schemes), and the rehabilitation of 3.6 Mha of large-scale irrigation systems in SSA by 2015. The total resources required to materialize this development target is USD 36.9 billion (African Union/NEPAD 2003).

Based on the findings of the joint multi-donor assessment report, organizations have developed their business plans and strategies to realize the CAADP Pillar 1 target. For instance, the World Bank recommends scaling-up of investments in irrigation. The World Bank strategy classifies SSA countries according to their present readiness to embark on investments in irrigated agriculture. According to this classification, Burkina Faso, Ghana, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Nigeria were considered as being ready for scaling-up irrigation development

through investments, whereas Benin, Guinea Bissau, Liberia, Sierra Leone and Togo were considered as not being ready and requiring more analytical work to develop business plans. The World Bank has a specific plan of expanding the irrigated area from 7 Mha in 2005 to 10.5 Mha in 2010, with an estimated resource outlay of USD 12.25 billion (World Bank 2006).

The extent of agricultural water managed area (irrigated area) is not precisely known in West Africa and in SSA, in general. The official figures available are either imprecise or guesstimates at best. The general understanding is that the official figures underestimate the extent of irrigation outside the public jurisdiction and overestimate the extent of public irrigation. For instance, the studies carried out in Benin and Ethiopia show that official figures on irrigation tend to considerably over-estimate the area equipped for irrigation, which is due to errors in calculations, wrong assumptions and estimates based on design documents for irrigation projects rather than field observations of the actual area equipped for irrigation (Frenken and Kiersch 2011). The existence of various types of irrigation systems, and the use of different terminologies for practically the same type, may have also contributed to the confusion. In describing the irrigation systems, different systems of classifications are in use in West Africa. Some of the most commonly encountered terminologies are provided in Box 1.

Box 1. Terminologies commonly in use.

- Formal irrigation systems
- Informal irrigation systems
- Public irrigation systems
- Large-scale irrigation systems
- Medium-scale irrigation systems
- Small-scale irrigation systems
- Micro-irrigation systems
- Commercial irrigation systems
- Communal irrigation systems
- Village irrigation systems
- Private irrigation systems
- Full-control irrigation systems
- Partial-control irrigation systems
- Agricultural water management
- Flood recession agriculture
- Lift irrigation systems
- Water harvesting
- Rainwater harvesting
- Industrial irrigation systems
- Sprinkler irrigation systems

Clearly there is a need for the standardized use of these terminologies to facilitate inter-regional comparisons and planning.

Irrigation Development Challenges

Despite the existence of the potential, the pace of irrigation development in West Africa, particularly the public sector, has been sluggish. However, recent studies show that the private and communal irrigation systems, particularly those based on water-lifting technologies, is expanding in the region at a fast pace (Abric et al. 2011). Moreover, the performance of the hitherto developed irrigation systems is poor. The challenges faced by the West African irrigation sector, as identified during the discussion sessions and articulated by the presenters, are summarized in Table 1. These challenges are technical, institutional, economic and social in their nature requiring comprehensive solutions.

Key Conditions and Actions for Realizing the Potential of Irrigation Development

Irrigation development in West Africa has been sluggish when compared to, for example, the situation in South Asia. The unique features of South Asia, such as large family labor, proximity to output markets, availability of cheap spare parts and energy, high population density and prevalence of poverty, and high risk of droughts and floods, have created a fertile ground for the thriving of private and public investment in irrigated agriculture. Some of these conditions are existent in West Africa. However, West Africa is sparsely populated with low pressure on land, and is characterized by weak institutions and state. Thus, irrigation development is comparatively expensive in West Africa. To enhance the expansion and productivity of irrigated agriculture in West Africa, the following action areas have been identified.

Adopt a Different Strategic Approach to Irrigation Development

The often ambitious irrigation development plans of West African countries cannot be achieved by only focusing on public investments, particularly on large-scale schemes. The strategy must also include ways of fostering private investment, particularly smallholder private investment. There is a need for capturing the wide range of available lower-cost alternative technologies, including improved water control in a rainfed environment. Enhancing private investment requires technical interventions as well as improving the policy and institutional environment related to areas such as land tenure, water rights, energy policy, access to affordable and effective financing mechanisms, etc. Multi-purpose and multi-objective projects that combine energy, agricultural production, drought and flood mitigation, and climate adaptation issues need to be encouraged for maximum efficiency and productivity. At the same time, the promotion of affordable individual small-scale irrigation technologies, wherever these are applicable, must not be neglected. The almost total focus of the public sector on surface water irrigation must be broken, and consideration needs to be accorded to expansion of groundwater-based irrigation. Critical assessment of the status and potential of groundwater irrigation is a necessary prerequisite.

Table 1. Major challenges facing the irrigation sector in West Africa.

No.	Challenges	Description
1	Poor design and planning	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequate feasibility studies leading to deficiency in project conceptualization; and poor choice of technology. • In many countries, the design of irrigation projects is uniform, despite variations in topography, soils and types of crop grown. • Overdesigning, over-estimation of realizable command area, and faulty layout of canals and laterals. • Lack of requisite water resources survey equipment, tools, etc.
2	Inadequate qualified human resources	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequate technical staff, both in quantity and quality. • Lack of enough expertise and experience.
3	High investment, and operation and maintenance costs	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanization of operations that can be completed in a cost-effective manner through labor. • Poor choice of the type and size of pumps. • Use of tied external funds. • Costly design changes during construction due to inadequate feasibility studies in the initial stages. • High energy costs. • Corruption. • Canals are not efficient at transporting water. • Poor state of infrastructure due to inadequate budget allocation to operation and maintenance. • Unreliability of water supplies.
4	Supply-driven: Inadequate consultation with beneficiaries	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of input from farmers and other stakeholders in the design and development of projects. • Irrigation as a means of supplying raw materials to the industries (e.g., early days of the Office du Niger in Mali). • Developing irrigation projects for political expediency without checking the existence of the real demand for it. • Underutilization of available water infrastructure.
5	Lack of harmonization of irrigated farming with existing livelihood strategies	<ul style="list-style-type: none"> • Conflict between livestock production and irrigated farming. • Competition from irrigated farming for resources with rainfed farming and other livelihood strategies.

(Continued)

Table 1. Major challenges facing the irrigation sector in West Africa. (Continued)

No.	Challenges	Description
6	Irrigated farming often entails a complete change in cropping pattern or livelihood strategy	<ul style="list-style-type: none"> • Unlike Asia, West African staple crops, such as roots and tubers, millets, sorghum and even maize, may not be economically viable under irrigated farming because of moderate to low yield elasticity. Thus, farmers are obliged to adopt the cultivation of new crops, such as vegetables and even rice,
7	Dualistic nature of the irrigation sub-sector	<ul style="list-style-type: none"> • Thriving large-scale commercial irrigation systems often co-exist with struggling public large- and small-scale systems.
8	Land tenure insecurity	<ul style="list-style-type: none"> • Farmers can be dispossessed, if they do not conform to certain rules set by the irrigation authorities.
9	Inadequate support services	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of research-based irrigation extension services. • Lack of access to equipment and accessories. • Lack of credit facilities. • Low capacity of the private sector.
10	Marketing constraints	<ul style="list-style-type: none"> • High cost of transportation. • Monopsonistic nature of the output market (e.g., local rice market in Ghana). • Inadequate and uncertain output market. • Availability of cheaper alternatives from imports. • Poor post-harvest handling, storage and processing.
11	Policies and institutions	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of coordination among responsible organizations. • Lack of reliable and quality database. • Little connection between irrigation and river basin organizations. • Lack of clear policy and plan or inconsistency in government policies. • Constitutional and legal constraints (e.g., Nigeria). • Nonexistence of water users' associations; or the existence of weak water users' associations.
12	Water scarcity	<ul style="list-style-type: none"> • Water levels and flow of rivers is decreasing.

Promote Sound Technical Interventions

Infrastructure design standards that reflect the biophysical and socioeconomic realities of project sites need to be formulated and enacted. For instance, lots of small projects that may be combined to make them a large-scale project are reported to have better returns to investment (You 2008). The needs of farmers in different areas must be understood, so that engineering solutions can be adapted to suit their requirements. A combination of institutional-technical interventions is needed for equitable and reliable water distribution along irrigation canals. New irrigation schemes should be designed to enable flexibility in water delivery, thereby enhancing crop diversification and cropping intensity.

Ensure Economic Viability of Irrigated Agriculture

The prospect of generating profitable returns is a strong incentive for encouraging investments in irrigated agriculture and ensuring the long-term sustainability of costly irrigation infrastructure. Budgetary restrictions confronting governments and the meager contributions on the part of beneficiaries towards operation and maintenance result in the deterioration and dilapidation of the infrastructure. Profitable irrigated agriculture, particularly that based on high-value or export crops, can sustain infrastructure and avoid or significantly reduce the government's budgetary burden. For this to happen, appropriate irrigation water pricing and cost recovery policies need to be adopted and adhered to. Profitable irrigated agriculture allows farmers to cover most or all of the maintenance needs of irrigation systems. The fees collected should be appropriately and transparently used for the intended purpose.

Access to irrigation water alone will not guarantee profitable irrigated agriculture. The irrigation investment must be designed as part of a comprehensive package in support of irrigated agricultural intensification, including input and output markets, extension and environmental management.

However, there is a caveat to this conclusion - by limiting investment to only economically viable projects may be at the cost of achieving other social objectives such as food security (which is often based on not so economically rewarding staple crops) and regional development, etc. Hence, the imperative of profitability should be balanced against the need to also promote initiatives aimed at achieving broader socioeconomic objectives such as food security.

Promote Institutional Reforms

Past reforms in the institutions and organizations relevant for the development and management of irrigation, such as irrigation management transfer (IMT) and organizing farmers into user groups, have had mixed impacts (Vermillion 1997). Institutional issues continue to be a challenge for the sustainability and performance of irrigation systems. Consequently, it has been emphasized time and again that institution building is needed for successful governance of irrigation systems. However, the institution building should not follow a blueprint approach, where one attempts to directly replicate a structure that may have worked elsewhere in a new context without any adaptation. Rather, a structured, context-specific approach to reforming,

negotiating and crafting effective institutions, organizations and policies for irrigation and water management based on careful assessment or experience is required (Merrey et al. 2007).

Given limited government budgets, instituting effective cost recovery mechanisms is crucial. The cost recovery policies need to be complemented by transparent procedures for management and utilization of funds generated from the users. Specifically, the money collected must be used for operating and maintaining the infrastructure in a manner that is visible to the farmers. Recent results have shown that institutional reforms can make management accountable and obtain high rates of cost recovery in large-scale irrigation systems (Aw and Diemer 2005). Such reforms can make large-scale irrigation schemes viable and sustainable. A continuous monitoring and evaluation mechanism that gauges the efficacy of the institutional reforms and provides information for rectifying problems should also be put in place.

In some cases, land tenure issues complicate incentives for investing in, and managing, irrigation systems. The merits of replacing the indigenous land rights system, which is usually communal, with a Western property rights systems should be carefully evaluated in light of the lack of success hitherto. Moreover, a growing body of research confirmed that indigenous systems did not hinder production or investment. It can be argued, therefore, that land tenure reforms which give traditional land users both communal and individual *de jure* ownership rights, enabling communities to exercise choice, be innovative enough in protecting their property rights and safeguarding their economic interests, are essential in creating effective and democratic rural and irrigating communities. Land tenure institutions are invariably unique and develop out of historical patterns of settlement and conquest. Moreover, land tenure institutions are rooted in value systems and grounded in religious, social, political and cultural antecedents. Consequently, it is not always prudent to disrupt existing land tenure systems in the process of developing irrigation systems (FAO 1997).

One major observation is that smallholder irrigation generally enjoys water rights via a third party, usually a state bureaucrat holding such rights in trust for the community. This situation exacerbates the already insecure land tenure situation and the rights of smallholder irrigators are often susceptible to state and political interference.

Adopt Innovative Policies

It is obvious that West African irrigation development cannot be realized through public initiatives alone. It requires mobilizing the power of private investment, particularly that of smallholders through the adoption of supportive policies.

Public-private partnership (PPP) is one of the more promising institutional arrangements for managing water in agriculture (and also in other sectors). PPP is designed to maximize synergies between the two sectors with employment creation and sharing of risks among the parties involved. The range of institutional options involved in PPP is broad, from private sector 'third party' management of public schemes to simple facilitation of private sector investment by the government.

Often policies and strategies developed for other sectors of the economy have a profound impact on the agricultural water sector. For instance, prevailing policies in the financial sector significantly affect farmers' investment incentives. For example, energy policies influence access to, and the profitable use of, pumping technologies, etc.

Some specific areas of intervention include the following:

- Improving access to, and affordability of, energy.
- Improving financial services.
- Improving extension services, particularly for the private smallholder-driven irrigation sector.
- Integrated policies, including improvements in the road sector and transport services.
- Seeking donor support for small-scale private irrigation and not only for large-scale public systems.

Build and Strengthen Capacity

In many cases, the skills and knowledge required to support or manage irrigation systems are not adequate. Clearly, capacity enhancement initiatives are required at all levels, which range from building the capacities of technical service providers (such as village mechanics working on irrigation pumps and accessories), providing training in construction management of irrigation projects to civil work contractors, and developing the technical capacities of farmers in developing and managing their irrigation systems, to making sure that the farmers become competent irrigators.

Key Topics Requiring Further Research and Analytical Work

Already, a body of useful irrigation-related information is available. Such information has been generated from numerous studies carried out by multiple actors in the field of agricultural water management. These studies often provide useful insights, but are not widely accessible to the relevant actors. Thus, there is the need for coherent information sharing and communication systems at various levels, which range from providing research-based technical advice to farmers to broader national- and subregional-level policy and strategic decision support tools. The Regional Association for Irrigation and Drainage (RAID) - Association Régionale pour l'Irrigation et le Drainage (ARID), assisted by IWMI and Agricultural Water for Africa (AgWA), can provide the knowledge generation, brokering and dissemination functions in West Africa. Key topics requiring further research and analytical work are as follows:

- Given different investment opportunities – where should the government put its money? What is the role of government finance and private finance? What types and sizes of irrigation systems are needed? Small-, medium- or large-scale irrigation and where?
- Why are irrigation investment costs high in West Africa and SSA? Is the claim of high irrigation development costs true in the first place? What factors contributed to this claim?
- A significant proportion of water withdrawn for irrigation is used for rice cultivation. This is particularly the case in small-, medium- and large-scale public irrigation systems. What are the strategies needed to enhance returns to rice cultivation in these systems? What are the economics of rice cultivation in inland valleys using low-cost infrastructure and water management technologies? Can these systems be considered a viable alternative to large-scale full water control systems?

- Groundwater-based irrigation systems are emerging in West Africa. However, several policy relevant questions are lingering around this new development. Are there sufficient water resources to support vibrant groundwater irrigation of the type observed in Asia? If so, where? What are the technological options and their associated costs? The literature on groundwater availability in West Africa sends mixed signals, some taking a pessimistic view and some reporting an optimistic scenario. What role can the government play in groundwater-based irrigation development? What are the institutional arrangements, policies, strategies and the technical interventions that are required to mitigate groundwater resource depletion?
- What are the manpower, skills and disciplinary mixes required for supporting viable irrigated agriculture in West Africa? What is the capacity of the existing higher learning institutions to satisfy the manpower needs of irrigated agriculture at different levels?
- Statistical information on key variables, such as the extent of area irrigated or water managed, is not accurate and particularly underestimate the extent of smallholder private irrigation. Moreover, the amount of public and private expenditure on agricultural water management is not precisely known. What strategy should be followed to rectify these anomalies and allow evidence-based investment decision-making?
- The water resources on which irrigated agriculture is based are usually shared or are transboundary in nature. What organizational modes, institutional arrangements and economic instruments are required to equitably and efficiently manage transboundary water resources?

References

- Abric, S.; Sonou, M.; Augéard, B.; Onimus, F.; Durlin, D.; Soumaila, A.; Gadelle, F. 2011. *Lessons learned in the development of smallholder private irrigation for high-value crops in West Africa*. Joint organizational Discussion Paper. Issue 4. Washington, DC: The World Bank.
- African Union/NEPAD (New Partnership for Africa's Development). 2003. Comprehensive Africa Agriculture Development Programme (CAADP). The New Partnership for Africa's Development (NEPAD).
- Aw, D.; Diemer, G. 2005. *Making a large irrigation scheme work: A case study from Mali*. Directions in development. Washington, DC: The World Bank.
- ECOWAS (Economic Community of West African States) - SWAC (Sahel and West Africa Club)/OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Climate and climate change. Atlas on regional integration in West Africa*. Environment series. Available at http://www.fao.org/nr/clim/docs/clim_080502_en.pdf (accessed on January 29, 2013).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. *Irrigation technology transfer in support of food security*. Water Reports – 14. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at <http://www.fao.org/docrep/W7314E/W7314E00.htm> (accessed on January 29, 2013).
- Frenken, K.; Kiersch, B. 2011. *Monitoring agricultural water use at country level: Experiences of a pilot project in Benin and Ethiopia*. Land and Water Discussion Paper 9. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- MAHRH (Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques). 2006. *Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée*. Burkina Faso: Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.

- Merrey, D.J.; Meinzen-Dick, R.; Mollinga, P.P.; Karar, E. 2007. Policy and institutional reform: The art of the possible. In: *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.
- Vermillion, D.L. 1997. *Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence*. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute (IIMI). 40p. (IIMI Research Report 11).
- Walt, V. 2008. *The world's growing food-price crisis*. Time magazine. Available at www.time.com/time/world/article/0,8599,1717572,00.html (accessed on January 8, 2013).
- World Bank. 2006. *Reengaging in agricultural water management: Challenges and options*. Directions in Development. Washington, DC: The World Bank.
- World Bank. 2008. *Investment in Agricultural Water for Poverty Reduction and Economic Growth in Sub-Saharan Africa. Synthesis Report*. Washington, DC: The World Bank. Available at <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/8012/437680SR0white10water0200801PUBLIC1.pdf?sequence=1> (accessed on August 21, 2013).
- You, L.Z. 2008. *Africa: Irrigation investment needs in sub-Saharan Africa*. Washington, DC: The World Bank. Available at <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7870> (accessed on January 29, 2013).

Workshop Program – Day 1

Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future

Workshop held in Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010

08:30-09:00			Registration		
			Welcome and introduction		
			Facilitator: Hilmy Sally		
		Welcome and introductions			Presenter, organization and country
09:00-09:10		Welcome			Regassa Namara, IWMI, Ghana
09:10-09:20		Why improve and expand irrigation? IWMI's perspective			Mark Giordano, IWMI, Sri Lanka
09:20-09:30		Opening address			Representative from Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)
09:30-09:50		Participant self-introductions			Workshop participants
09:50-10:00		Practical information			Hilmy Sally, IWMI, Burkina Faso
10:00-10:30			Coffee break		
			Session 1		
			Chair: Salah Darghouth Rapporteurs: Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali		
		Presentation title			Presenter, organization and country
10:30-10:50		Rapport sur la situation de l'irrigation en Côte d'Ivoire			Djanhan Patrice Kouassi, Chef de service, ONDR, Président de l'AIID, Côte d'Ivoire
10:50-11:10		Irrigation and agricultural water management systems in Gambia			Kebba S. Manka, Ministry of Agriculture, Yundum, Gambia
11:10-11:30		Etat des lieux de l'irrigation et la gestion de l'eau agricole au Sénégal			Magatte Wade, École nationale supérieure d'Agriculture (ENSA) Université de Thiès, Sénégal
11:30-11:50		Current status of irrigation development in Ghana			Damien Atta Amoatin, Ghana Irrigation Development Authority (GIDA), Ghana
11:50-12:30			Discussion		
12:30-14:00			Lunch break		

Session 2

Chair: *Dennis Wichelns* **Rapporteurs:** *Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali*

	Presentation title	Presenter, organization and country
14:00-14:20	Accelerating smallholder irrigation in sub-Saharan Africa: Lessons from South Asia's groundwater revolution	Tushaar Shah, IWMI, India
14:20-14:40	Irrigation development experiences of Central Asian countries and lessons for West Africa and sub-Saharan Africa	Mohan Reddy Junna, IWMI, Uzbekistan
14:40-15:00	Irrigation investment trends and economic performances in the Sahelian countries of West Africa	Bruno Barbier, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2ie)/Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Burkina Faso
15:00-15:20	Preliminary assessment of agricultural water management content in post compact countries	Andy Bullock, AgWA
15:20-16:00	Discussion	

16:00-16:20 Coffee break

Session 3

Chair: *Amadou Allahoury Diallo* **Rapporteurs:** *Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali*

	Presentation title	Presenter, organization and country
16:20-16:40	The state of irrigation development in Nigeria	Babagana Umara, University of Maiduguri, Nigeria
16:40-17:00	Situation de l'agriculture irriguée au Niger	Bachir Ousseini, Direction Générale du Génie Rural, Niger
17:00-17:30	Discussion	
17:30-17:40	Wrap up, key questions from Day 1 – Mohan Reddy Junna, IWMI, Uzbekistan	

Workshop Program – Day 2

Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future

Workshop held in Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010

Session 4		
Chair: <i>Clement Ouedraogo</i> Rapporteurs: <i>Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali</i>		
	<u>Presentation title</u>	<u>Presenter, organization and country</u>
08:15-08:30	Summary of Day 1 and Programme Day 2	Hilmy Sally, IWMI, Burkina Faso
08:30-08:50	Le développement de l'irrigation au Mali	Abdoulaye Dembele, Direction Nationale du Génie Rural, Bamako, Mali
08:50-09:10	Irrigation and water resources development in Sierra Leone	Adama Fatu Kamara, Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security, Sierra Leone
09:10-09:30	Situation de l'irrigation au Benin	Felix Gbaguidi, Direction du Génie rural, Benin
09:30-09:50	Current state of irrigation development in Liberia	Patrick Farnga and Saa Moussa Kamano, Ministry of Agriculture, Liberia
09:50-10:30	Discussion	
10:30-11:00	Coffee break	
Session 5		
Chair: <i>Tushaar Shah</i> Rapporteurs: <i>Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali</i>		
	<u>Presentation title</u>	<u>Presenter, organization and country</u>
11:00-11:20	Projet régional de mise en valeur des terres de l'office du Niger au Mali dans le cadre de l'UEMOA : Casier de Touraba, Zone du Kouroumari	Herve Marcel Ouedraogo, Union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA)
11:20-11:40	Quelles solutions pour le développement de l'irrigation en Afrique de l'ouest? Quelques messages issus des leçons apprises	Amadou Allahoury Diallo, Consultant, Expert – Agricultural Water Management, Niger
11:40-12:00	Africa irrigation business plan	David Casanova, World Bank, Ghana
12:00-12:30	Discussion	
12:30-14:00	Lunch break	

Session 6

Chair: *Moussa Amadou* **Rapporteurs:** *Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali*

	Presentation title	Presenter, organization and country
14:00-14:20	Développement de l'irrigation au Burkina Faso : Etat des lieux et caractéristiques des aménagements hydro-agricoles	Adolphe Zangre, Direction de l'Aménagement et du Développement de l'Irrigation (DADI), Burkina Faso
14:20-14:40	Analyse de l'état actuel de développement de l'irrigation au Togo	Jean Koffi Bolor, Direction de l'Aménagement et de l'Equipeement Rural, Togo
14:40-15:00	Etat actuel des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'ouest : Cas de la République de Guinée	N'Famara Conté, Direction Nationale du Génie Rural, Guinée
15:00-15:20	La situation de l'irrigation au Cap-Vert	Oumar Barry, Institut National de Gestion des Ressources Hydriques (INGRH), Santiago, Cap-Vert
15:20-16:00	Discussion	

16:00-16:20 Coffee break

Session 7

Chair: *Mark Giordano* **Rapporteurs:** *Herve Levite, Prue Loney and Gael N'danga Kouali*

16:20-18:00 Panel-led synthesis and discussion of key issues from the workshop

18:00-19:30 Cocktail reception - Pacific Hotel

List of Participants

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/ designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)		
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télécopie) Email (Courriel)
1	ALLAHOURY Amadou Diallo	Expert - Agricultural Water Management	Consultant	Niger/Niamey	10283	(227) 96 59 52 05	alahouri@gmail. com
2	AMOATIN Damien	Agricultural Economist	Ghana Irrigation Development Authority (GIDA)	Ghana/Accra	Box mI54	302,662,050	302,668,661 dafmota@yahoo. com
3	BARBIER Bruno	Enseignant Chercheur	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)	Burkina Faso/ Ouagadougou	BP 596		bbarbier@cirad.fr
4	BARRY Boubacar	Senior Researcher/ WASCAL Coordinator	International Water Management Institute (IWMI)/ West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL)	Burkina Faso/ Ouagadougou			b.barry@cgiar.org
5	BARRY Oumar	Ingénieur Agronome	Institut National de Gestion des Ressources Hydrauliques (INGRH)	Cap-Vert/Praia	278	(238) 260 55 30/991 24 95	marbary@hotmail.com

(Continued)

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/ designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)			
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télécopie)	Email (Courriel)
6	BOLOR Koffi Jean	Directeur de l'Aménagement et de l'Équipement Rural	Ministère en charge de l'Agriculture	Togo/Lomé	1463 Lomé	(228) 220 07 54/221 34 94/909 65 42	228 220 44 99	bolorjean@yahoo.fr
7	BULLOCK Andrew	AgWA interim Facilitator	Agricultural Water for Africa (AgWA) Partnership	UK	HR8 2DX	441,561, 635,538		andybullock61@biopenworld.com
8	CASANOVA David	Senior Water Resources Specialist	Banque Mondiale	Ghana/Accra		(233) 30 221 41 38		dcasanova@worldbank.org
9	DEMBELE Abdoulaye	ingénieur à la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR)	DNGR	Mali/Bamako	155	(223) 20 22 26 05/(223) 76 461 375	20 22 11 34	adembele54@hotmail.com
10	DEMBELE Youssouf	Chercheur	Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA)	Burkina Faso/ Ouagadougou	910	(226) 70 30 44 56/20 97 01 59		yldembele@yahoo.fr
11	FARNGA Patrick	Agriculture Engineer	Ministry of Agriculture Gardnersville, Liberia	Liberia/ Monrovia	9010 Monrovia	(231) 6 682 110		pfarnaga@gmail.com
12	GBAGUIDI Félix	Chef service Cellule Bas-Fonds à la Direction du Génie Rural	Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche	Bénin, Porto-Novo	268 Porto-Novo	2021 4105/9002 8676/9732 2075		gbaf327@yahoo.fr
13	GIORDANO Mark	Theme Leader – Water and Society	International Water Management Institute (IWMI)	Sri Lanka/ Colombo				

(Continued)

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)			
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télécopie)	Email (Courriel)
14	JUNNA Mohan Reddy	Irrigation specialist/ Head of IWMI, Central Asia Office	International Water Management Institute (IWMI)	Uzbekistan/ Tashkent				m.junna@cgiar.org
15	KAMANO Saa Moussa	Agriculture Engineer	Ministry of Agriculture Gardnersville, Liberia	Liberia/ Monrovia	9010 Monrovia	(231) 6 517 995		saamoussakama@yahoo.com
16	KAMARA Adama fatu	Agroeconomist/ District Director/ Western Area	Ministry of Agriculture, Forestry and Food Security	Sierra Leone/ Freetown	P. O. mail 187	(033) 44 882 24/078 44 88 24		adamafatukamara@yahoo.com
17	KOUASSI Djanhan Patrice	Chef de service, ONDR, Président AIID	Office National de Développement de la Riziculture (ONDR)	Côte d'Ivoire/ Abidjan	01 BP 147	(225) 0761 97 41/02 24 88 75	(225) 20 22 80 01	dpat_kouassi@yahoo.fr
18	LADKI Marwan	Spécialiste en Gestion des Ressources en Eau/Water Resources Specialist	World Bank/ Banque Mondiale	USA/ Washington	1818 h Street NW Washington DC 20433 USA	(1) 202 473 6022 (1) 202 294 6676	(1) 202 522 0638	marwan.ladki@gmail.com mladki@worldbank.org
19	LEVITE Hervé	Chef de Projet	IWMI/ Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)	Burkina Faso/ Ouagadougou	03 BP 7059	(226) 50 37 41 25		herve.levite@gmail.com

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/ designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)			
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télcopie)	Email (Courriel)
20	LONEY Prue	Science Communicator	International Water Management Institute (IWMI)	Ghana/Accra	PMBCT, 122 Cantonment	(233) 546 746 404		p.loney@cgiar.org
21	MANKA Kebba	Principal Agric. Officer	Department of Soil and Water Management Services, Ministry of Agriculture	The Gambia/ Serekumba		(220) 990 31 57/ (220) 44 72 860/ (220) 70 30 796		ksmanka@yahoo.com
22	MOUSSA Amadou	Président de l'ARID	Association Régionale pour l'Irrigation et le Drainage en Afrique de l'Ouest et du Centre	Niger/Niamey	241	(227) 20 73 21 48	(227) 20 73 20 16	m.amadou@yahoo.fr
23	NAMARA Regassa Ensermu	Senior Researcher Economist	International Water Management Institute (IWMI)	Ghana/Accra	PmB CT, 112 Cantonments	(233) 24 220 72 49	(233) 21 78 4752	rensemunamara@yahoo.com
24	NDANGA KOUALI Gael	Assistant	International Water Management Institute (IWMI)	Burkina Faso/ Ouagadougou	7049	(226) 75 41 71 37		ndanga.gael@live.fr
25	NORMAND Thierry	Ched de projets / Expert en Génie Rural	SHER ingénieurs - conseils	Burkina Faso/ Ouagadougou	10 Bp 13633 Ouaga 10	(226) 50 33 12 01/ 76 64 94 69		normand@sher.be
26	OUEDRAOGO Hervé Marcel	Chargé des Ressources en Eau	Union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA)	Burkina Faso/ Ouagadougou		50 31 88 73 / 70 72 57 86		houedraogo@uemoa.int

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/ designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)			
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télécopie)	Email (Courriel)
27	OUSSEINI Bachir	Chargé d'études/ Ingénieur du Génie Rural	Direction Générale du Génie Rural	Niger/Niamey	241	(227) 2073 2148	(227) 2073 2016	bachousseini@yahoo.fr
28	SALLY Hilmy	Chercheur	International Water Management Institute (IWMI)	Burkina Faso/ Ouagadougou	03 BP 7049	(226) 50 37 41 25		hilmy.sally@gmail.com
29	SHAH Tushaar	Senior Fellow Researcher	International Water Management Institute (IWMI)	India/Anand	388001	(0091) 2692 260681		t.shah@egiar.org
30	SIDIBE Douramane	Interprète		Burkina Faso/ Ouagadougou	09 BP 1136 Ouaga 09	(226) 76 60 08 42/ 70 51 64 59		doursid@yahoo.fr duramsid@gmail.com
31	SONOU Moïse	Consultant/Water Development and Management		Bénin/Cotonou	06 BP 3419	(229) 97 982 381		msonou@gmail.com
32	SORGHO Nobila	Interprète / Traducteur	Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)		7049 Ouaga 03	(226) 70 62 86 78		nobila.sorgho@cilss.bf njcsorgho@gmail.com
33	UMARA Babagana	Senior Lecturer and Consultant, Soil and Water	Faculty of Engineering, Department of Agricultural and Environmental Engineering, University of Maiduguri, Nigeria	Nigéria/ Maiduguri	P.M.B. 1069	(234) 80 3264 7190		babazulum@yahoo.com

(Continued)

Serial no. (N° d'ordre)	Surname and first names (Nom et Prénom)	Title/ designation (Titre)	Organization (Structure)	Country/City (Pays/Ville)	Contact details (Coordonnées)			
					P. O. Box (BP)	Telephone (Téléphone)	Facsimile (Télécopie)	Email (Courriel)
34	WADE Magatte	Enseignant Chercheur/Chef du département Génie Rural/ ENSA Thiès	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture/ Université de Thiès	Sénégal/ Thiès	296 A Thiès RP	(221) 33 939 59 26/ 776 43 66 84	221 33 951 15 51	mwade@coraf.org
35	WICHELS Dennis	Principal Economist	International Water Management Institute (IWMI)	Sri Lanka/ Colombo	PO Box 75			d.wichelns@cgiar.org

* These contact details were correct at the time when the workshop was held.

Postal Address

P O Box 2075
Colombo
Sri Lanka

Location

127, Sunil Mawatha
Pelawatta
Battaramulla
Sri Lanka

Telephone

+94-11-2880000

Fax

+94-11-2786854

E-mail

iwmi@cgiar.org

Website

<http://www.iwmi.org>



IWMI is a
member of
the CGIAR
Consortium
and leads
the:



RESEARCH
PROGRAM ON
Water, Land and
Ecosystems

ISBN 978-92-9090-797-8